



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
DOUTORADO EM ODONTOLOGIA



**INFLUÊNCIA DO JATEAMENTO DO VIDRO BIOATIVO 45S5 NA
DENTINA HIPOMINERALIZADA PARA LONGEVIDADE DE
RESTAURAÇÕES SEMI-DIRETAS: ESTUDO *in vitro* e ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO BOCA DIVIDIDA.**



SÃO LUIS
2025

DYELE KALYNNE COSTA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DO JATEAMENTO DO VIDRO BIOATIVO 45S5 NA
DENTINA HIPOMINERALIZADA PARA LONGEVIDADE DE
RESTAURAÇÕES SEMI-DIRETAS: ESTUDO *in vitro* e ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO BOCA DIVIDIDA.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Odontologia, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Doutor em Odontologia.

Orientador: Profa. Dra. Leily Macedo Firoozmand

SÃO LUÍS - MA
2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Costa da Silva, Dyele Kalyne.

INFLUÊNCIA DO JATEAMENTO DO VIDRO BIOATIVO 45S5 NA
DENTINA HIPOMINERALIZADA PARA LONGEVIDADE DE RESTAURAÇÕES
SEMI-DIRETAS: ESTUDO *in vitro* e ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO
BOCA DIVIDIDA / Dyele Kalyne Costa da Silva. - 2025.
94 f.

Orientador(a): Leily Macedo Firoozmand.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em
Odontologia/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São
Luís, 2025.

1. Remineralização Dentária. 2. Hipoplasia do Esmalte
Dentário. 3. Defeitos de Desenvolvimento do Esmalte
Dentário. 4. Hipomineralização do Esmalte Dentário. 5.
Restauração Dentária Permanente. I. Macedo Firoozmand,
Leily. II. Título.

DYELE KALYNNE COSTA DA SILVA

**INFLUÊNCIA DO JATEAMENTO DO VIDRO BIOATIVO 45S5 NA
DENTINA HIPOMINERALIZADA PARA LONGEVIDADE DE
RESTAURAÇÕES SEMI-DIRETAS: ESTUDO *in vitro* e ENSAIO
CLÍNICO RANDOMIZADO BOCA DIVIDIDA.**

A Comissão julgadora da Defesa do Trabalho Final de Doutorado em Odontologia, em sessão pública realizada no dia 14/05/2021, considerou a candidata.

☒ APROVADO

☐ REPROVADO

- 1) Examinador: Dra Camila Andrade Zamperini
- 2) Examinador: Dr. Marco Aurelio Benini Paschoal
- 3) Examinador: Dra. Marina Damasceno e Souza de Carvalho Chiari
- 4) Examinador: Dr. Alex Luiz Pozzobon Pereira
- 5) Presidente (Orientadora): Profa. Dra. Leily Macedo Firoozmand

*“O teu amor sem exigência me
diminui; a tua exigência sem amor me
revolta; o teu amor exigente me
engrandece”.*

Pe Henri Caffarel -L'Anneau d'Or

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu esposo **Aécio** e ao meu filho **José Pedro**. São 4 anos de alegrias e de momentos tempestivos, onde a necessidade de parar tudo se fazia, por vezes, necessária. Se não fosse pelo apoio e incentivo de ambos, seria muito difícil permanecer firme neste propósito. É por vocês e com vocês que meus sonhos são construídos e que tenho força para resistir a tudo. Que Deus nos abençoe sempre.

"Tudo posso naquele que me fortalece"

Filipenses 4:13

AGRADECIMENTOS

A **Deus** por me permitir tantas bênçãos e graças.

Ao professor **Dr. Alex Luiz Pozzobom Pereira**, por incentivar e abrir caminhos para essa jornada na licenciatura, por acreditar em minha capacidade e incentivar meu crescimento profissional.

A minha orientadora **Dra Leily de Macedo Firoozmand** que acreditou em mim e me permitiu vivenciar um trabalho de tamanha grandeza e importância.

Ao professor **Paulo Vitor Campos Ferreira** e **Felipe Silva Gomes**, que estiveram presentes desde o início, me orientando e auxiliando nos laboratórios com muito zelo e dedicação.

Aos alunos **Izadora de Oliveira Trajano** e **Danilo Cruz**, essenciais nas etapas laboratoriais, com dedicação de seu tempo e conhecimentos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFMA, que compartilharam vivências e conhecimento e auxiliaram de forma direta ou indireta em meu crescimento.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

- Figura 1** - (1) Sequência de preparo das amostras: (A) Dente bovino, (B) secção da coroa e raiz, (C) Coroa presa em bloco de resina acrílica com cera pegajosa, (D) corte em blocos de 4x4mm com a Isomet, (E) (n=60), (F) embutidos em blocos de resina acrílica e (G) desgaste de esmalte e polimento da dentina em Politriz. (2) Análises em MEV/EDS e protocolo para dentina com hipomineralização induzida: (H) avaliação inicial (T0) MEV/EDS da dentina hígida, (I) divisão das amostras em grupo D (n=30) e protocolo de desmineralização-remineralização em metade das amostras (grupo DH) (n=30), (J) 2ª avaliação MEV/EDS (T1) do grupo DH (n=30), (K) metade do grupo D (n=15) e metade do grupo DH (n=15) jateadas com 45S5, formando os grupos D-BAG (n=15) e DH-BAG (n=15), (L) 3ª avaliação MEV/EDS dos grupos D-BAG e DH-BAG em T2. (3) Divisão dos grupos, preparo dos blocos de resina compostas, cisalhamento e análises finais: (M) todos os grupos D, DH, D-BAG e DH-BAG com n=15 cada, (N) foram cimentados a blocos de resina composta (n=60), (O), submetidos ao teste de cisalhamento Instron, (P) avaliação em estereomicroscópio do modo de falha e (Q) novo MEV/EDS pós cisalhamento em T3.....29
- Figura 2** - Alteração da microdureza HK após as condições experimentais ($p < 0,001$).36..36
- Figura 3** - Imagens representativas da dentina: A - Dentina hígida sem tratamento (D), B - Dentina com hipomineralização induzida (DH), C - Dentina hígida após jateamento com 45S5 (D-BAG) e D - Dentina com hipomineralização induzida após jateamento com 45S5 (DH-BAG).37
- Figura 4** - Valores médios e desvio-padrão da resistência ao cisalhamento de acordo com as condições experimentais analisadas ($p = 0,015$). 3838
- Figura 5** - (A) Frequências do modo de falhas (%) de acordo com cada grupo ($p < 0,001$). Imagem em Estereomicroscópio (40x) exemplo de falhas do tipo: (B) adesiva, (C) mista e (D) “trabeculada”..... 39
- Figura 6** - Imagens representativas após cisalhamento de: (A) - Dentina hígida (D), (B) - Dentina com hipomineralização induzida (DH), (C) - Dentina hígida jateada com 45S5 (D-BAG) e (D1) - Dentina com hipomineralização induzida jateada com 45S5 (DH-BAG) com aumento de x50 e (D2) - com hipomineralização induzida jateada com 45S5 (DH-BAG) com aumento de x1500. 41

Capítulo II

- Figura 1** - Desenho do estudo (CONSORT).....59
- Figura 2** - Protocolo clínico adotado: (a) radiografia periapical do dente afetado por HMI, (b) condições iniciais do dente afetado por HMI, (c) preparo cavitário para *onlay* ocluso-distal, (d) moldagem com moldeira parcial e alginato Hydrogum, (e) moldagem sendo vasada com Die Silicone, (f) onlay confeccionada em resina composta, (g) acabamento e polimento da RSD, (h) preparo interno da RSD com jateamento de óxido de alumínio, (i) aplicação do cimento Set PP na parte interna da RSD após aplicação prévia internamente com Prosil e adesivo Zipbond, (j) aplicação do cimento Set PP no preparo, (k) fotoativação

do cimento com a RSD encaixada no preparo após compressão e remoção de excessos previamente e (l) RSD cimentada em boca.....62

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Capítulo II

Tabela 1 - Critérios para acompanhamento clínico da World Dental Federation (Critério FDI).....64

Tabela 2 – Caracterização da amostra.....66

Tabela 3 - Covariáveis inseridas nos modelos de regressão de Cox multivariado com os seus respectivos valores de p.....67

Tabela 4 - Frequências absolutas e relativas (%) para casos de retenção e perda total da restauração semidireta de acordo com o tempo de avaliação e o tratamento realizado.....67

Tabela 5 - Frequências absolutas e relativas (%) dos escores para as variáveis das propriedades Estéticas, Funcionais e Biológicas.....69

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

CAPÍTULO I

BAG	Bioative Glass
D	dentina hígida controle
D-BAG	dentina hígida jateada com BAG
DDE	Defeitos de Desenvolvimento do Esmalte
DH	dentina com hipomineralização induzida sem jateamento
DH-BAG	dentina com hipomineralização induzida jateada
EDS	Espectroscopia por Energia Dispersiva
HI	Hipomineralização Induzida
HMI	Hipomineralização do Molar Incisivo
IH	<i>Induced Hypomineralization</i>
KH	<i>Knoop Hardness</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MIH	<i>Molar Incisor Hypomineralization</i>
RC	resina composta
SBS	<i>Short Beam Strength</i>
SDR	<i>Semi-Direct Restorations</i>
SHa	<i>Superficial Hardness alteration</i>

CAPÍTULO II

BAG	Bioative Glass
DDE	Defeitos de Desenvolvimento do Esmalte
EAPD	<i>European Academy of Pediatric Dentistry</i>
EVA	Escala Visual Analógica
HMI	Hipomineralização do Molar Incisivo
MIH	<i>Molar Incisor Hypomineralization</i>
RC	resina composta
RSD	Restaurações Semidiretas
SDR	<i>Semi-Direct Restorations</i>
TALE	Termo de Assentimento Livre Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre Esclarecido

RESUMO

A Hipomineralização do Molar Incisivo (HMI) é um defeito qualitativo do esmalte, caracterizado estruturalmente por uma significativa redução de cálcio (Ca) e fósforo (P) e aumento de carbono (C), com difícil adesão a esse tecido e ausência de alternativas de tratamento em lesões severas. Os materiais bioativos vêm sendo amplamente estudados devido seu potencial remineralizante, aumentando a quantidade de íons cálcio e fosfato, podem reduzir a sensibilidade dentinária e na adesão à dentina. O objetivo do capítulo I foi um estudo *in vitro* para avaliar a influência do jateamento do Biovidro 45S5 (*Bioactive Glass*-BAG) na microdureza Knoop (*Hardness Knoop*-HK) e resistência de união (RU) em dentina com hipomineralização induzida (HI). Materiais e Métodos: Blocos de dentina bovina foram randomizados e tratados (n= 60): dentina hígida (D), dentina hígida jateada com 45S5 (D-BAG), dentina com HI (DH) e dentina com HI jateada com 45S5 (DH-BAG). A microdureza e MEV/EDS da dentina foram verificados inicialmente na dentina hígida (T0) (D, DH, D-BAG e DH-BAG), após indução da hipomineralização (T1) (DH, DH-BAG), após jateamento com BAG (T2) (D-BAG e DH-BAG) e após cisalhamento (T3) (D, DH, D-BAG e DH-BAG). O protocolo de jateamento consistiu em três sessões (uma vez por semana) de jateamento com BAG por 1 minuto a 90°. Foram confeccionados blocos de resina composta nanoparticulada e, após 30 dias da última sessão de jateamento, foram fixados nos grupos experimentais com cimento Set PP (SDI). As amostras foram armazenadas por 1 semana a 37°C e submetidas ao teste de cisalhamento. O modo de falha e a superfície da dentina foi avaliada por estereomicroscópio, MEV e EDS. Os dados foram analisados estatisticamente por ANOVA *one-way* e pos-hoc Tukey ($p < 0,05$). Para HK observou-se diminuição dos valores nos tempos T0-T1 (D e DH) e aumento de T1-T2 (DH e DH-BAG) ($p < 0.05$). Os maiores valores de RU foram encontrados para D e D-BAG, e os menores valores em DH, contudo, DH-BAG não apresentou diferença entre os grupos estudados. A análise em MEV e EDS demonstrou precipitados de cálcio e fósforo nos grupos jateados. Conclui-se que o jateamento com 45S5 aumenta a HK da dentina com HI e promove RU semelhante à da dentina hígida. Para o capítulo II teve-se como objetivo um ensaio clínico randomizado boca dividida para verificar a influência do jateamento do biovidro 45S5 em dentes com HMI previamente à cimentação de restaurações semidiretas (RSD). Metodologia: Foram selecionados pacientes, entre 9 e 20 anos de idade que perfizeram um total de 28 primeiros molares permanentes com Nolla estágio 8-10 e lesões extensas de HMI. Após avaliação clínica, constatou-se molares com

hipersensibilidade dolorosa e pelo menos 2 faces afetadas por MIH, com coloração amarelo-marrom. Os dentes foram preparados, randomizados e divididos em 2 grupos de acordo com os tratamentos: HMI- dentina sem tratamento, e, HMI-BAG- dentina com prévio jateamento com vidro bioativo 45S5. Os dentes do grupo HMI-BAG foram jateados 3 vezes com biovidro 45S5 e protegidos com restauração provisória em cada sessão. As RSD foram confeccionadas pela técnica com matriz flexível, usando resina composta nanopartícula Z350XT (3M) e cimentadas com cimento bioativo e autoadesivo (SetPP, SDI), sobre os dentes preparados. Os dentes tratados foram avaliados após 1 e 6 meses de tratamento, empregando o teste Exato de Fisher, e frequências absolutas e relativas (%) dos escores para analisar a taxa de retenção e as variáveis estéticas, funcionais e biológicas (Critério FDI) ($p > 0,05$). Resultados: Não foi observada diferença significativa entre as frequências dos tipos de tratamento (HMI e HMI-BAG), independente do tempo de avaliação ($p > 0,05$) e as variáveis funcionais foram afetadas pelo tipo de tratamento ($p > 0,05$). Conclusão: O jateamento de 45S5 em molares permanentes jovens com HMI previamente a cimentação de SDR permitiu a retenção das restaurações e ausência de sensibilidade, com resultados estéticos, funcionais e biológicos satisfatórios ao longo dos 6 meses de acompanhamento.

Palavras-chave: Remineralização dentária, Hipoplasia do Esmalte Dentário, Defeitos de Desenvolvimento do Esmalte Dentário, Hipomineralização do Esmalte Dentário, Restauração dentária Permanente.

ABSTRACT

Molar Incisor Hypomineralization (MIH) is a qualitative defect in the enamel, structurally characterized by a significant reduction in calcium (Ca) and phosphorus (P) and an increase in carbon (C), the adhesion is difficult in this tissue and no have alternatives of treatment in severe cases. Bioactive materials have been widely studied due to remineralizing potential, increasing the amount of calcium and phosphate ions, which can reduce dentin sensitivity and adhesion to dentin. The aim of chapter I was an *in vitro* study to evaluate the influence of air abrasion with Bioglass 45S5 (*Bioactive Glass*-BAG) on microhardness and bond strength (BS) in dentin with induced hypomineralization (IH). Materials and Methods: Dentin blocks were randomized and treated (n= 60): sound dentin (D), BAG-air abrasion in sound dentin (D-BAG), IH dentin (HD) and BAG-air abrasion in IH dentin (HD-BAG). Knoop hardness (KH) and SEM/EDS of dentin were initially verified in sound dentin (T0) (D, HD, D-BAG and HD_BAG), after induction of hypomineralization (T1) (HD e HD-BAG), after air abrasion with BAG (T2) (D-BAG and HD-BAG) and after shearing (T3) (D, HD, D-BAG and HD_BAG). The air abrasion protocol consisted of three air abrasion sessions (once for week) for 1 minute at 90° with BAG. For the shear test, blocks of nanoparticle composite resin were made and fixed in the experimental groups with Set PP cement (SDI). The samples were stored for 1 week at 37°C and subjected to the shear test. The failure mode and dentin surface were evaluated by stereomicroscope, SEM and EDS. Data were statistically analyzed by one-way ANOVA and post-hoc Tukey ($p<0.05$). For KH, there was a decrease in values at times T0-T1 (D and HD) and an increase in T1-T2 (HD and HD-BAG) ($p<0.05$). The highest BS values were found for D and D-BAG, and the lowest values in HD, however, HD-BAG showed no difference between the groups studied. SEM and EDS analysis demonstrated calcium and phosphorus precipitates in the air abrasion groups (BAG). It is concluded that air abrasion with BAG increases the KH of IH dentin and promotes BS similar to sound dentin. The aim of chapter II was a split-mouth randomized clinical trial was to verify the influence of the air abrasion with 45S5 bioglass (BAG) in teeth with MIH prior to cementation of semi-direct restorations (SDR). Methodology: Patients between 9 and 20 years of age were selected, totaling 28 first permanent molars with Nolla stage 8-10 and severe MIH lesions. After clinical evaluation, molars with painful hypersensitivity and at least 2 surfaces affected by MIH, with yellow-brown coloration,

were found. Onlay preparations were planned and these teeth were prepared, randomized and divided in 2 groups according to the treatments: MIH - untreated dentin, and MIH-BAG - dentin previously treated with air abrasion with BAG. The teeth of the MIH-BAG group were treated with air abrasion with BAG 3 times and protected with provisional restoration. The RSD were made using the flexible matrix technique, using Z350XT(3M) nanoparticle composite resin and cemented with bioactive and self-adhesive cement (SetPP, SDI), on the prepared teeth. The treated teeth were evaluated after 1 and 6 months of treatment, Using Fisher's exact test, and absolute and relative frequencies (%) of the scores to analyze retention and functional variables (FDI criteria) ($p > 0.05$). Results: No significant difference was observed between the frequencies of the treatment types (MIH and MIH-BAG), regardless of the evaluation time ($p > 0.05$) and the esthetic, functional and biological variables were affected by the type of treatment ($p > 0.05$). Conclusion: Air abrasion with 45S5 in young permanent molars with MIH previously to SDR cementation allowed retention of the restorations and absence of sensitivity, with satisfactory esthetic, functional and biological results over the 6 months of follow-up.

Keywords: Tooth Remineralization, Dental Enamel, Hypoplasia, Developmental Defects of Enamel, Dental Enamel Hypomineralization, Dental Restoration, Permanent.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABELAS E QUADROS.....	9
LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	11

3

INTRODUÇÃO GERAL	17
CAPÍTULO I	21
Resumo	22
Abstract.....	23
Highlights	24
1. Introdução.....	25
2. Materiais e Métodos	27
2.1. Desenho Experimental.....	27
2.2. Tamanho da amostra.....	27
2.3. Preparação dos Espécimes	28
2.4. Microdureza Knoop (HK), Microscopia eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) da dentina superficial.....	29
2.5. Grupos experimentais e Protocolo de Hipomineralização Induzida.....	30
2.6. Porcentagem da alteração de microdureza superficial.....	32
2.7. Preparo dos blocos de resina composta e cimentação	32
2.8. Resistência de União.....	34
2.9. Modo de Falha: Análise em Estereomicroscópio, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Energia Dispersiva de Raio-X (EDX).....	34
2.10. Análise Estatística.....	35
3. Resultados.....	35
3.1. Porcentagem Alteração Dureza Superficial (%SHa)	36
3.2. Caracterização da Dentina (MEV/EDS)	36
3.3. Resistência de União.....	38
3.4. Análise Topográfica da Dentina	38
3.5. Caracterização da dentina Pós Cisalhamento.....	39
4. Discussão	42
5. Conclusão	46

Agradecimentos	46
Conflitos de Interesse	46
Referências Bibliográficas.....	46
CAPÍTULO II.....	21
Resumo	22
Abstract.....	23
Highlights	24
1. Introdução.....	25
2. Metodologia.....	27
2.1. Participantes.....	27
2.2. Tamanho da amostra.....	58
2.3. Grupos experimentais e randomização	58
2.4. Intervenção.....	59
2.5. Acompanhamento	63
2.6. Análise estatística	65
3. Resultados.....	65
3.1. Caracterização da amostra	65
3.2. Taxa de retenção	67
3.3. Avaliação dos critérios estéticos, funcionais e biológicos das RSD.....	68
4. Discussão	70
5. Conclusão	73
Agradecimentos.....	73
Conflitos de Interesse	73
Referências Bibliográficas.....	73
CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS GERAIS	79
ANEXO.....	86