

**OLÍVIA VIEIRA AIRES**

**Ação dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície dentinária e  
de diferentes sistemas restauradores**

São Paulo

2021



**OLÍVIA VIEIRA AIRES**

**Ação dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície dentinária e  
de diferentes sistemas restauradores**

**Versão Corrigida**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Dentística) para obter o título de Doutor em Ciências.

Orientador: Profa. Dra. Míriam Lacalle Turbino

São Paulo

2021

Catálogo da Publicação  
Serviço de Documentação Odontológica  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

---

Aires, Olívia Vieira.

Ação dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície dentinária e de diferentes sistemas restauradores / Olívia Vieira Aires ; orientador Miriam Lacalle Turbino -- São Paulo, 2021. 185 p. : fig., tab., graf. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Dentística. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo. Versão corrigida.

1. Desgaste dos dentes. 2. Desgaste da restauração dentária. 3. Erosão dentária. 4. Abrasão dentária. 5. Propriedades de superfície. I. Turbino, Miriam Lacalle. II. Título.

Aires OV. Ação dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície dentinária e de diferentes sistemas restauradores. Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 18/02/2022

### **Banca Examinadora**

Prof(a). Dr(a). Ana Karina Maciel de Andrade

Instituição: Universidade Federal da Paraíba      Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Rodrigo de Oliveira França

Instituição: Universidade de Manitoba      Julgamento: Aprovada

Prof(a). Dr(a). Taís Scaramucci Forlin

Instituição: Universidade de São Paulo      Julgamento: Aprovada



**Dedico este trabalho aos meus pais, José Ildo e Josiane, e  
às minhas irmãs, Beatriz e Virgínia, que sempre me  
apoiaram, me compreenderam e foram pacientes durante  
essa longa jornada.  
Eu amo vocês!**



## AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** por me guiar, iluminar e se fazer presente em todos os momentos dessa caminhada; por me ensinar a ter fé e a ser paciente, revelando que tudo existe e acontece por uma razão, à Sua maneira.

Agradeço aos meus pais, **José Ildo** e **Josiane**, por me incentivarem e ensinarem desde cedo que a educação liberta, transforma e leva a lugares extraordinários; por serem exemplos de honestidade, carinho, força e perseverança e por terem me dado o maior presente que um filho poderia querer: amor, compreensão e apoio.

Agradeço às minhas irmãs, **Beatriz** e **Virginia**, por estarem sempre ao meu lado, me trazendo paz e conforto, compartilhando dos melhores (e piores) momentos de minha vida e fazendo dela uma jornada mais leve e feliz.

Agradeço aos meus avós, **Hermínio** (*em lembrança*) e **Paula, José** (*em lembrança*) e **Iraci**, exemplos de coragem, ternura e determinação, que estiveram sempre por perto e me fizeram o ser humano que sou hoje. Muito obrigada, eu amo vocês!

Agradeço aos meus familiares, **tios, tias, primos e primas**, por todo afeto e por demonstrarem diariamente o real valor de se ter uma família. Obrigada, eu amo vocês!

Agradeço ao meu namorado, **Matheus**, pela paciência, serenidade e por tanto amor, zelo e carinho. Obrigada por ser tão atencioso e pelos momentos, pela leveza e por me ajudar em tanto nos últimos meses! Eu amo você, mon frisson!

Agradeço aos amigos **Forasteiros** que encontrei por São Paulo, **Júlia, Aloísio, Amanda Willers, Carol, Cláudia, Juan, Lais, Luiza, Rennan, Stephanie, Tainá, Carolina, Jair** e, especialmente, ao **Ítallo, Leonardo, Bruna, Karin, Diana, Érika, Fernanda, Alana, Beatriz, Giovanni, Hermano, Iandara, Juliana Couto, Juliana Pereira, Samuel, Lais, Letícia, Rennan** e **Sandra**, que foram muito mais que colegas que dividiram um espaço no laboratório ou numa sala de aula, foram a minha família em São Paulo. Obrigada pelos momentos, brincadeiras, discussões, aprendizado e, principalmente, pelo apoio e aconchego. Vocês são incríveis! Juntos, fazemos o melhor rolê que a Mateus Grou já viu!

Agradeço à colega e amiga, **Amanda Cavalcanti**, pela amizade, parceria no laboratório e nessa jornada, pelas caronas, pelo companheirismo e por todo empenho e disposição em ajudar quando precisei. Você é exemplo de dedicação!

Agradeço aos amigos de longa data, **Bárbara** e **Edson**, pela irmandade, pelos desabafos, conversas, conselhos, fofocas, pelo ombro amigo e por serem a melhor terapia que um amigo pode querer. Eu amo vocês!

Agradeço às amigas, **Priscila** e **Thaiany**, que mesmo distantes, resgatam a nossa incrível camaradagem e me fazem lembrar do quão verdadeira e preciosa é a nossa amizade. Obrigada por tudo. Eu amo vocês!

Agradeço aos queridos colegas de trabalho, **Selma**, **David**, **Leandro** e, especialmente, **Silvana** e **Aldo**, que sempre estiveram à disposição no laboratório e que foram amigos de conversas, conselhos e almoços. Vocês são incríveis!

Agradeço ao aluno de graduação, **Ikaro**, o qual eu estou tendo o prazer de orientar nessas etapas finais e que se mostrou muito disciplinado e sempre muito interessado em aprender e a participar da pesquisa.

Agradeço aos professores e amigos, **Carlos Shimokawa** e **Sávio Bezerra**, pela amizade e parceria, por aceitarem o convite de banca examinadora e por serem exemplos de humildade, disciplina e dedicação dentro do meio acadêmico.

Agradeço às professoras, **Taís Scaramucci** e **Margareth Oda**, pela amizade, carinho e por aceitarem o convite de banca examinadora; e à **Adriana Bona Matos**, pelo acolhimento e amizade. Vocês são exemplos de bondade e competência.

Agradeço às professoras, **Rosângela Marques** e **Ana Karina Maciel**, pela confiança, parceria e por toda capacitação. Obrigada pelas orientações nas iniciações científicas, no TCC e nas disciplinas de materiais dentários e dentística da UFPB. Vocês são exemplos de profissionais na minha carreira acadêmica. Muito obrigada.

Agradeço ao professor **Rodrigo França**, por me apresentar ao mundo das pesquisas, por ter aberto às portas de seu laboratório e por confiar em mim, ao aceitar o convite de graduação sanduíche na Universidade de Manitoba em 2012. Obrigada por tantas outras oportunidades, parcerias e por aceitar o convite de banca examinadora.

Agradeço especialmente à professora e orientadora, **Míriam Lacalle Turbino**, por me acolher de braços abertos na faculdade e aceitar o convite de orientador. Obrigada por todo incentivo, orientação e apoio prestado durante esses anos na FOUSP. Obrigada pelos ensinamentos e puxões de orelha, todos serviram de grande crescimento e amadurecimento pessoal e profissional. MUITÍSSIMO obrigada!

Agradeço à equipe de funcionários da **Secretaria de Pós-Graduação** da Faculdade de Odontologia da USP (FOUSP), **Cátia Tiezzi dos Santos** e **Alessandra Moreira Conceição**, que me auxiliaram e estiveram sempre dispostas a sanarem as minhas dúvidas durante essa etapa.

Agradeço à **equipe de funcionários da Biblioteca** da FOUSP, especialmente à **Glaucci Elaine Damasio Fidélis**, sempre prestativa e atenciosa, que auxiliou na correção deste material.

Agradeço à **Universidade de São Paulo**, na pessoa do Magnífico Reitor Prof. Dr. Vahan Agopyan e à **Faculdade de Odontologia (FO)**, representada pelo Prof. Dr. Rodney Garcia.

Agradeço à **Shofu Inc.**, especialmente ao **Waltersson** e ao **Tomomi**, e à **Voco GmbH**, pelo entendimento do trabalho e por conceder alguns dos materiais restauradores utilizados nesse trabalho.

Por fim, agradeço imensamente a todos os que tive e tenho contato, mas que não mencionei, que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse concluído com êxito. Muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior** – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, processo n° **88882.376623/2019-01**.







este foi um dos anos mais incríveis e mais difíceis da minha vida. aprendi que tudo é passageiro. momentos. sentimentos. pessoas. flores. aprendi que amar é ceder. tudo. e deixar que doa. aprendi que a vulnerabilidade é sempre a escolha certa por que é fácil mostrar frieza num mundo que quase nos impede de mostrar ternura.

aprendi que tudo chega em duplas. vida e morte. dor e prazer. sal e açúcar. eu e você. esse é o equilíbrio do universo. este foi o ano de sofrer demais e viver mais ainda. transformar estranhos em amigos. transformar amigos em estranhos. aprender que sorvete de menta com chocolate dá um jeito em quase tudo. e nas dores que não tem jeito sempre terei o colo da minha mãe.

precisamos aprender a focar no calor humano.  
sempre.

mergulhar nosso corpo nele e virar versões melhores para o mundo. se não formos gentis uns com os outros como é que vamos ser gentis com o desespero que mora em nós mesmos.

***O que o sol faz com a flores - Rupi Kaur***





## RESUMO

Aires OV. Ação dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície de dentina e de diferentes sistemas restauradores [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

O desgaste dentário é um processo de perda de estrutura dental, de etiologia multifatorial, com incidência crescente na população e ocasionado, principalmente, pela frequência do contato da superfície dentária com substâncias químicas e mecânicas, resultantes da alimentação e de hábitos orais. Os efeitos da ação dos desafios químicos e/ou mecânicos no dente, hígido ou restaurado, podem variar conforme as propriedades e características do substrato – dentina, material restaurador. O estudo objetivou analisar os efeitos dos desafios erosivo (DE) e erosivo-abrasivo (DEA) na superfície de diferentes materiais restauradores (MR), sistemas adesivos (SA) e da dentina adjacente às restaurações (DAR). Molares humanos hígidos (n=75) foram limpos e preparados até obtenção de dentina oclusal uniforme. Os espécimes foram aleatoriamente divididos em 5 grupos (n=15). Na superfície dentinária, uma cavidade 4 x 2 mm foi confeccionada por meio de uma ponta diamantada, e restaurada por diferentes tipos de SR: Amaris® (AMA), Beautifil® II (BEA), Clearfil™ SE Bond 2 (CFB), FL-Bond II (FLB) e RIVA Self Cure (RIVA). Após restauração, a superfície do espécime foi delimitada em três partes – duas, nas extremidades, que foram protegidas por fita adesiva anticorrosiva, e uma, intermediária (2 mm), que foi deixada livre para exposição da área aos desafios. No DE, o espécime foi imerso em solução de ácido cítrico 1% (pH 2.3) por dois min, seguido de imersão em saliva artificial por 60 min. Esse ciclo foi realizado durante 5 dias (6x/dia). No DEA, os espécimes foram submetidos ao mesmo DE descrito, porém foram escovados em máquina de escovação (escova macia, 45 ciclos/150g/15s), 2x/dia (após 30 min do primeiro e do último ciclo erosivo do dia). Os efeitos dos desafios foram avaliados pela análise das propriedades de perda de superfície (PS,  $\mu\text{m}$ ) e rugosidade superficial (RS,  $\mu\text{m}$ ) (Perfilometria óptica); e dureza superficial (HB, nanoindentação,  $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ). Os dados foram analisados estatisticamente ( $p=0.05$ ) pelos testes ANOVA, de Tukey e pela Correlação Linear de Pearson. Após desafios, as DAR de todos os grupos apresentaram elevada perda e diminuição na dureza. O

DE ocasionou maior PS na dentina ( $PS > 20 \mu\text{m}$ ). Não houve diferença entre a rugosidade dos materiais restauradores após desafios. O material RIVA apresentou elevada perda ( $PS > 2 \mu\text{m}$ ), elevada rugosidade ( $RS = 0.93048 \pm 0.2$ ) e diminuição na dureza ( $HB < 35 \text{ Kg/mm}^2$ ) após desafios, principalmente após escovação. A rugosidade dentinária de AMA+CFB ( $RS = 0.61921 \pm 0.1$ ) foi menor após abrasão. Os desafios agiram igualmente sobre a dureza da interface adesiva. A dureza da interface de BEA+FLB ( $HB = 16.97627 \pm 2.32$ ) foi menor após escovação. Após erosão, a dureza dos materiais bioativos BEA, FLB e RIVA reduziram. Os efeitos observados dependeram do tipo de desafio e substrato envolvido no processo. A ação isolada do ácido cítrico foi mais agressiva no substrato dentinário. Os desafios tiveram efeitos sobre as propriedades dos materiais restauradores, principalmente nas dos bioativos. Nenhum material foi eficaz contra a desmineralização severa da dentina.

Palavras-chave: Desgaste dentário. Desgaste da restauração dentária. Erosão dentária. Abrasão dentária. Propriedades de superfície.

## ABSTRACT

Aires OV. Effects of erosive and erosive-abrasive challenges on dentin and different restorative systems surface [thesis]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2021. Versão Corrigida.

Tooth wear is a common process of dental structure loss, with multifactorial etiology, growing cases in population and it is the consequence of the contact frequency of the dental surface with acid and mechanics substances, mainly caused by food supply and oral habits. The effects of chemical and/or mechanical challenges on the tooth, sound or restored, vary depending on the properties and characteristics of the substrate – dentin, restorative material. The aim of this study was to analyze the effects of erosive (EC) and erosive-abrasive (EAC) challenges on the surface of different restorative materials (RM), adhesive systems (AS) and on the dentin adjacent to the restorations (DAR). Sound human molars (n=75) were cleaned and prepared until uniform occlusal dentin was obtained. The specimens were randomly divided into 5 groups (n=15). On the dentin surface, a 4 x 2 mm cavity was made using a diamond bur, and restored by different types of RS: Amaris® (AMA), Beautifil® II (BEA), Clearfil™ SE Bond 2 (CFB), FL-Bond II (FLB) e RIVA Self Cure (RIVA). After restorative procedure, the specimen surface was delimited in three parts – two, at the ends, which were protected by anti-corrosive adhesive tape, and one, intermediate (2 mm), which was left uncovered to expose the area to the challenges. In EC, the specimen was immersed in citric acid 1% solution (pH 2.3) for two min, followed by immersion in artificial saliva for 60 min. This cycle was carried out for 5 days (6x/day). In the EAC, the specimen was subjected to the same EC challenge described, but it was brushed in a brushing machine (soft bristles, 45 cycles/150g/15s), 2x/day (after 30 min of the first and last erosive cycle of the day). The effects of the challenges were obtained by analyzing the properties of surface loss (SL,  $\mu\text{m}$ ) and surface roughness (SR,  $\mu\text{m}$ ) (Optical profilometer); and surface hardness (HB, nanoindentation,  $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ). Data were statistically analyzed ( $p=0.05$ ) by ANOVA, Tukey's test and Pearson Correlation Coefficient. After challenges, the DAR of all groups presented greater surface loss and decrease on hardness. The EC caused superior loss ( $\text{SL}>20 \mu\text{m}$ ) in the dentin. There was no

difference between restorative materials roughness after challenges. The RIVA material showed high loss ( $SL > 2 \mu\text{m}$ ), high roughness ( $SR = 0.93048 \pm 0.2$ ) and decrease in hardness ( $HB < 35 \text{ Kg/mm}^2$ ) after challenges, mostly after brushing. The dentin roughness of AMA+CFB ( $RS = 0.61921 \pm 0.1$ ) was inferior after abrasion. The challenges acted equally on adhesive surface hardness. The interface hardness of BEA + FLB ( $HB = 16.97627 \pm 2.32$ ) was diminished after brushing. After erosion, the hardness of the bioactive materials BEA, FLB and RIVA decreased. The observed effects depended on the kind of challenge and substrate involved in the process. The isolated action of citric acid was more aggressive on dentin. The challenges had effect on restorative materials properties, mainly on bioactive ones. None of the materials was effective against severe dentin demineralization.

Keywords: Tooth wear. Tooth restoration wear. Tooth erosion. Tooth abrasion. Surface properties.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Esquema completo da confecção dos espécimes .....	73
Figura 4.2 - Divisão dos subgrupos por material restaurador e tratamento superficial aplicado .....	74
Figura 4.3 - Aplicação da fita adesiva anticorrosiva plástica no espécime, permitindo uma janela de exposição de pelo menos 1 mm de largura .....	81
Figura 4.4 - Representação do espécime após remoção das fitas adesivas .....	84
Figura 4.5 - Representação da área, em verde, escaneada para cálculo da perda de superfície .....	86
Figura 4.6 - Representação das linhas de leitura, em verde, padronizadas para análise da rugosidade superficial dos espécimes antes e depois dos tratamentos .....	87
Figura 4.7 - Representação das nanoindentações, triângulos em verde, realizadas para obtenção dos valores médios de nanodureza superficial .....	89



## LISTA DE IMAGENS

Imagem 4.1 - Materiais restauradores .....	66
Imagem 4.2 - Equipamento fotoativador de luz LED .....	67
Imagem 4.3- Limpeza inicial dos dentes: curetas periodontais, escova de Robinson montada em contra-ângulo e pasta de pedra pomes.....	69
Imagem 4.4- Separação coroa-raiz: disco diamantado e máquina de corte de precisão .....	70
Imagem 4.5- Remoção do esmalte oclusal e exposição uniforme da dentina oclusal: lixa de granulação P120 e máquina de polimento.....	71
Imagem 4.6- Confecção da cavidade: peça de alta rotação e ponta diamantada cilíndrica com extremidade plana #1090.....	72
Imagem 4.7- Corte vertical do dente: máquina de corte de precisão e sonda milimetrada.....	73
Imagem 4.8- Sistema Restaurador G1: Resina composta nanohíbrida x Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos .....	75
Imagem 4.9- Sistema Restaurador G2: Giomer x Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos .....	76
Imagem 4.10- Sistema Restaurador G3: Resina composta nanohíbrida x Sistema adesivo autocondicionante bioativo de 2 passos .....	77
Imagem 4.11- Sistema Restaurador G4: Giomer nanohíbrida x Sistema adesivo autocondicionante bioativo de 2 passos .....	78
Imagem 4.12- Sistema Restaurador G5: Cimento de ionômero de vidro .....	79
Imagem 4.13- Perfilômetro óptico utilizado para a análise da curvatura superficial inicial dos espécimes .....	80

- Imagem 4.14 - Espécime restaurado, janela central de exposição delimitada, áreas de referências protegidas pela fita anticorrosiva..... 81
- Imagem 4.15- Tratamento químico: Desafio erosivo com ácido cítrico 1%. Base com espécimes, recipiente perfurado para entrada das soluções e imersão das bases. Recipientes com ácido cítrico 1%, água destilada e saliva artificial..... 82
- Imagem 4.16- Tratamento abrasivo: maquina simuladora de escovação, equipada com escovas dentais com cerdas macias. Escovação dos espécimes com slurry – água destilada e gel dental de baixa abrasividade, não fluoretado (3:1) ..... 83
- Imagem 4.17 - Espécime após desafio e remoção das fitas de proteção. Área de exposição, janela central, bem evidenciada..... 85
- Imagem 4.18 - Perfilômetro óptico utilizado para análise da perda de superfície dos substratos, antes e após desafios ..... 86
- Imagem 4.19 - Perfilômetro óptico utilizado para análise da rugosidade superficial dos espécimes, antes e após desafios..... 88
- Imagem 4.20 - Ultra-microdurômetro (nanodurômetro) para análise da dureza superficial dos substratos, antes e após desafios. As formas triangulares são as marcas deixadas pela indentação da ponteira do tipo Berkovich ..... 89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Especificações dos materiais restauradores e instruções de uso, segundo informações relatadas nas bulas, pelos fabricantes .....	62
Quadro 4.2 - Equipamento fotoativador de luz LED .....	66
Quadro 4.3 - Delineamento experimental do estudo .....	68
Quadro 4.4 - Especificações do dentifrício de baixa abrasividade utilizado para preparo do <i>slurry</i> no desafio erosivo-abrasivo.....	84
Quadro 5.1 - Divisão e siglas dos grupos.....	91



## LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1-	Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) dentinária após desafio-erosivo..	92
Tabela 5.2-	Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) do material restaurador após desafio erosivo.....	92
Tabela 5.3-	Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dentinária antes e após desafio erosivo.....	94
Tabela 5.4-	Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dos materiais restauradores antes e após desafio erosivo.....	94
Tabela 5.5-	Valores da dureza superficial ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ) da dentina adjacente aos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo .....	96
Tabela 5.6-	Valores da dureza superficial ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina, antes e após desafio erosivo	96
Tabela 5.7-	Valores da dureza superficial ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ) dos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo.....	97
Tabela 5.8-	Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) dentinária após desafio erosivo-abrasivo.....	98
Tabela 5.9-	Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) do material restaurador após desafio erosivo-abrasivo .....	98
Tabela 5.10-	Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dentinária antes e após desafio erosivo-abrasivo .....	99
Tabela 5.11-	Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dos materiais restauradores antes e após desafio erosivo-abrasivo .....	100
Tabela 5.12-	Valores da dureza superficial ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ ) da dentina adjacente aos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo-abrasivo.....	101

Tabela 5.13- Valores da dureza superficial (Kg/mm <sup>2</sup> ) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina, antes e após desafio erosivo-abrasivo .....	102
Tabela 5.14- Valores da dureza superficial (Kg/mm <sup>2</sup> ) dos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo-abrasivo .....	102
Tabela 5.15- Comparação da perda de superfície (µm) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios.....	103
Tabela 5.16- Comparação da perda de superfície (µm) do material restaurador entre desafios .....	104
Tabela 5.17- Comparação da rugosidade superficial (µm) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios.....	106
Tabela 5.18- Comparação da rugosidade superficial (µm) do material restaurador entre desafios .....	107
Tabela 5.19- Comparação da dureza superficial (Kg/mm <sup>2</sup> ) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios.....	108
Tabela 5.20- Comparação da dureza superficial (Kg/mm <sup>2</sup> ) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina entre desafios.....	109
Tabela 5.21- Comparação da dureza superficial (Kg/mm <sup>2</sup> ) do material restaurador entre desafios .....	110
Tabela 5.22- Análise da correlação entre propriedades no desafio erosivo .....	112
Tabela 5.23- Análise da correlação entre propriedades no desafio erosivo-abrasivo .....	113
Tabela 5.24- Análise da correlação entre substratos no desafio erosivo.....	115
Tabela 5.25- Análise da correlação entre substratos no desafio erosivo-abrasivo .	116

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1 - Relação da perda de superfície na dentina entre desafios .....	104
Gráfico 5.2 - Relação da perda de superfície no material restaurador entre desafios .....	105
Gráfico 5.3 - Relação da rugosidade superficial na dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios, antes e depois.....	106
Gráfico 5.4 - Relação da rugosidade superficial no material restaurador entre desafios, antes e depois.....	107
Gráfico 5.5 - Relação da dureza superficial na dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios, antes e depois.....	109
Gráfico 5.6 - Relação da dureza superficial na interface adesiva formada pelos materiais restauradores e dentina entre desafios, antes e depois .....	110
Gráfico 5.7 - Relação da dureza superficial no material restaurador entre desafios, antes e depois .....	111
Gráfico 5.8 - Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e perda de superfície do material restaurador no desafio erosivo .....	112
Gráfico 5.9 - Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e dureza superficial da dentina adjacente ao material restaurador no desafio erosivo-abrasivo .....	113
Gráfico 5.10- Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e perda de superfície do material restaurador no desafio erosivo-abrasivo .....	114

Gráfico 5.11-Correlação linear de Pearson entre material restaurador e dentina na perda de superfície no desafio erosivo .....	115
Gráfico 5.12-Correlação linear de Pearson entre material restaurador e dentina adjacente ao sistema restaurador na rugosidade superficial no desafio erosivo-abrasivo .....	116
Gráfico 5.13-Correlação linear de Pearson entre material restaurador e interface adesiva na dureza superficial no desafio erosivo-abrasivo.....	117

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMA	Resina composta Amaris
ANOVA	Teste estatístico Análise de Variância
BEA	<i>Giomer</i> Beautifil II
BHT	Agente inibidor de fotoativação Hidroxitolueno butilado
Bis-GMA	Monômero resinoso bisfenol-A glicidil metacrilato
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CaCl <sub>2</sub>	Fórmula molecular do Cloreto de cálcio
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CFB	Sistema adesivo autocondicionante de dois passos Clearfil SE Bond
CIV	Cimento de Ionômero de Vidro
DAR	Dentina adjacente à restauração / Dentin Adjacent to Restoration
DE	Desafio Erosivo
DEA	Desafio Erosivo-abrasivo
EAC	Erosive-abrasive Challenge
EC	Erosive Challenge
Et al.	Abreviação do latim para “e outros”
FCF	Corante alimentício azul brilhante
FLB	Sistema adesivo autocondicionante de dois passos FL Bond II
F-PRG	Partícula bioativa completamente pré-ativa (Fully Pre-Reacted Glass Ionomer)
g/L	Unidade de medida grama por litro
H	Unidade de tempo hora
H <sub>2</sub> O	Fórmula molecular da água
HB	Dureza Superficial / Surface Hardness
HEMA	Monômero 2-hidroxietil metacrilato
KCl	Fórmula molecular do Cloreto de potássio
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	Fórmula molecular do Fosfato de potássio monobásico PA
Kg/mm <sup>2</sup>	Unidade de dureza kilograma por milímetros quadrados
LED	Diodo Emissor de Luz (Light Emitting Diode)
MDP	Monômero metacriloiloxidecil di-hidrogênio fosfato (10-MDP)
Min	Unidade de tempo minutos

mm	Unidade de medida de comprimento milímetros
mN	Unidade de força milinewton
mN/s	Unidade milinewtons por segundo
mW/cm <sup>2</sup>	Medida de intensidade de luz Miliwatt por centímetro quadrado
N	Unidade de medida de força Newton
NaCl	Fórmula molecular do Cloreto de sódio
nm	Unidade de medida nanométrica nanômetro
PEG-8	Polímero Polietileno-glicol 8
pH	Potencial hidrogeniônico
p/p	Unidade de concentração que indica razão peso por peso
PPD	Fotoiniciador 1-fenil-1,2-propanodiona
PRG	Partícula bioativa pré-ativada (Pre-Reacted Glass Ionomer)
PS	Perda de Superfície
RDA	Abrasividade Relativa à Dentina
RIVA	Cimento de ionômero de vidro RIVA Self Cure
RPM	Rotações por minuto
RS	Rugosidade Superficial
RSs	Restorative Systems
s	Unidade de tempo segundos
SiO <sub>2</sub>	Fórmula molecular da Sílica (Dióxido de silício)
SL	Surface Loss
S-PRG	Partícula bioativa parcialmente pré-ativada (Surface Pre-Reacted Glass Ionomer)
SR	Surface Roughness
TEGDMA	Tietrileno glicol dimetacrilato
Tris base	Solução em equilíbrio iônico Tris (hidroximetil) aminometano
UDMA	Monômero diluente Uretano de dimetacrilato
UV	Referente a luz Ultravioleta
X	Coordenada referente ao eixo horizontal no plano cartesiano
Y	Coordenada referente ao eixo vertical no plano cartesiano

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$	Alfa, nível de significância
$\beta$	Beta, poder do teste
E+00	Valor decimal
$\nu$	Coefficiente de Poisson
#	Representação numérica
®	Marca registrada
TM	Produto de uma marca registrada
° C	Graus Celsius
%	Porcentagem
$\mu\text{m}$	Micrômetro
:	Razão / Proporção
p	Nível de significância
$\pm$	Varição positiva e negativa de um número
*	Sem valores numéricos



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>33</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>37</b>
<b>2.1</b>	<b>Desgaste dental</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2</b>	<b>Mecanismos e fatores etiológicos do desgaste</b> .....	<b>38</b>
2.2.1	Atrição .....	39
2.2.2	Abrasão .....	39
2.2.3	Erosão .....	40
2.2.4	Erosão-abrasão: acentuando o desgaste .....	42
<b>2.3</b>	<b>Terapias e manutenção do controle do desgaste</b> .....	<b>43</b>
2.3.1	Prevenção e monitoramento .....	43
2.3.2	Restauração .....	44
<b>2.4</b>	<b>Materiais restauradores</b> .....	<b>45</b>
2.4.1	Cimento de ionômero de vidro .....	46
2.4.2	Resinas compostas .....	47
2.4.3	Giomer .....	49
2.4.4	Sistemas adesivos e interface adesiva .....	50
<b>2.5</b>	<b>Propriedades dos materiais restauradores</b> .....	<b>53</b>
2.5.1	Bioatividade .....	54
2.5.2	Rugosidade superficial e perda de superfície .....	55
2.5.3	Dureza superficial .....	56
<b>3</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Aspectos éticos</b> .....	<b>61</b>
<b>4.2</b>	<b>Material biológico: biobanco de dentes</b> .....	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Materiais restauradores e equipamento fotoativador</b> .....	<b>61</b>
<b>4.4</b>	<b>Delineamento experimental do estudo</b> .....	<b>67</b>
<b>4.5</b>	<b>Cálculo amostral</b> .....	<b>69</b>
<b>4.6</b>	<b>Limpeza dos dentes</b> .....	<b>69</b>
<b>4.7</b>	<b>Preparo da cavidade</b> .....	<b>71</b>
<b>4.8</b>	<b>Restauração da cavidade</b> .....	<b>74</b>
4.8.1	Procedimento restaurador após limpeza e remoção do excesso de umidade da cavidade .....	74

<b>4.9</b>	<b>Armazenamento e polimento dos espécimes</b> .....	79
<b>4.10</b>	<b>Análise da curvatura inicial</b> .....	80
<b>4.11</b>	<b>Delimitação das áreas de referências e da janela de exposição</b> .....	80
<b>4.12</b>	<b>Desafio erosivo: tratamento superficial químico com ácido cítrico 1% ...</b>	82
<b>4.13</b>	<b>Desafio erosivo-abrasivo: tratamento superficial químico e mecânico</b> ....	83
<b>4.14</b>	<b>Remoção das fitas adesivas anticorrosivas</b> .....	84
<b>4.15</b>	<b>Perda de superfície (PS)</b> .....	85
<b>4.16</b>	<b>Rugosidade superficial (RS)</b> .....	87
<b>4.17</b>	<b>Dureza superficial: Nanoindentação (HB)</b> .....	88
<b>4.18</b>	<b>Análise estatística dos resultados</b> .....	90
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	91
<b>5.1</b>	<b>Erosão</b> .....	91
5.1.1	Perda de superfície.....	91
5.1.2	Rugosidade superficial.....	93
5.1.3	Dureza superficial.....	95
<b>5.2</b>	<b>Erosão-abrasão</b> .....	97
5.2.1	Perda de superfície.....	97
5.2.2	Rugosidade superficial.....	98
5.2.3	Dureza superficial.....	100
<b>5.3</b>	<b>Erosão x Erosão-abrasão</b> .....	103
5.3.1	Perda de superfície.....	103
5.3.2	Rugosidade superficial.....	105
5.3.3	Dureza superficial.....	108
<b>5.4</b>	<b>Correlações</b> .....	111
5.4.1	Propriedades .....	111
5.4.2	Substratos .....	114
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	119
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	139
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	141
	<b>APÊNDICES</b> .....	169
	<b>ANEXOS</b> .....	181

## 1 INTRODUÇÃO

A cavidade oral é um ambiente dinâmico, onde processos químicos e mecânicos de alta complexidade estão constantemente acontecendo. Alguns desses processos ou desafios tendenciam o enfraquecimento da estrutura dentária e a degradação precoce das restaurações (1, 2). Além dos desafios, a umidade da cavidade, a ação da limpeza pela saliva e enzimas salivares, e a produção de ácidos por bactérias do biofilme oral, promovem contínuas oscilações de pH e a lixiviação de produtos e substâncias (3-7). A combinação desses fatores ao estilo de vida e aos hábitos do paciente podem resultar no desgaste do dente ou da restauração.

O desgaste dental é um processo complexo e fisiológico, por assim inevitável, que pode ser definido pela perda do tecido duro do dente, em consequência do contato direto da superfície dentária com substâncias oriundas da combinação dos processos que ocorrem na cavidade oral (8, 9). No entanto, o crescente consumo de alimentos processados e de baixo pH, em conjunto com o estilo de vida (hábitos comportamentais e de higiene) e hábitos parafuncionais, fazem do desgaste dental uma condição patológica, onde a perda do tecido dental acontece de forma acelerada e severa (10, 11).

Diferentes mecanismos de ação e fatores etiológicos estão associados ao desgaste dental e podem atuar simultaneamente ou de forma combinada na superfície do substrato, caracterizando-o como uma condição multifatorial, mascarando sua verdadeira origem e dificultando o seu diagnóstico (12). Alguns mecanismos estão relacionados com o desgaste fisiológico do dente pela ação do contato entre dente-dente (atrito)(13, 14), com a perda em consequência de hábitos nocivos e do contato direto do dente com outros objetos, que não sejam outros dentes (abrasão)(8, 15-17) e com a perda da superfície dental por ácidos não derivados de bactérias (erosão)(9, 18).

Diferentes mecanismos possuem fatores etiológicos distintos e, dependendo da frequência da ocorrência desses fatores, o desgaste evolui intensamente. Por exemplo, a atrição fora do padrão de normalidade e com a associação de hábitos parafuncionais, por exemplo, o bruxismo, com elevada carga oclusal, podem acentuar a perda do substrato (16). Assim como, hábitos de colocar lápis/palitos entre os

dentes, roer unhas, realizar técnicas de escovações incorretas e fazer uso de dentifrícios muito abrasivos e alimentos duros, geram a perda gradual e patológica da superfície do elemento dental, seja hígido ou restaurado (8, 15-17). Ou quando o meio bucal está subsaturado de ácidos não bacterianos, em relação ao mineral do dente, e ocorre o amolecimento do substrato dentário e sua conseqüente perda (9, 18).

Na superfície do material restaurador de dentes restaurados, os efeitos do desgaste abrasivo se mostram ser material dependente (19) e parecem estar mais relacionados com o tamanho das partículas inorgânicas do que com a composição química do material. Alterações no brilho, na porosidade, rugosidade e no nivelamento superficial da restauração são comumente associados à abrasão (20-22).

A alta frequência dos ataques ácidos (erosivos) aos substratos, dente e restauração, ocasionam a diminuição do brilho original da superfície, a planificação das áreas convexas, ocorre o aparecimento de cavidades rasas (conchas) nas superfícies oclusais e há o aparecimento de ilhas de material restaurador, resultantes da degradação do tecido dental adjacente à restauração e da aparente elevação de nível das bordas da restauração (23).

A erosão e a abrasão são mecanismos que raramente ocorrem isoladamente e a ação combinada, erosão-abrasão, é considerada o principal fator para o rápido avanço do processo de desgaste dental (24).

A principal resposta biológica do dente frente à desmineralização ocasionada pelo desgaste é a obliteração dos túbulos dentinários e a formação de dentina reacional e reparadora, sem sintomatologia severa. Porém, diante de um desgaste intenso, além da perda da morfologia e estética dental, a dor, sensibilidade, inflamação pulpar, necrose e lesões periapicais podem aparecer (15). O controle dos sinais e sintomas do desgaste dental são realizados por medidas preventivas e restauradoras, que recuperam, corrigem e limitam a extensão do desgaste e futuras perdas (12, 25-27).

O desgaste altera a superfície de dentes hígidos e restaurados. Além dos sinais clínicos vistos no dente natural, as propriedades mecânicas do material restaurador podem ser diretamente influenciadas pelo desgaste. A alteração das propriedades, como, por exemplo, rugosidade e dureza superficial, pode resultar em significantes

efeitos negativos, como diminuir a resistência do material contra mínimo impacto mecânico e químico, e conseqüentemente, diminuir a sua longevidade (28-33).

O campo dos materiais dentários passou por grande evolução nos últimos 100 anos e proporcionou o desenvolvimento de inúmeros produtos, tecnologias e métodos que facilitassem os profissionais na reabilitação dental e oral do paciente. As resinas compostas e os sistemas adesivos são exemplos de materiais versáteis que revolucionaram a odontologia estética e restauradora (34, 35). Juntos, possibilitaram a restauração adesiva em diferentes substratos e simplificaram a reparação do dente, perdido ou danificado, em forma, função e cor (36, 37). Nos últimos anos, uma classe relativamente nova de materiais vem ganhando destaque na odontologia: os materiais bioativos. Esses materiais, por exemplo, o cimento de ionômero de vidro (CIV) e o *giomer*, vêm se mostrando eficientes quanto ao uso em procedimentos restauradores e, devido à bioatividade, na proteção do substrato dentário contra a desmineralização. Apesar da inclusão de substâncias bioativas na composição dos materiais restauradores e dos sistemas adesivos ser uma estratégia promissora na prevenção e no controle da perda superficial do dente pelo desgaste (38, 39), a frequência com que os mecanismos de desgastes ocorrem podem definir a evolução da degradação do próprio material restaurador.

As condições bucais e os diferentes tipos de mecanismos de desgaste são processos complexos e podem divergir quanto a indivíduos, hábitos de higiene oral e alimentação. A simulação desses processos é de difícil reprodutibilidade em laboratório (*in vitro*), porém estudos envolvendo diferentes materiais restauradores, a bioatividade e substratos dentários em circunstâncias desafiadoras, são fundamentais para melhor entender e elucidar alternativas de prevenção e controle do avanço do desgaste, assim como avaliar a degradação dos materiais, compreendendo a relação entre eles e o dente, e as propriedades mecânicas desses substratos depois de desafios hostis.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Desgaste dental

O desgaste dental é a perda parcial da camada superficial dos tecidos duros do dente, decorrente da subsequente e simultânea exposição dessa superfície a diferentes processos químicos e/ou forças mecânicas, que estão sujeitos a acontecer na cavidade oral, sem haver o envolvimento de bactérias (40, 41); é considerado um processo comum ao dente, dinâmico e fisiológico, que aumenta com o tempo. No entanto, para 2 – 4% da população jovem e 10% da população mais velha, o desgaste é considerado um evento severo, que necessita de reabilitação e intervenção por um profissional (42).

O desgaste fisiológico é a perda tecidual que acontece nas condições de normalidade do processo de envelhecimento do ser humano. Caso o nível da perda ocorra de maneira mais rápida e fora desse padrão de normalidade, pode-se dizer que o desgaste é patológico ou anormal (43). Na patologia, em condições severas, o desgaste geralmente está presente em todos os sextantes da cavidade oral e apresenta perda da superfície igual ou superior a 50% do substrato dentário. Na superfície oclusal/incisal, o desgaste que ocorre em condições normais, mas que ocasiona a redução abrupta e severa da altura da coroa dentária, comprometendo a realização de restaurações, também é considerado severo (42).

Durante toda a vida, dentes e restaurações estão continuamente sendo submetidos a substâncias ácidas e a tensões mecânicas. Diante da exposição a substâncias com baixo pH e pelas baixas concentrações de íons minerais presentes no fluido salivar (cálcio, fosfato e hidroxila), há uma tendência de o substrato dentário liberar mais desses íons para a cavidade oral, na tentativa de equilibrar o meio. Na busca pelo equilíbrio ocorre a desmineralização. Quanto menor o pH das substâncias, maior a tendência de ocorrer a desmineralização, pois mais íons minerais serão retirados do dente para que o meio volte ao equilíbrio iônico. O contrário também é verdade, substâncias com pH mais alto e que possuem altas concentrações de íons

minerais, proporcionam menor taxa de desmineralização ou até mesmo evitam que ela aconteça (40).

A eventual perda de substância dental observada no desgaste é consequência dos episódios de desmineralização e reflete, com o decorrer do tempo, em alterações morfológicas do dente. Dentre as alterações, pode-se relatar a influência na dimensão vertical de oclusão, na função, no conforto, na estética e na qualidade de vida do paciente, que frequentemente relata sintomatologia dolorosa e sensibilidade dentinária, ocasionada pela exposição da dentina e ao aumento do diâmetro dos túbulos dentinários (44).

Clinicamente, os primeiros sinais do desgaste são difíceis de serem detectados e podem facilmente passar despercebidos, pois são sinais sutis, que aparentam ser aspectos naturais do dente. No entanto, os sinais iniciais podem estar relacionados com o desaparecimento das características anatômicas da superfície do dente, por exemplo, mamelos, lisura superficial das faces e cíngulo (42) e podem estar representados por diferentes tipos de lesões, presentes ao mesmo tempo ou não.

A identificação de cada tipo de lesão possibilita o reconhecimento do provável fator etiológico ou contribuinte principal da causa do desgaste, assim como da assimilação com possíveis outros mecanismos e desordens não dentais (45, 46). Lesões com margens bem definidas e afiadas podem ser causadas por forças mecânicas, enquanto lesões em formato de discos, rasas (largura maior que profundidade) e amplas, são consequências de exposição a ácidos (47).

## **2.2 Mecanismos e fatores etiológicos do desgaste**

O desgaste dental pode ocorrer por diferentes mecanismos, sendo os principais: atrição, abrasão e erosão. No entanto, é comum o desgaste acontecer da ação simultânea ou sinérgica desses mecanismos, por isso, sua etiologia pode ser considerada multifatorial (16, 48). A morfologia das lesões e a severidade dos efeitos substanciais do desgaste na superfície do dente ou da restauração, dependem da etiologia predominante do mecanismo identificado (15).

### 2.2.1 Atrição

A atrição pode ser definida pelo desgaste fisiológico da superfície do dente ou de uma restauração, ocasionado pela ação do contato entre dois corpos antagonistas (contato dente-dente), sem interferência de outras substâncias ou objetos externos (13-15, 49).

Comumente, as lesões do desgaste por atrição são representadas por facetas planas, antagonistas e com margens nítidas (13, 15), que ocorrem nas superfícies oclusais/incisais e, algumas vezes, nas proximais dos dentes (12). Nas faces oclusais, o desgaste patológico pode ser associado aos desgastes oriundos de hábitos parafuncionais, por exemplo, elevada carga oclusal associada ao bruxismo (16).

### 2.2.2 Abrasão

A abrasão é o processo físico de perda patológica da estrutura dentária, ocasionada por fatores mecânicos, que não seja o contato entre dentes antagonistas (atrição), e livre de placa bacteriana; é um mecanismo que promove um desgaste lento, gradual e que progride devido à introdução repetida de objetos ou substâncias extrínsecas na boca, ocorrendo assim, o contato com os dentes (desgaste entre três corpos) (13, 15).

Na abrasão, os sinais clínicos do desgaste são, principalmente, caracterizados pelas lesões cervicais, em forma de cunha, e oclusais, associadas em especial com a escovação excessiva, técnica e força de escovação, o uso exagerado do fio dental, efeitos abrasivos de dentífricos, hábitos de morder objetos, exposição ocupacional a partículas abrasivas e da abrasividade da dieta do indivíduo (13-15). Os sinais podem ser difusos ou localizados, dependendo do impacto mecânico predominante.

Na escovação dental, os efeitos da abrasão na superfície dentária podem variar em virtude, principalmente, da abrasividade do dentífrico utilizado, da técnica de escovação ou da velocidade e pressão utilizadas durante essa prática (20). Quando

acompanhada de outros mecanismos, a abrasão tem o potencial de aumentar o desgaste dental ou da restauração (48).

### 2.2.3 Erosão

A erosão é a desmineralização parcial da superfície dental, ocasionada por processos químicos e pela exposição repetida a ácidos ou quelantes de superfície dental, sem o envolvimento de bactérias ou da associação direta com lesões de cáries e fatores mecânicos traumáticos (14, 40, 50).

O desgaste químico ou dissociação iônica, é o resultado da exposição do substrato dentário ou da restauração, a duas fontes distintas ou combinadas de ácidos: intrínsecos e/ou extrínsecos. As substâncias intrínsecas estão representadas pelos ácidos oriundos do sistema digestório (estômago) e estão associadas com as desordens alimentares, anorexia e bulimia nervosa (50), e/ou com ácidos provenientes do refluxo e da regurgitação (16, 51). As substâncias extrínsecas estão relacionadas, principalmente, com os ácidos provenientes da dieta, contidos nos componentes dos alimentos, por exemplo, o ácido cítrico presente em refrigerantes, frutas, sucos de frutas, isotônicos, energéticos, lanches e doces ácidos (40, 52).

O ácido cítrico é uma substância altamente erosiva e está comumente envolvido no desgaste dentário pelo fato de estar presente em grande parte dos alimentos consumidos atualmente, sejam eles naturais, como frutas, ou industrializados, como os refrigerantes. O ácido cítrico existe na água como uma mistura variada de íons de hidrogênio, ânions de ácido (citrato) e moléculas de ácidos não dissociados. Quando há a dissociação, o íon hidrogênio se torna livre e ataca diretamente a superfície do dente, mais especificamente o cristal de apatita. Acrescido ao efeito do íon hidrogênio, há a ação do ânion citrato, que pode se ligar ao cálcio do dente e removê-lo do cristal de apatita. Dessa forma, agindo duplamente, o ácido cítrico é extremamente destrutivo para a superfície dentária e, em menor nível, para o material restaurador (53, 54).

O consumo excessivo de alimentos ácidos tem sido associado ao principal fator etiológico da erosão. A dissolução mineral do dente tem relação direta com a capacidade tampão, viscosidade, concentração de íons minerais, pH e frequência de consumo dessas bebidas e comidas. Também, está relacionado com a resposta biológica e salivar do paciente (40).

Quando em contato com as substâncias ácidas e devido à baixa do pH do meio, o dente perde a integridade estrutural sendo afetado por mudanças nas suas propriedades mecânicas. As mudanças levam ao enfraquecimento da superfície dental e a subsequente perda de sua estrutura (40). As lesões iniciais do desgaste erosivo são definidas pela completa perda de tecido dental superficial do esmalte e desmineralização da subsuperfície da superfície perdida. A subsuperfície apresenta pobres propriedades mecânicas e confere ao dente maior susceptibilidade a desgaste por outros mecanismos, incluindo a cárie dental (55).

Na dentina, o contínuo ataque ácido causa desmineralização superficial e expõe a matriz orgânica de fibras densas de colágeno, seguida de uma camada subsuperficial parcialmente desmineralizada que se estende até uma dentina hígida não modificada pelo processo erosivo (40, 56). Durante a desmineralização, a matriz orgânica contrai e pode funcionar como barreira física contra a troca de íons minerais entre o meio e a superfície dentinária, permitindo maior saturação de íons minerais próximo à superfície dentinária e menor desgaste químico (57).

Clinicamente, as lesões de natureza erosiva são rasas (largura excede a profundidade), côncavas (escavadas) e têm aparência derretida, podendo formar sulcos em superfícies oclusal e/ou incisal (15, 54). À medida que o desgaste progride e a perda do substrato dental é maior, bordas incisais de incisivos e superfícies oclusais de molares são acometidos, uma linha de exposição dentinária pode ser vista e mudanças na anatomia natural dos dentes são mais evidentes (42). A dentina erodida apresenta grande diminuição de resistência (58), manifesta aparência fosca e geralmente está pigmentada devido a pigmentos exógenos (41).

As notórias mudanças na morfologia dental indicam que o desgaste está ativo e em desenvolvimento no paciente, podendo também apontar a presença combinada de outros tipos de mecanismos envolvidos no desgaste. Predominantemente ou não, os processos erosivos estão sempre envolvidos com os casos de desgaste dental, por

esse motivo pode-se afirmar que as outras formas de mecanismos (atrito e abrasão) são processos muito mais efeitos causais e acentuam o estado do desgaste (42).

#### *2.2.4 Erosão-abrasão: acentuando o desgaste*

Após fragilização do substrato dentário pela ação de ácidos, a perda de substância dental é acelerada pela ação mecânica do processo abrasivo. A combinação erosão-abrasão provoca perda superficial superior à perda ocasionada pela ação isolada dos dois mecanismos (16, 49).

A perda progressiva da estrutura dental, ocasionada pela ação da erosão-abrasão, tem impacto direto na função e estética dos dentes acometidos, ocasionando perda excessiva da estrutura dental com grande exposição da superfície dentinária, perda da anatomia das faces, encurtamento da coroa dentária, mudança na linha do sorriso, perda das ameiais, pigmentação da dentina exposta, desoclusão dos dentes, perda da adaptação marginal e fratura da restauração, sensibilidade dentinária, agressão a polpa e aumento no risco da perda do elemento dental (26). Dessa forma, um planejamento clínico envolvendo medidas preventivas e/ou terapia restauradora são necessárias no controle e na limitação da perda excessiva do tecido dental e da falha da restauração.

Quando restaurações estão presentes, as lesões de erosão e/ou erosão-abrasão ocorrem de maneira mais rápida no substrato dentário. Com o tempo, ocorrem a formação de ilhas de material restaurador e há a impressão de que as restaurações “cresceram” sobre a estrutura dental desgastada adjacente (23). Isso ocorre porque as substâncias erosivas e abrasivas afetam de maneira diferente os materiais restauradores e os substratos dentários, sendo aqueles mais resistentes ao desgaste (1, 57, 59).

## 2.3 Terapias e manutenção do controle do desgaste

O desafio clínico, conseqüente da etologia multifatorial e devido aos grandes impactos ocasionados pelo desgaste, está voltado para a prevenção e reabilitação total do paciente, que deve ser tratado do ponto de vista de diferentes especialistas clínicos da odontologia e medicina. Atualmente, o modelo de tratamento do desgaste dental envolve três passos: 1) compreender a etiologia do desgaste por meio da investigação clínica do paciente: análise da dieta, identificação de desordens alimentares e hábitos parafuncionais, análise de medicamentos e seus riscos, fluxo salivar, má oclusão, risco cariogênico e doenças periodontais; 2) planejar e executar o tratamento; 3) manutenção: redução do contato entre dentes e substâncias ácidas, realização de novas restaurações, troca e reparo de antigas restaurações, proteção contra tensões mecânicas e acompanhamento clínico (26).

### 2.3.1 *Prevenção e monitoramento*

A prevenção é considerada essencial para todos os tipos e graus de severidade de desgaste, e, para muitos casos, as mudanças superficiais e a perda de substância dental acontecem de forma gradual e, quando identificadas precocemente, não necessitam obrigatoriamente de procedimentos restauradores. A identificação e o controle dos fatores etiológicos possibilitam a redução do avanço da perda e permite o acompanhamento das lesões não cariosas (42).

As medidas preventivas estão relacionadas com o aconselhamento e monitoramento do uso de escovas e dentífrícios dentais, enxaguantes bucais, da realização correta da técnica de escovação (força aplicada, frequência e escovação vertical) e, principalmente, da modificação da dieta alimentar (41, 42, 48).

O registro e controle dos hábitos alimentares está diretamente associado com a supervisão da ingestão excessiva de comidas e bebidas ácidas. O profissional deve orientar o paciente quanto ao potencial erosivo dos principais alimentos presentes na dieta, avaliar a frequência de consumo e elaborar um plano individualizado de

mediadas preventivas, buscando sempre tentar diminuir a ingestão de alimentos ácidos (40, 60).

Mudança nos hábitos alimentares é um desafio, mas quando bem-sucedido, resulta na estagnação do processo patológico de perda dentária (61).

Sem dúvidas, os dentifrícios fluoretados representam um importante papel no cuidado diário da saúde oral geral. O flúor tem efeito protetor temporário contra ataques erosivos e pode, provavelmente, até um certo alcance, equilibrar a ação abrasiva na superfície dentária. Por meio da deposição de minerais, semelhantes ao fluoreto de cálcio, o flúor promove a redução do desgaste dental (62-65), pode endurecer e aumentar a resistência da superfície dental contra às perdas, e possibilitar a remineralização de regiões recém-erodidas (66).

Possivelmente, diferentes dentifrícios e enxaguantes bucais, com composições distintas, agem em diferentes estágios no processo de desgaste dental (1, 67) e apesar de reduzirem o progresso do desgaste, eles ainda são menos eficazes do que o controle da dieta, não providenciam efeito inibitório total da perda (42); em relação aos dentifrícios, o nível de abrasividade (RDA – Abrasividade relativa à dentina) ainda é um fator preocupante (48).

### 2.3.2 *Restauração*

A substancial perda de estrutura dentária ocasionada pelo desgaste patológico, pode levar a problemas anatômicos, estéticos, funcionais e mesmo psicológicos (41). O tratamento restaurador adesivo é opção para prevenir a progressão do desgaste dental, mas, geralmente, só se torna opção quando o paciente, jovem ou idoso, sente impacto do desgaste na sua autoestima e qualidade de vida, e relata sintomatologia dolorosa e incômodo na aparência (31, 42).

O uso de materiais restauradores diretos permite uma abordagem terapêutica local, minimamente invasiva, que se torna eficiente durante a mudança de hábitos do paciente e no controle dos fatores etiológicos (1). Os materiais mais utilizados para essa reabilitação são os compósitos resinosos ou resinas compostas.

Quando jovens e adultos jovens, com expectativa de vida longa e desgaste severo, necessitam de restaurações e reparos, eles esperam que a reabilitação adesiva os devolva a funcionalidade original de um dente hígido e esperam dos materiais uma longevidade ilimitada (42). No entanto, assim como os dentes, os materiais restauradores possuem suas limitações e estão sujeitos a mudanças mecânicas, resultantes dos processos químicos e abrasivos que ocorrem na cavidade oral, que podem interferir na sua durabilidade (1, 2). Ao final das restaurações, o paciente deve ser alertado quanto a essas possíveis alterações e quanto à manutenção dos bons hábitos de higiene oral e alimentação, assim como da realização de visitas periódicas para acompanhamento e controle das mesmas (42).

O desgaste superficial dos materiais restauradores pode acontecer de diversas maneiras: contato direto com substâncias químicas (alimentação e regurgitação), ocasionando perdas de tecido dental nas áreas livres, oclusais e proximais, e resultado da ação de forças mecânicas e abrasivas (bolo alimentar, contato oclusal, mastigação). Quanto maior a área de contato entre a superfície da restauração e as substâncias que degradam, maior o risco do desgaste do material (68). O tipo do material restaurador e a localização da restauração também influenciam na quantidade de perda do material (69).

As falhas da restauração estão diretamente relacionadas com a capacidade do material restaurador resistir a estresses e tensões absorvidas pelas restaurações, sob intensos mecanismos de desgastes. As falhas mais associadas ao desgaste são as fraturas, em consequência de elevadas forças mecânicas e hábitos parafuncionais, e o desgaste oclusal do material restaurador, ocasionado pelo íntimo contato superficial com substâncias químicas e abrasivas (70, 71).

## **2.4 Materiais restauradores**

Atualmente, conceitos sobre uma odontologia regenerativa têm sido levantados e novos métodos e materiais restauradores têm sido propostos ou reformulados com base nesse termo. O objetivo é desenvolver materiais que se aproximem ao máximo das características, propriedades e longevidade do substrato dentário, que sejam

bioativos, biocompatíveis e biomiméticos (72). Por isso, estudos sobre os efeitos dos mecanismos de desgastes sobre a superfície das restaurações são importantes, para elucidação e predição do tempo útil ou da longevidade de seus componentes (73).

#### *2.4.1 Cimento de ionômero de vidro*

O cimento de ionômero de vidro (CIV) pertence a uma classe de materiais restauradores denominada cimentos ácido-base, pois são produtos de uma reação química entre um ácido polimérico fraco, solúvel em água, com um vidro em pó de caráter básico (íons lixiviáveis) (73). Esse material foi introduzido na odontologia nos anos 70 e desde então tem passado por diversas modificações, acompanhando tendências do mercado e aprimorando suas propriedades – estética, adesão, biocompatibilidade, liberação e recarga de flúor (74, 75).

A biocompatibilidade e a bioatividade (liberação contínua de flúor e outros íons bioativos) do CIV fazem dele material de eleição na reabilitação de pacientes com elevado risco de desgastes, onde o processo erosivo e erosivo-abrasivo ainda estão ativos (76-78).

A princípio, o CIV pode ser considerado como um material autoadesivo, que não necessita de um pré-tratamento na superfície do dente para se aderir. Ainda assim, o condicionamento do substrato com um ácido fraco poliacrílico, proporciona efeitos de “limpeza” (remoção de debris), “desmineralização” parcial do substrato (aumento de microporosidades) e melhoram significativamente a eficiência adesiva (79). A adesão ocorre de duas maneiras: a primeira, pelo intertravamento micromecânico ou hibridização, proporcionado pela hibridização superficial do ionômero de vidro autocondicionante do poliácido com as fibras de colágeno revestidas pela rede microporosa de hidroxiapatitas (microporosidades dos substratos); a segunda, pela ligação química verdadeira, onde ligações iônicas são formadas entre os grupos carboxilas das moléculas do poliácido e os íons de cálcio da hidroxiapatita residual, circundantes na superfície das fibras de colágeno expostas (78-81).

A bioatividade do CIV está relacionada com a liberação de íons biologicamente ativos (flúor, sódio, fosfato, sílica e cálcio) e da sua capacidade de poder recarregá-los quando os mesmos estão livres no meio. A liberação de íons, principalmente do flúor, promove o efeito cariostático, inibe o desenvolvimento de lesões cariosas e evita a desmineralização do tecido dental que se encontra adjacente a restauração (82, 83). Em pacientes com altas taxas de desmineralização dentária por processos erosivos e erosivos-abrasivos, restaurações com CIV podem ser significantes e importantes na prevenção de maiores perdas ao redor da restauração (84).

A liberação do flúor acontece de forma lenta e mais acentuada quando as condições do meio estão ácidas. O flúor liberado possibilita o aumento do pH próximo à superfície do dente, e os substratos adjacentes à restauração, conseguem captar maior parte dos íons liberados pelo material e integrá-los a superfície, protegendo-a de futuras desmineralizações (83, 85-87).

No entanto, propriedades inerentes ao próprio material ionomérico – baixa resistência ao desgaste, curto tempo de trabalho, elevado tempo de cura, susceptível à contaminação precoce por umidade durante o endurecimento, dessecamento após cura, fragilidade, susceptibilidade à quebra e alto nível de microinfiltração marginal (84, 88), fazem dele um material “frágil” e pouco escolhido para reabilitações maiores.

#### 2.4.2 Resinas compostas

Na década de 50, a partir da introdução da resina acrílica, resinas modeláveis foram surgindo na odontologia. No entanto, foi somente na década de 60, por Bowen, que o avanço e consolidação das resinas como materiais restauradores aconteceu. Na tentativa de aumentar o peso molecular, reduzir a contração de polimerização e melhorar as propriedades mecânicas das resinas acrílicas, Bowen decidiu unir monômeros bisfenol A e metacrilato de glicidil (Bis-GMA ou Resina de Bowen) à resina, originando um novo material: um polímero com conteúdo de partículas inorgânicas (compósito resinoso). Gradualmente, os compósitos resinosos foram tomando espaço na odontologia e, hoje, correspondem à classe de material de eleição para procedimentos restauradores, em consequência das amplas indicações –

restaurações diretas em dentes anteriores e posteriores, forramento de cavidade, restaurações indiretas do tipo inlay/onlays e coroas, selantes de fósulas e fissuras, núcleos e preenchimentos, restaurações provisórias, facetas, cimentos para próteses unitárias, dispositivos ortodônticos e pinos endodônticos (36, 89, 90).

As resinas compostas são constituídas, basicamente, por três elementos: uma matriz polimérica, normalmente um dimetacrilato; uma parte inorgânica, formada por partículas de cargas, normalmente um vidro radiopaco; e um agente de união, silano, para unir a matriz polimérica às partículas de cargas e a outras substâncias químicas que promovem e modulam a reação de polimerização do material (36). A crescente e rápida evolução das resinas compostas está relacionada, principalmente, com a melhoria de suas propriedades e com o modo que os fabricantes fomentam cada elemento da composição da resina. Por exemplo, a diminuição no tamanho médio das partículas de carga, promove melhor resistência ao desgaste e polimento superficial da resina; o aumento na quantidade de partículas de carga, resulta em melhores propriedades químicas e mecânicas; e mudanças na matriz polimérica visam desenvolver resinas com melhores propriedades adesivas, menor contração e tensões de polimerização (68, 91).

As resinas compostas são materiais restauradores de adequada durabilidade e resistência, com boa adesão às estruturas dentais, esteticamente aceitáveis e capazes de reabilitar o dente em forma, função e cor, ou seja, são materiais biomiméticos (92-95). Mas, assim como a estrutura dental e outros tipos de materiais restauradores, as resinas compostas são passíveis de desgastes e fraturas, quando em constante contato com substâncias ácidas e tensões mecânicas (31, 36, 42, 90). Apesar de as resinas compostas serem menos afetadas pelos processos de desgaste erosivo e erosivo-abrasivo, a matriz resinosa e as partículas de carga ainda podem ser, em alguma extensão, afetados (30, 31). Uma forma de prevenir a precoce degradação e assegurar o máximo desempenho das propriedades das resinas compostas é promover uma correta polimerização do material (96).

A polimerização é a conversão de monômeros livres em uma cadeia polimérica, proporcionando o endurecimento do material (97). As resinas compostas contam com sistemas de polimerização ativados por luz, os fotoiniciadores. Esses sistemas são substâncias que na presença da luz, absorvem radiação UV e produzem radicais livres, que iniciam o processo de polimerização em cadeia. Alguns exemplos de

fotoiniciadores são: canforoquinona, PPD (1-fenil-1,2-propanodiona), Lucirin TPO (óxido de monoacilfosfina) e Irgacure 819 (óxido de bisacilfosfina)(98-101). Para que os fotoiniciadores sejam ativados corretamente e proporcionem adequada polimerização, a fonte de luz deve ser emitida em um comprimento de onda que seja capaz de ser reconhecida e absorvida por esses sistemas (102). Assim, é fundamental que ocorra fotoativação com o uso de equipamentos e fonte de luz apropriados, para garantir correta polimerização e o máximo desempenho das propriedades mecânicas dos materiais, como, por exemplo, a resistência ao desgaste, resistência de união e dureza superficial (103-105).

### 2.4.3 *Giomer*

Na última década, um novo grupo de materiais restauradores, com base resinosa e com propriedades bioativas, foram introduzidos na odontologia. Esse material, denominado *giomer*, tem a vantagem de possuir propriedades e benefícios de dois materiais restauradores já conhecidos na prática odontológica: a resina composta e o CIV. Assim como o CIV, o *giomer* consegue liberar e se recarregar com íons bioativos, principalmente o flúor; assim como a resina composta, o *giomer* possui adequada aparência e estética, uma matriz resinosa fotopolimerizável, fácil polimento e boa biocompatibilidade com o dente e tecidos adjacentes (106-108).

O *giomer* é um material restaurador híbrido que contém partículas pré-ativadas (reativas), desidratadas e silanizadas de ionômero de vidro incluídos em uma matriz resinosa. A matriz resinosa é, provavelmente, muito similar com a matriz presente nos compósitos resinosos – com monômeros, incluindo o Bis-GMA, e agentes fotoiniciadores que modificam e caracterizam as suas propriedades reológicas e mecânicas. A falta de adesão natural do material requer que o substrato a se aderir, receba um pré-tratamento superficial e o uso de um adesivo, para que a adesão ocorra de maneira satisfatória, proporcionando um bom selamento marginal à restauração e uma adequada interface adesiva (107, 109, 110).

A principal característica do *giomer* é o uso da tecnologia PRG (*pre-reacted glass-ionomer*). Em adição aos monômeros orgânicos e às partículas de vidro não

reagidas silanizadas da resina composta, há a incorporação de partículas pré-ativadas de flúor-alumino-silicato, recobertas por sílica gel ( $\text{SiO}_2$ ). Essas partículas, PRG, são análogas às encontradas em CIV de alta viscosidade e antes de serem inseridas na matriz resinosa do *giomer*, elas são pré-condicionadas com ácido poliacrílico, recobertas por sílica gel, desidratadas por liofilização e funcionalizadas por silanização. Esse processo permite a copolimerização com os monômeros resinosos e possibilita a liberação dos íons bioativos quando o material absorve água do meio. Quando o processo de pré-ativação das partículas acontece apenas na superfície, elas são denominadas S-PRG (*surface*); quando toda ou quase toda a partícula é pré-ativada, ela é denominada F-PRG (*fully*). O *giomer* faz uso das partículas S-PRG (111, 112).

Uma vez que o material entra em contato com a água do meio, a água é absorvida na periferia do material e interage com as partículas S-PRG. As partículas S-PRG, mais reativas que as partículas puras de flúor-alumino-silicato, são rapidamente ativadas e liberam os íons bioativos para o meio (113). Assim como nos CIV, os íons bioativos são liberados lentamente e protegem o substrato dentário da desmineralização.

#### 2.4.4 *Sistemas adesivos e interface adesiva*

Os princípios básicos da odontologia restauradora, adesão e prevenção, foram criados na década de 50, a partir do desenvolvimento da técnica do condicionamento ácido – aplicação de um ácido fosfórico na superfície do substrato para ocasionar mudanças e aumentar a superfície de adesão com o material restaurador resinoso (90, 114); e, conseqüentemente, pelas modificações nas técnicas do preparo cavitário, onde retenções mecânicas não eram mais necessárias para que o material restaurador permanecesse dentro da cavidade e proporcionando máxima conservação de tecido dental sadio (115). Mesmo diante desses avanços, a odontologia ainda necessitava de um aprimoramento na adesão, vedação cavitária e na formação de uma interface adequada entre material restaurador e substrato dentário (116). Assim, os sistemas adesivos foram sendo desenvolvidos.

Os adesivos são soluções que fazem interação com o material resinoso restaurador e com o substrato dentário, agindo como uma camada de transição entre um e outro. Eles apresentam em sua composição iniciadores, inibidores e estabilizadores de polimerização, solventes (água, álcool ou acetona) e, em alguns casos, partículas de carga. São compostos também de monômeros resinosos hidrófobos, que permitem a interação e a copolimerização com o material restaurador, e de monômeros hidrofílicos, que aumentam a molhabilidade e preparam a superfície do substrato para receberem o material restaurador (117, 118).

A dentina é um substrato intertubular complexo, predominantemente orgânico, úmido, com baixa energia superficial, que pode mudar ao longo dos anos e se tornar um tecido mais espesso e menos permeável. Ocasionalmente é um substrato de difícil adesão e imprevisível (119, 120). Uma vez que a dentina é cortada (durante o preparo), uma camada de debris recobre superficialmente o tecido (*smear layer*) e adentra os túbulos dentinários (*smear plug*). Essa camada de debris ou de esfregaço é constituída, principalmente, por restos de hidroxiapatita fragmentadas e por fibras de colágeno desnaturadas, e funciona como uma barreira física, reduzindo a permeabilidade dentinária. Em razão de remover ou modificar essa camada de esfregaço, para que se obtenha um substrato limpo e adequado para o procedimento de adesão/restauração, um tratamento superficial de condicionamento da dentina, previamente a aplicação do sistema adesivo, é fundamental (116, 121, 122).

Basicamente, os sistemas adesivos possuem três componentes: 1) condicionador ácido – ácido, geralmente o fosfórico 35 – 37%, que prepara e limpa o substrato dentário e cria microporosidades que ajudam na retenção micromecânica do material resinoso; 2) *primer* – monômero hidrofílico com solvente (água, acetona ou álcool), que promove aumento da energia de superfície da dentina, permitindo bom molhamento e infiltração da resina; 3) agente adesivo – resina fluida que promove a adesão do material resinoso ao substrato dentinário. Ainda, os sistemas adesivos podem conter em sua composição partículas de carga que dão resistência ao material (116, 123).

Os sistemas adesivos podem ser classificados de acordo com o seu modo de uso, pelo pré-tratamento dado a superfície dental e pela quantidade de etapas que se fazem na sua aplicação. Por exemplo: 1) três passos/condiciona e lava: condicionamento ácido do substrato, seguido de lavagem e secagem, aplicação do

*primer* e a aplicação do agente adesivo; 2) dois passos/condiciona e lava: condicionamento ácido do substrato, seguido de lavagem e secagem, aplicação do *primer*/agente adesivo combinados em um único frasco; 3) dois passos/autocondicionante: *primer* ácido autocondicionante, que modifica e incorpora a camada de esfregaço à camada de adesão, seguido da aplicação do agente adesivo; 4) um passo/autocondicionante: em um único frasco contém a mistura de um *primer* ácido autocondicionante e do agente adesivo. Faz-se uma única aplicação dessa combinação; 5) universal: *primer* ácido autocondicionante e agente adesivo em um único frasco. São sistemas multiuso, que podem ser utilizados com ou sem o condicionamento ácido prévio do substrato, em esmalte e/ou dentina (124-127).

Os sistemas adesivos autocondicionantes dispensam o condicionamento ácido do substrato como uma etapa separada do processo de adesão. O *primer* autocondicionante é um ácido monomérico polimerizável, sem enxague na dentina, que modifica e integra a camada de esfregaço nas entradas dos túbulos dentinários (37, 128). Esse fato reduz a possibilidade de erros durante o processo de lavagem e secagem do substrato após condicionamento (129, 130). Na dentina, substrato de difícil adesão, o excesso de umidade ocasionada após condicionamento, aumenta a hidrofilia do substrato, reduz a permeabilidade e aumenta as chances de degradação hidrolítica do material (131). Da mesma forma, o excesso de secagem da dentina, ocasiona o colapamento da rede de fibras de colágeno, que por sua vez, impedem a infiltração do agente adesivo e da resina, interferindo no processo de adesão (123, 132). Dessa forma, o uso de sistemas adesivos autocondicionantes podem providenciar uma performance e durabilidade superiores da adesão do material ao substrato dentinário (133).

Com a aplicação do *primer* na dentina, a rede de fibras de colágeno do substrato forma uma malha reticular híbrida e entrelaçada, com partículas residuais mineralizadas e com o agente adesivo, que será infiltrado e copolimerizado posteriormente. A essa malha dá-se o nome de camada híbrida (115, 134, 135).

A camada híbrida é uma camada de transição entre o material restaurador e a dentina. A sua adequada hibridização e copolimerização permite retenção micromecânica, bom selamento da cavidade, diminuição de sensibilidade pós-operatória, redução da microinfiltração e criação de uma interface adesiva resistente

aos mais diversos processos que ocorrem na cavidade oral (116, 132, 135). A camada híbrida faz parte de interface adesiva.

A interface adesiva é a região de união entre o material resinoso, agente adesivo e substrato dentário (90). Assume-se que o sucesso da adesão e da criação de uma interface adesiva adequada e resistente contra processos químicos e mecânicos, depende das propriedades dos sistemas adesivos e da adesão entre os diferentes substratos dentários (136). A adesão dentinária é ainda um desafio clínico a ser superado, devido a composição especialmente orgânica e úmida desse substrato. A existência de água na interface adesiva, seja pelo excesso de umidade da dentina ou pela formação de bolhas, vazios e descontinuidade da interface adesiva, facilitando a nanoinfiltração de água e microrganismos para a camada híbrida, é um caminho para a degradação hidrolítica dos componentes da camada híbrida e, conseqüentemente, para a instabilidade da própria interface adesiva e durabilidade da restauração (115, 131). A estabilidade da interface adesiva também é fortemente influenciada pela adequada polimerização e grau de conversão dos monômeros dos materiais e pela correta técnica de aplicação dos sistemas adesivos, que garante ótimas propriedades de resistência e adesão (137).

Constantemente novos sistemas adesivos estão sendo pensados e desenvolvidos com intuito de melhorar a adesão do material aos substratos, principalmente à dentina, em aprimorar a microestrutura do material, aumentar a resistência de união (37, 90) e, mais recentemente, em prevenir e proteger a interface adesiva e o substrato dentário adjacente à restauração, contra desmineralizações e desgastes, por meio da bioatividade (112). A adição do flúor e de outros íons bioativos na composição do sistema adesivos, além de ajudar na remineralização, provou aumentar a resistência da interface adesiva a ácidos (23, 138).

## **2.5 Propriedades dos materiais restauradores**

Os materiais restauradores devem apresentar propriedades boas o suficiente para resistirem aos desafios químicos e mecânicos que estão sujeitos na cavidade oral. A longevidade das restaurações está diretamente relacionada com o nível do

desgaste do dente, a durabilidade e as propriedades dos materiais restauradores (139-142).

Os efeitos que um processo erosivo e erosivo-abrasivo tem sobre a superfície de um material podem ser avaliados pelas propriedades físicas desse material. As propriedades físicas podem ser divididas em propriedades mecânicas, térmicas e eletromecânicas (143, 144). Dentre estas, as propriedades mecânicas são as mais importantes para compreensão e predição do comportamento clínico e da longevidade das resinas compostas; elas são influenciadas pela composição química do material e pela frequência de exposição da superfície desse material a um meio aquoso ou hostil (32, 33). Em condições ácidas e abrasivas, os materiais restauradores demonstram degradação com o tempo (141, 142). A análise de propriedades mecânicas, tais quais a perda de superfície, rugosidade e dureza superficial podem orientar quanto ao comportamento, resistência ao desgaste e longevidade desses materiais em tais condições (32, 33, 143, 144).

### 2.5.1 *Bioatividade*

Materiais bioativos podem ser definidos como “materiais que provocam uma resposta biológica específica na interface entre tecido e material” (145). Na odontologia, a bioatividade é atribuída aos íons minerais flúor, cálcio e fosfato. Esses componentes, principalmente o flúor, têm sido adicionados a diferentes classes de materiais restauradores, na expectativa de protegerem os dentes contra a perda de substância tecidual frente a desafios químicos ou mecânicos e facilitarem a reposição dos minerais perdidos (remineralização) (23, 146).

No desgaste dental, o flúor adicionado e liberado pelos materiais, oferece de forma limitada proteção contra a erosão, auxiliando no aumento da dureza do tecido dental, e possibilitando o endurecimento do tecido que já foi erodido, aumentando assim a resistência ao desgaste também por abrasão (62).

No dente, diante das diferenças de composição encontradas entre substratos, o flúor pode exercer maior efetividade sobre o esmalte do que na dentina. A dentina é

um tecido constituído por uma matriz altamente hidratada intertubular de fibras de colágeno tipo 1, reforçada por nanocristais de apatita carbonatada e que está sujeita a degradação enzimática e química dessa microestrutura sob efeitos dos processos químicos e/ou mecânicos (147-149). A degradação das fibras de colágeno da dentina interfere diretamente na sua ligação com o flúor. Mesmo assim, sob condições severas, o flúor ainda pode ser efetivo em reduzir os efeitos erosivos nesse substrato (62).

### *2.5.2 Rugosidade superficial e perda de superfície*

A rugosidade superficial (RS) é definida como “imperfeições superficiais cujo espaçamento, altura, largura e direção estabelecem um padrão de superfície predominante” (150). Em outras palavras, são ranhuras formadas na superfície do material. Ela é um fator determinante na análise do nível de desgaste superficial de um substrato (151, 152) e é influenciado pelas propriedades mecânicas, pela composição do material e pelos hábitos do paciente (dieta e hábitos parafuncionais) (153).

A RS tem influência direta na aparência, estética e descoloração do material restaurador resinoso (154). Quanto maior a rugosidade do material/substrato, maior o manchamento por pigmentos e a tendência de adesão bacteriana, conseqüentemente, formação e acúmulo de biofilme, desenvolvimento de lesões de cárie e inflamação do tecido gengival (155). As imperfeições superficiais de um material/substrato podem ser amenizadas pela técnica de polimento do substrato. O polimento com discos e borrachas com diferentes granulações diminuem a RS, logo mantém a estética e prologam a longevidade do material (156, 157).

A perfilometria óptica (sem contato) é um método não destrutivo, capaz de analisar a RS e a perda de superfície ocasionadas pela erosão, abrasão ou erosão-abrasão, por meio do escaneamento superficial do material/substrato. O escaneamento é realizado por um laser de luz azul ou branca que gera um perfil de imagem bi ou tridimensional. Com ajuda de um software para análise de imagens, a comparação do perfil inicial e do perfil final da imagem ou a comparação de uma área

de referência, preservada, com outra área submetida aos desafios, podem ser feitas e a rugosidade e a perda de superfície calculadas. A perfilometria óptica é capaz de analisar desgastes profundos ( $0.5 \mu\text{m}$ ) e a curvatura natural do material/substrato com muita precisão, no entanto, para que o teste seja sensível à superfície, ela tem que estar bem polida e plana (154, 158, 159).

### 2.5.3 Dureza superficial

A dureza superficial de um material pode ser definida pela resistência superficial que o material (sólido) oferece contra uma força/carga aplicada por um indentador padronizado (150, 158, 160). Do ponto de vista mecânico, a dureza superficial influencia diretamente na resistência do material, levando a crer que quanto mais “duro” o material, mais resistente ele é e menor o seu desgaste superficial (154).

Os testes tradicionais de dureza, por exemplo, microdureza, promovem indentações na ordem de  $100 \mu\text{m}$  e embora sejam importantes na avaliação e comparação de diferentes materiais, eles estão sujeitos a limitações, como, por exemplo, na análise de materiais formados por micro ou nanoestruturas (150).

A nanoindentação é um método relativamente novo para a avaliação da dureza superficial, mas tem se mostrado eficiente, preciso e sensível nos estudos de pequenos materiais ou de regiões específicas na superfície do material (160).

A nanoindentação é realizada por uma ponta feita de diamante, com formato de pirâmide regular e base formando um triângulo equilátero – Indentador Berkovich. O indentador aplica uma carga crescente na superfície do material até alcançar o valor máximo de carga pré-definida, e após um tempo de permanência do indentador em carga máxima, o indentador se afasta e a carga vai diminuindo até que ocorra o total relaxamento da superfície do material. Esse trajeto do indentador e da carga permite que a dureza seja calculada (151, 158). Na técnica de nanoindentação, a força aplicada é capaz de gerar indentações na escala de  $1 \mu\text{m}$  e todos os fatores podem ser controlados – profundidade de penetração do indentador, força/carga aplica,

tempo de permanência da carga, velocidade e localização do indentador (150, 161, 162).

Para estudos com desgastes, a nanodureza (dureza por nanoindentação) e a quantificação da perda de superfície do material, podem ser avaliados por meio das indentações realizadas antes e depois dos tratamentos aplicados (158, 163) e mudanças no substrato dentário podem ser vistas após 30 segundos de exposição da superfície a desafios com ácido cítrico (164) e após processos abrasivos (165).



### 3 PROPOSIÇÃO

Apesar de ser um tema bastante recorrente na literatura, nota-se que parte dos estudos acerca dos desgastes em dente e material restaurador, avaliam os efeitos de desafios erosivos e erosivos-abrasivos de forma separada por substrato e desafio. Pouco se sabe sobre o comportamento e as propriedades de novos materiais, que recorrem ao uso de novas partículas, tecnologias e substâncias químicas, diante dos efeitos dos mecanismos de desgaste e a sua correlação com o substrato dentinário, de forma simultânea.

Diante do exposto, este trabalho teve como propósito:

- Simular modelos de desgaste superficial em dentina hígida restaurada, mediante desafio químico e químico-mecânico;
- Analisar as individualidades de cada desafio, do comportamento de diferentes materiais restauradores, sistemas adesivos e da capacidade destes em proteger a dentina adjacente à restauração;
- Analisar as propriedades mecânicas de perda de superfície, rugosidade e dureza superficial dos materiais e do substrato dentinário.

As hipóteses nulas levantadas por esse estudo foram:

- I. Os efeitos observados sobre a superfície da dentina, dos materiais restauradores e dos sistemas adesivos, incluindo interface adesiva, independem do tipo de desafio proposto – erosivo ou erosivo-abrasivo;
- II. Os desafios não são capazes de alterar as propriedades dos materiais restauradores e dos sistemas adesivos;
- III. Materiais restauradores e sistemas adesivos bioativos influenciam nas propriedades e previnem os efeitos dos desafios sobre a superfície dentinária adjacente à restauração;
- IV. Os desafios não influenciam na integridade e na dureza superficial da interface adesiva formada.



## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Aspectos éticos**

Para realização do estudo, o projeto de pesquisa foi submetido na Plataforma Brasil, avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade de São Paulo sob parecer de número 4.971.904 e CAAE: 51306621.7.0000.0075 (ANEXO A).

### **4.2 Material biológico: Biobanco de dentes**

O material biológico dente humano (75), foi fornecido pelo Biobanco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – FOUSP após a aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP (ANEXO B).

Dentes que apresentavam trincas, fraturas e sulcos pigmentados foram excluídos do universo amostral e devolvidos ao biobanco.

### **4.3 Materiais restauradores e equipamento fotoativador**

Os materiais restauradores utilizados no trabalho, suas respectivas composições e instruções de uso segundo fabricantes, estão descritos no Quadro 4.1 e representados na Imagem 4.1. O equipamento emissor de luz utilizado na fotoativação dos materiais restauradores está descrito no Quadro 4.2 e representado pela Imagem 4.2.

Quadro 4.1 - Especificações dos materiais restauradores e instruções de uso, segundo informações relatadas nas bulas, pelos fabricantes

<b>Material</b>	<b>Classificação</b>	<b>Composição</b>	<b>Instruções do fabricante</b>	<b>Fotoativação com LED</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Cor</b>	<b>Lote</b>	<b>Sigla</b>
Amaris®	Resina composta nanohíbrida	80% p/p de carga em uma matriz de metacrilato (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA), BHT	Em temperatura ambiente, adaptar um incremento (2mm) na cavidade e fotoativar	500 mW/cm <sup>2</sup> ; Comprimento de onda de luz não informado; Tempo: 40 s	VOCO GmbH. Cuxhaven, Alemanha	O2	2033250	AMA
Beautiful® II	Giomer	Big-GMA, TEGDMA, partículas S-PRG à base de vidro de fluoroboroaluminossilicato, fotoiniciador, pigmentos e outros	Em temperatura ambiente, adaptar um incremento (2mm) na cavidade e fotoativar	1000 mW/cm <sup>2</sup> ; 440-490 nm; Tempo: 10 s	Shofu Inc. Quioto, Japão	A2	071959	BEA

Continua.

Continuação.

<p>Clearfil™ SE Bond</p>	<p>Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos</p>	<p><i>Primer (auto acidificação):</i> 10-metacriloxidecil diidrogeniofosfato (MDP), 2-hidroxietil metacrilato (HEMA), 4-(dimetilamino) benzofenona, canforoquinona, n.n-dietanol-p-toluidina, água;</p> <p><i>Bond (agente de união):</i> 10-MDP, Bis-fenol a glicidil dimetacrilato (Bis-GMA), 2-HEMA, neopentil glicol dimetacrilato, canforoquinona, n.n-dietanol-p-toluidina, sílica coloidal.</p>	<p>Aplicar o <i>primer</i> em toda a parede cavitária, deixar agir por 20s, evaporar os ingredientes voláteis com uma corrente de ar uniforme e livre de óleo, aplicar o <i>bond</i> em toda a superfície da cavidade, usar um jato de ar suave, fotoativar.</p>	<p>&gt; 300 mW/cm<sup>2</sup>; 400 – 515 nm; Tempo: 10 s</p>	<p>Kuraray Noritake Dental Inc. Kurashiki - Okayama, Japão</p>	<p>2J0351 2K0623</p>	<p>CFB</p>
--------------------------	--	--	--	--	--	--------------------------	------------

Continua.

Continuação.

<p>FL-Bond II</p>	<p>Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos bioativo</p>	<p><i>Primer:</i> água (50%), etanol (30%), monômero ácido carboxílico, monômero ácido fosfórico, monômeros metacrilatos, MDP e iniciador;</p> <p><i>Bond:</i> partículas de ionômero de vidro pré- reagidas (à base de vidro de fluoroboroaluminosilicat o), UDMA (20-30%), TEGDMA (&lt;10%), 2- HEMA (10-20%), pó de vidro (30-40%) e iniciador.</p>	<p>Aplicar o <i>primer</i> em toda a parede cavitária, deixar agir por 10s, evaporar os ingredientes voláteis com uma corrente de ar uniforme e livre de óleo, aplicar o <i>bond</i> em toda a superfície da cavidade, fotoativar.</p>	<p>Intensidade de luz: não informado;</p> <p>Comprimento de onda de luz: não informado;</p> <p>Tempo: 5 s</p>	<p>Shofu Inc. Quioto, Japão</p>	<p>-</p>	<p>011974 011912</p>	<p>FLB</p>
-------------------	---	--	--	---	---	----------	--------------------------	------------

Continua.

## Conclusão.

<p>RIVA Self Cure</p>	<p>Ionômero de Vidro Restaurador</p>	<p>Riva Conditioner (ácido poliacrílico 26%): ácido poliacrílico, água, corante FCF azul;</p> <p>Sistema de cápsulas: proporção pó/líquido (g/g) 0.42/0.13, vidro de estrôncio, ácido poliacrílico e ácido tartárico;</p> <p>Riva Coat (selante de superfície para ionômero de vidro): UDMA, TEGDMA, canforoquinona, BHT, tetrametil anilina.</p>	<p>Aplicar condicionador ácido poliacrílico na cavidade e deixar agir por 10s, lavar bem com água, remover excesso de água (manter dentina úmida e superfície brilhante), ativar a cápsula, colocar a cápsula no amalgamador (4000-4800 rpm), triturar por 10s, aplicar o ionômero de vidro diretamente na cavidade (evitando bolhas de ar). Após cura do material, aplicar o selante de superfície em todas as superfícies expostas da restauração e fotoativar.</p>	<p>Riva Coat Intensidade de luz: não informado;</p> <p>Comprimento de onda de irradiação: não informado; Tempo: 20 s</p>	<p>SDI Limited. Victoria, Austrália</p>	<p>A3</p>	<p>190750 B1908282F 190778</p>	<p>RIVA</p>
-----------------------	--------------------------------------	---	---	--	---	-----------	--	-------------

Fonte: A autora.

Imagem 4.1 - Materiais Restauradores



Fonte: A autora.

Quadro 4.2 - Equipamento fotoativador de luz LED

Equipamento fotoativador	Modo	Irradiância	Comprimento de Onda	Fabricante
Valo™ Grand Cordless	High Power Plus	1600 mW/cm <sup>2</sup>	385-515 nm	Ultradent®

Fonte: A autora.

Imagem 4.2 - Equipamento fotoativador de luz LED



Fonte: A autora.

#### 4.4 Delineamento experimental do estudo

O Quadro 4.3 expõe a forma como foram organizadas as unidades experimentais e os tratamentos oferecidos.

Quadro 4.3 - Delineamento experimental do estudo

<b>N<sub>MATERIAL BIOLÓGICO</sub> = 75</b>			
<b>N<sub>UNIDADE EXPERIMENTAL</sub> = 150</b>			
Fatores de variação	Tratamento superficial	Erosão (n = 15)	
		Erosão-abrasão (n = 15)	
	Sistema Restaurador	RIVA	
		AMA	CFB
			FLB
		BEA	CFB
	FLB		
	Substrato	Dentina	
		Interface Adesiva	
		Restauração	
Variáveis de resposta	Perda de superfície		
	Rugosidade superficial		
	Nanodureza superficial		

Fonte: A autora.

#### 4.5 Cálculo amostral

Com os resultados preliminares coletados após a realização do teste piloto ( $n = 2$ ), foi possível a realização do cálculo amostral para uso consciente dos dentes humanos. Nesse caso, o número de dentes que seriam utilizados no estudo principal, foi calculado em 75 unidades de 3º molares hígidos. Foi considerado como erro  $\alpha = 0,05$  (significância) e o erro  $\beta = 0,80$  (poder do teste).

#### 4.6 Limpeza e corte dos dentes

Os molares hígidos (75) foram limpos com auxílio de curetas periodontais e escova de Robinson, com pasta de pedra pomes e água destilada (Imagem 4.3). Após limpeza, os dentes tiveram as raízes separadas da coroa em máquina de corte de precisão (IsoMet® 1000 Precision Saw, Buehler), com auxílio de um disco de corte diamantado dupla-face (102 x 0.3 mm - IsoMet™ Diamond Wafering Blades, Buehler) e sob constante refrigeração (Imagem 4.4).

Imagem 4.3 - Limpeza inicial dos dentes: curetas periodontais, escova de Robinson montada em contra-ângulo e pasta de pedra pomes



Fonte: A autora

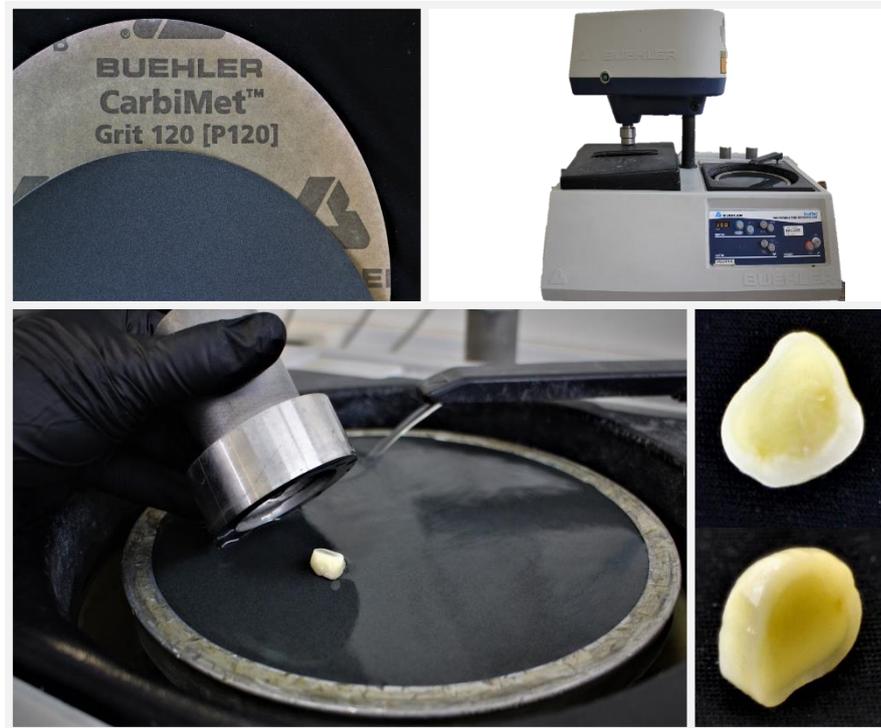
Imagem 4.4 - Separação coroa-raiz: disco diamantado e máquina de corte de precisão



Fonte: A autora.

Com auxílio de lixas de granulação grossa (P120, CarbiMet™, Buehler), em máquina de polimento (EcoMet® Twin Variabe Speed Grinder-Polisher, Buehler) e sob constante refrigeração, o esmalte oclusal dos dentes foi removido até que houvesse exposição uniforme da dentina oclusal do dente (166) (Imagem 4.5).

Imagem 4. 5 - Remoção do esmalte oclusal e exposição uniforme da dentina oclusal: lixa de granulação P120 e máquina de polimento

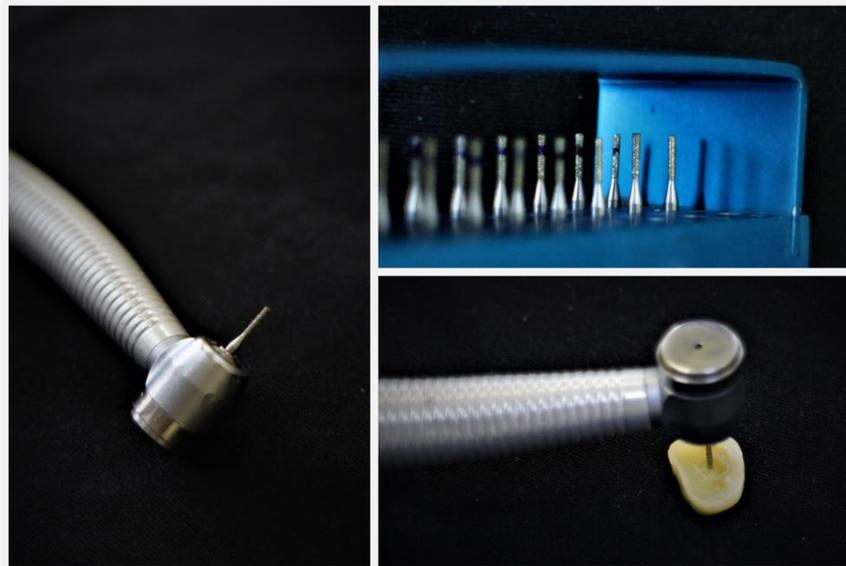


Fonte: A autora.

#### 4.7 Preparo da cavidade

Com ajuda de uma ponta diamantada cilíndrica com extremidade plana #1090 (AllPrime dental products) montada em peça de alta-rotação, estabilizada, e sob constante refrigeração, uma cavidade foi realizada na superfície oclusal de cada dente com as seguintes dimensões: 2 mm de profundidade x 4 mm de comprimento no sentido méso-distal x 4 mm de comprimento no sentido vestibulo-lingual (Imagem 4.6). Uma sonda periodontal foi utilizada para assegurar as dimensões da cavidade.

Imagem 4.6 - Confeção da cavidade: peça de alta rotação e ponta diamantada cilíndrica com extremidade plana #1090

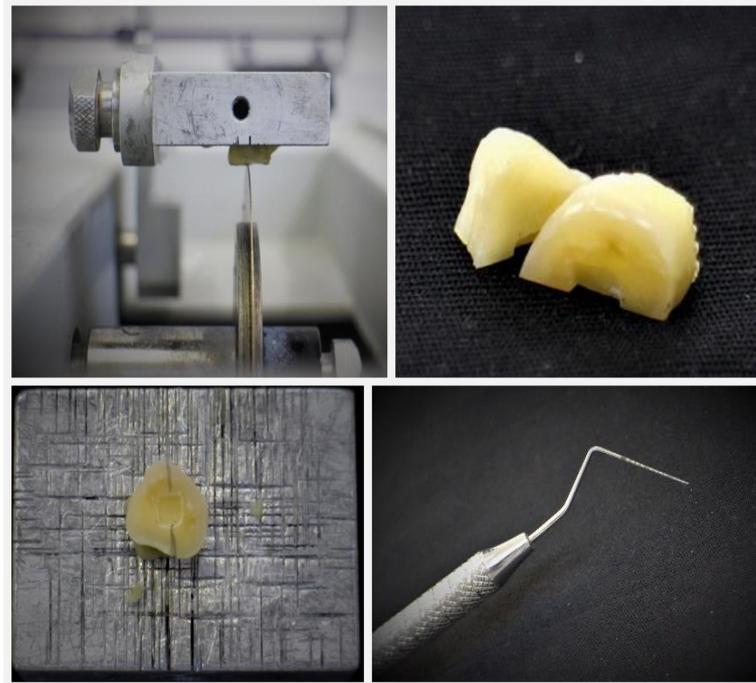


Fonte: A autora.

Após preparo das cavidades, os dentes foram divididos igualmente ao meio, no sentido vertical, em máquina de corte de precisão (IsoMet® 1000 Precision Saw, Buehler), sob constante refrigeração, resultando em duas metades: mesial e distal (Imagem 4.7). Na Figura 4.1 há o esquema completo do preparo e da confecção dos espécimes.

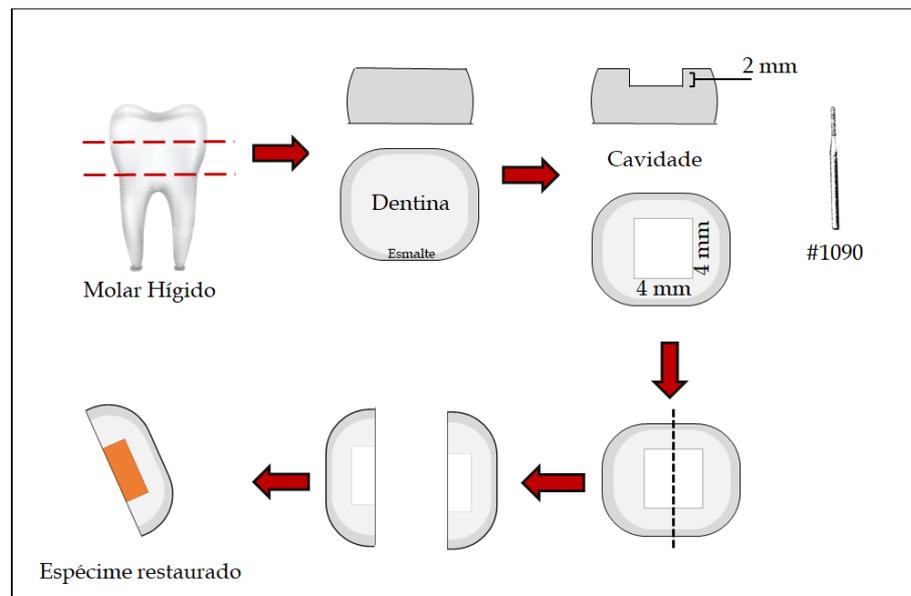
As metades, correspondentes a 150, foram divididas aleatoriamente em 10 subgrupos ( $n = 15$ ), de acordo com o tratamento superficial a ser realizado (erosão e erosão-abrasão) e o sistema restaurador utilizado (Figura 4.2).

Imagem 4.7 - Corte vertical do dente: máquina de corte de precisão e sonda milimetrada



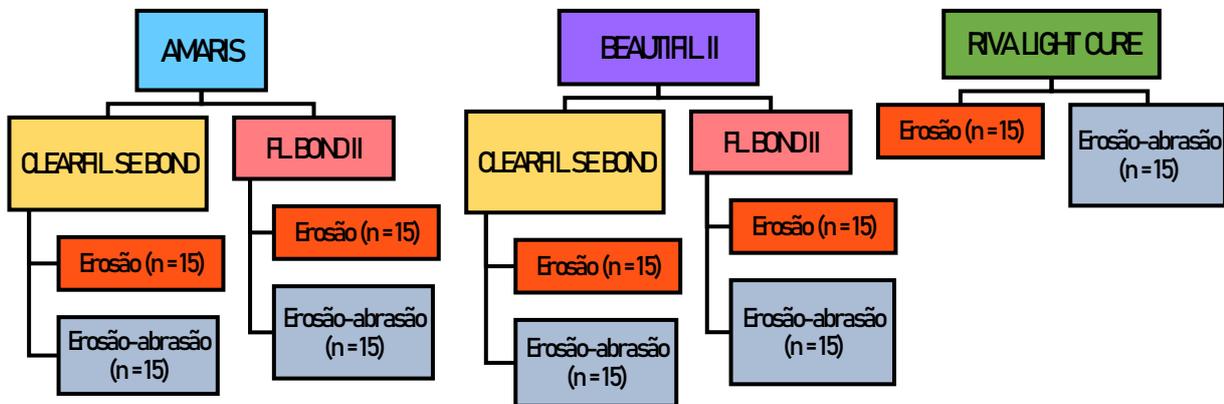
Fonte: A autora.

Figura 4.1 - Esquema completo da confecção dos espécimes



Fonte: A autora

Figura 4.2 - Divisão dos subgrupos por material restaurador e tratamento superficial aplicado



Fonte: A autora.

## 4.8 Restauração da cavidade

A cavidade foi limpa com ajuda de uma escova de Robinson, pasta de pedra pomes e água e lavada em água corrente. O excesso de água foi removido com papel absorvente, permitindo que a dentina ficasse com a superfície brilhante. A cavidade foi então restaurada de acordo com o sistema restaurador, seguindo sempre as recomendações dos fabricantes para cada material.

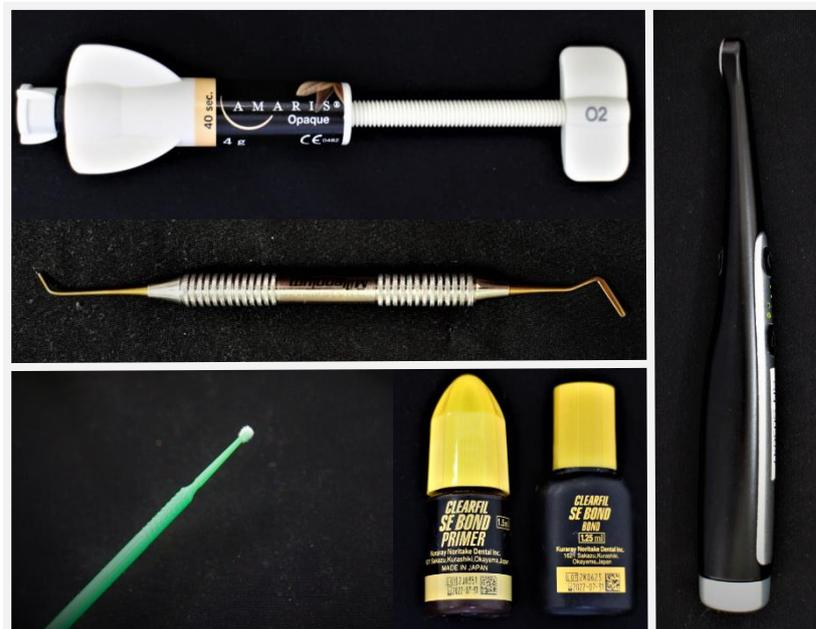
### 4.8.1 Procedimento restaurador após limpeza e remoção do excesso de umidade da cavidade

- G1 – Amaris® x Clearfil™ SE Bond

Aplicação do primer em todas as superfícies da cavidade com um aplicador descartável, deixando-o agir por 20 s. Após esse tempo, com ajuda do jato de ar de

uma seringa tríplice, fez-se a evaporação dos ingredientes voláteis por 5 s. Com ajuda de um aplicador descartável, aplicou-se uma camada do *bond* (agente de união) em toda superfície dentinária e a fotoativou por 10 s. Logo em seguida, o material restaurador foi inserido na cavidade em um único incremento e fotoativado por 40 s (Imagem 4.8).

Imagem 4.8 – Sistema Restaurador G1: Resina composta nanohíbrida x Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos



Fonte: A autora.

- G2 – Beautifil® II x Clearfil™ SE Bond

Aplicação do primer em todas as superfícies da cavidade com um aplicador descartável, deixando-o agir por 20 s. Após esse tempo, com ajuda do jato de ar de uma seringa tríplice, fez-se a evaporação dos ingredientes voláteis por 5 s. Com ajuda de um aplicador descartável, aplicou-se uma camada do *bond* (agente de união) em toda superfície dentinária e a fotoativou por 10 s. Logo em seguida, o material restaurador foi inserido na cavidade em um único incremento e fotoativado por 10 s (Imagem 4.9).

Imagem 4.9 – Sistema Restaurador G2: Giomer x Sistema adesivo autocondicionante de 2 passos



Fonte: A autora.

- G3 – Amaris® x FL Bond II

Aplicação do primer em todas as superfícies da cavidade com um aplicador descartável, deixando-o agir por 10 s. Após esse tempo, com ajuda do jato de ar de uma seringa tríplice, fez-se a evaporação dos ingredientes voláteis por 5 s. Com ajuda de um aplicador descartável, aplicou-se uma camada do *bond* (agente de união) em toda superfície dentinária e a fotoativou por 5 s. Logo em seguida, o material restaurador foi inserido na cavidade em um único incremento e fotoativado por 40 s (Imagem 4.10).

Imagem 4.10 – Sistema Restaurador G3: Resina composta nanohíbrida x Sistema adesivo autocondicionante bioativo de 2 passos



Fonte: A autora.

- G4 – Beautifil® II x FL Bond II

Aplicação do primer em todas as superfícies da cavidade com um aplicador descartável, deixando-o agir por 10 s. Após esse tempo, com ajuda do jato de ar de uma seringa tríplice, fez-se a evaporação dos ingredientes voláteis por 5 s. Com ajuda de um aplicador descartável, aplicou-se uma camada do *bond* (agente de união) em toda superfície dentinária e a fotoativou por 5 s. Logo em seguida, o material restaurador foi inserido na cavidade em um único incremento e fotoativado por 10 s (Imagem 4.11).

Imagem 4.11 – Sistema Restaurador G4: Giomer x Sistema adesivo autocondicionante bioativo de 2 passos



Fonte: A autora.

- G5 – RIVA Self Cure (SDI®)

Condicionamento dentinário com ácido poliacrílico por 10 s (Riva Conditioner, SDI®), lavagem da cavidade com água corrente, remoção do excesso de água com algodão estéril, manutenção da umidade (superfície brilhante) da dentina, ativação e agitação da cápsula do cimento ionomérico em amalgamador (Ultramat 2. SDI Limited, Victoria, Austrália) por 10 s, aplicação cuidadosa do cimento ionomérico na cavidade, evitando formação de bolhas de ar. Ao final do tempo de trabalho (120 s), na superfície da restauração ionomérica, aplicou-se uma camada de material fotopolimerizável para selamento (Riva Coat, SDI®) e a fotopolimerizou por 20 s (Imagem 4.12).

Imagem 4.12 – Sistema Restaurador G5: Cimento de ionômero de vidro



Fonte: A autora.

#### 4.9 Armazenamento e polimento dos espécimes

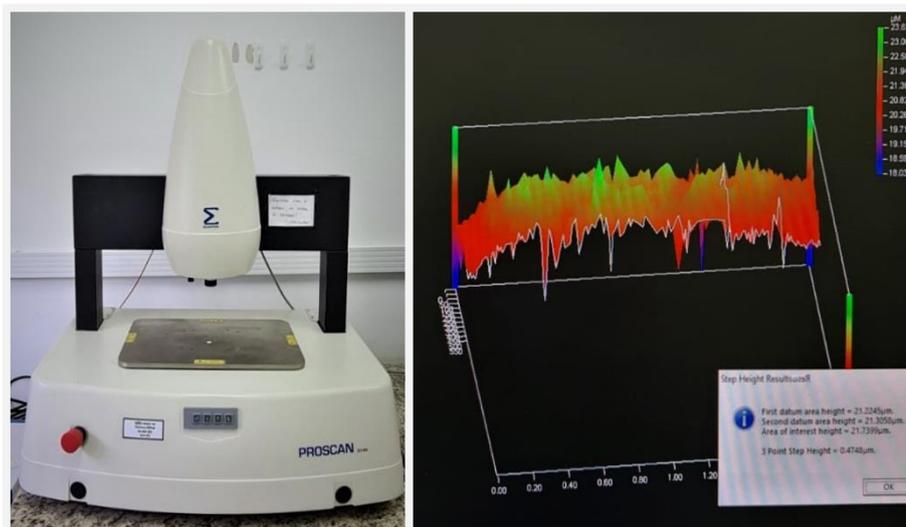
Após restauração, os espécimes foram mantidos em 100% de umidade relativa por um período de 7 dias a 37° C, permitindo que a polimerização pós-fotoativação e solidificação dos materiais acontecessem adequadamente (31, 167).

Completados 7 dias, as restaurações foram polidas com lixas de granulação crescente P1200 (30 s), P2400 (30 s) e P4000 (60 s) (CarbiMet™, Buehler) em máquina de polimento a 150 rpm e sob constante refrigeração (EcoMet® Twin Variabe Speed Grinder-Polisher, Buehler). Após polimento, os espécimes foram limpos em água destilada em cuba ultrassônica por 3 minutos (Cuba Ultrassônica L100, Schuster) e armazenados em 100% de umidade relativa à 37° C até a realização dos testes.

#### 4.10 Análise da curvatura inicial

Para melhor padronização da superfície oclusal dos espécimes, a curvatura inicial dessa face foi analisada inicialmente por perfilometria óptica (Imagem 4.13) (Proscan 2100, Scantron, Venture Way, Tauton, Reino Unido). A curvatura deveria apresentar valores menores que  $0,4 \mu\text{m}$ . Espécimes que apresentaram valores superiores, foram novamente polidos, seguindo o protocolo já descrito anteriormente, até apresentarem curvatura dentro do nível de aceitação estipulado (167).

Imagem 4.13 – Perfilômetro óptico utilizado para a análise da curvatura superficial inicial dos espécimes



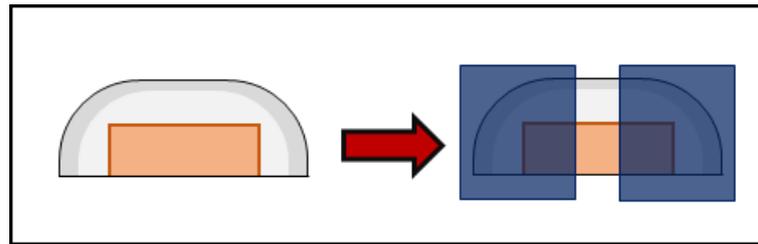
Fonte: A autora.

#### 4.11 Delimitação das áreas de referência e da janela de exposição

Para comparação entre áreas diferentes numa mesma face, submetidas a um mesmo desafio, uma janela de, no mínimo, 1 mm de largura, foi deixada desprotegida na região central da superfície oclusal do espécime; outras duas áreas, adjacentes à janela central, foram recobertas por uma fita adesiva anticorrosiva plástica (Fita Isolante 3M™ Highland®) (Figura 4.3 e Imagem 4.14). A fita anticorrosiva teve por

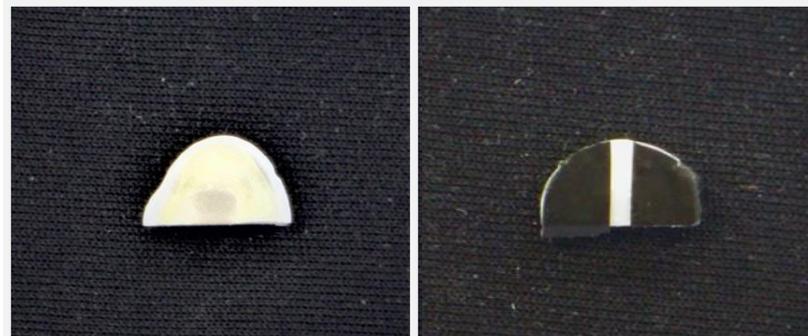
objetivo proteger as áreas recobertas dos tratamentos e, assim, se tornarem áreas de referências para comparação com a janela central, a qual permaneceu desprotegida e exposta aos tratamentos aplicados (167).

Figura 4.3 – Aplicação da fita adesiva anticorrosiva plástica no espécime, permitindo uma janela de exposição de pelo menos 1 mm de largura



Fonte: A autora.

Imagem 4.14 – Espécime restaurado, janela central de exposição delimitada, áreas de referências protegidas pela fita anticorrosiva

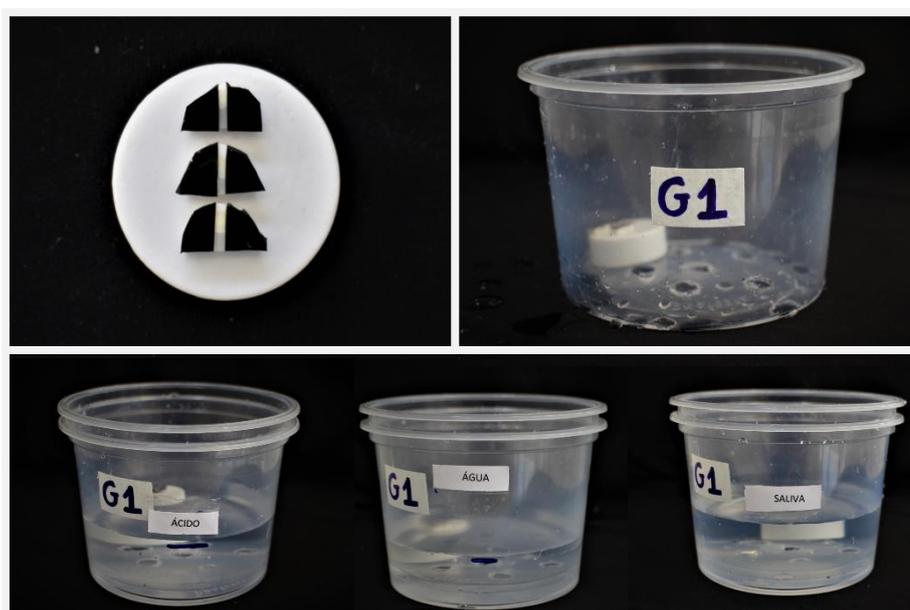


Fonte: A autora.

#### 4.12 Desafio erosivo: tratamento superficial químico com ácido cítrico 1%

Espécimes foram imersos em solução de 1% ácido cítrico (pH 2,3) por dois minutos, seguido de imersão em saliva artificial ( $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  0,213 g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,738 g/L, KCl 1,114 g/L, NaCl 0,381 g/L, Tris base 12 g/L, pH=7) por 60 minutos. Esse ciclo foi repetido seis vezes ao dia, durante cinco dias (Imagem 4.15). Ao final de um dia de desafio e ao final de todo o desafio, os espécimes permaneceram em 100% de umidade relativa à 4<sup>o</sup> C até o dia consecutivo de desafio. A solução erosiva e a água destilada foram renovadas depois de cada exposição. A saliva foi renovada a cada 24h (168).

Imagem 4.15 – Tratamento químico: Desafio erosivo com ácido cítrico 1%. Base com espécimes, recipiente perfurado para entrada das soluções e imersão das bases. Recipientes com ácido cítrico 1%, água destilada e saliva artificial



Fonte: A autora.

#### 4.13 Desafio erosivo-abrasivo: tratamento superficial químico e mecânico

Para o desafio abrasivo-erosivo, os espécimes foram submetidos ao mesmo protocolo do desafio erosivo (item 4.12 e Imagem 4.15), porém escovados. As escovações foram realizadas por meio de uma máquina simuladora de escovação (Biopdi©) equipada com escovas dentais com cerdas macias (Oral-B Indicator Plus N35, 30 s), trabalhando nas seguintes condições: 45 ciclos/1.5N/15 s. O desafio abrasivo foi realizado duas vezes ao dia: após 30 min do primeiro e do último ciclo erosivo do dia (168). Para escovação, uma mistura de água destilada e gel dental de baixa abrasividade, não fluoretado (Cocoricó, Bitufo®, Quadro 4.4), foi realizada na proporção de 3:1 e renovada a cada ciclo de escovação (Imagem 4.16).

Imagem 4.16 – Tratamento abrasivo: máquina simuladora de escovação, equipada com escovas dentais com cerdas macias. Escovação dos espécimes com *slurry* – água destilada e gel dental de baixa abrasividade, não fluoretado (3:1)



Fonte: A autora.

Quadro 4.4 – Especificações do dentifrício de baixa abrasividade utilizado para preparo do *slurry* no desafio erosivo-abrasivo

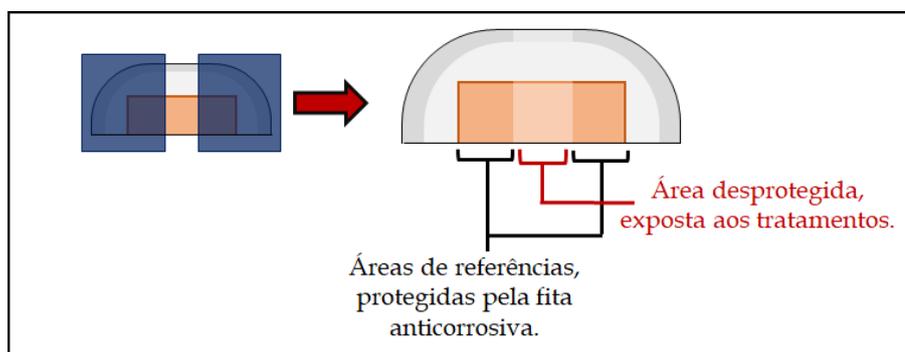
Dentifrício	Composição	Lote
Gel dental infantil não fluoretado Cocoricó, Bitufo® (Goiânia, Goiás, Brasil)	Sorbitol, água, sílica hidratada, glicerina, xilitol, polietileno-glicol 8 (PEG-8), lauril sulfato de sódio, aroma, goma de celulose, goma de xantana, dióxido de titânio, sacarina sódica, extrato de flor de camomila, extrato de flor de calêndula, extrato de folha de melissa e D-limoneno.	0178AS

Fonte: A autora.

#### 4.14 Remoção das fitas adesivas anticorrosivas

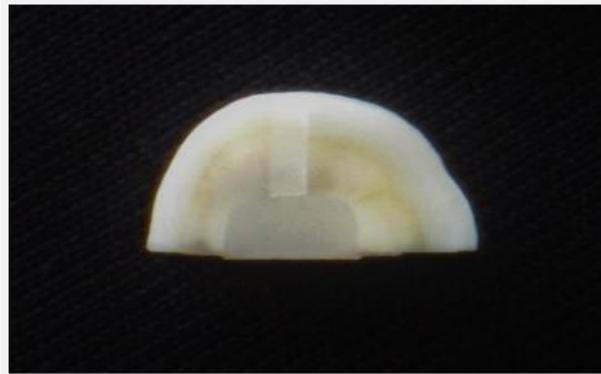
Ao final dos desafios, as fitas adesivas anticorrosivas foram removidas (Figura 4.4 e Imagem 4.17), os espécimes foram limpos com água destilada e armazenados em 100% de umidade relativa à 4° C, até a análise superficial pelos testes mecânicos.

Figura 4.4 – Representação do espécime após remoção das fitas adesivas



Fonte: A autora.

Imagem 4.17 – Espécime após desafio e remoção das fitas de proteção. Área de exposição, janela central, bem evidenciada



Fonte: A autora.

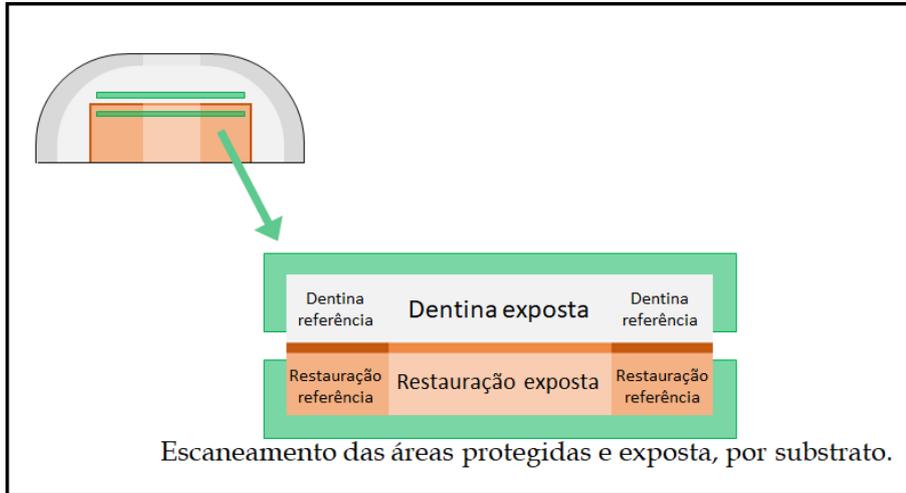
#### **4.15 Perda de superfície (PS)**

Por meio da perfilometria óptica (Proscan 2100, Scantron, Venture Way, Tauton, Reino Unido), uma área superficial de 4 x 1 mm (comprimento no eixo x e no eixo y, respectivamente), foi escaneada e abrangeu, em uma única leitura, as áreas de referências e a janela de exposição (Imagem 4.18). Substratos diferentes (dentina e restauração) foram escaneados separadamente (Figura 4.5). As leituras foram padronizadas nas seguintes condições: tamanho de passos em x = 0,010 e em y = 0,050; número de passos em x = 200 e em y = 10, com tamanho da parte em x = 2000 e em y = 0.500.

A perda de superfície, ocasionada pelo desgaste dos substratos, foi calculado com base na subtração da média da altura da área de referência de cada substrato, usando o software do sistema do perfilômetro.

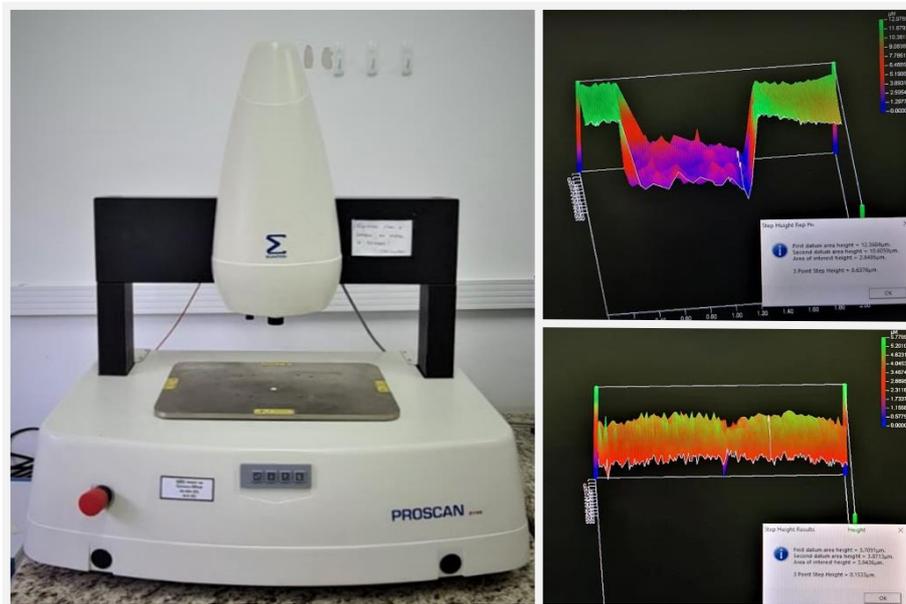
Os espécimes foram escaneados em umidade relativa com intuito de evitar o colapso da matriz de colágeno da dentina (167).

Figura 4.5 – Representação da área, em verde, escaneada para cálculo da perda de superfície



Fonte: A autora.

Imagem 4.18 – Perfilômetro óptico utilizado para análise da perda de superfície dos substratos, antes e após desafios



Fonte: A autora.

#### 4.16 Rugosidade superficial (RS)

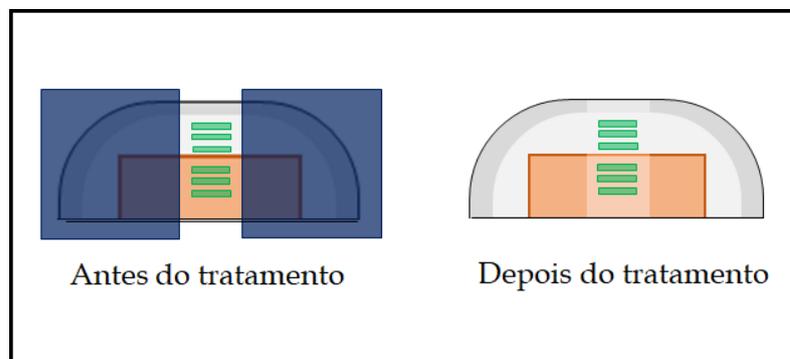
Três linhas horizontais equidistantes foram escolhidas e padronizadas em cada substrato, nas proximidades da interface adesiva, para realização da leitura da rugosidade superficial (RS). As coordenadas das linhas foram as mesmas para antes e depois dos tratamentos superficiais nos espécimes (Figura 4.6).

Para o teste de rugosidade, um perfilômetro óptico (Proscan 2100, Scantron, Venture Way, Tauton, Reino Unido) foi ajustado aos seguintes parâmetros: tamanho dos passos no eixo x = 0,001 e y = 0,100; número de passos no eixo x = 2000 e no eixo y = 0; com tamanho da parte em x = 2.000 e em y = 0 (Imagem 4.19). A imagem foi analisada com corte da margem (cut off) de 0,8 mm e filtro superficial 99.

O valor numérico médio das três leituras correspondeu ao valor final da RS do espécime (168).

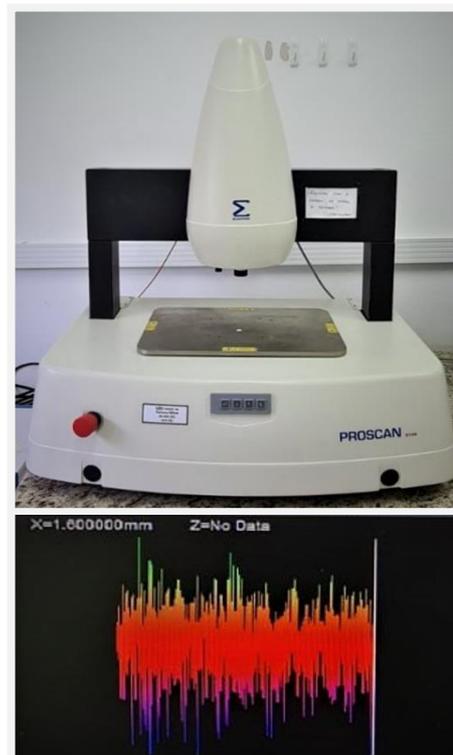
O teste de RS foi realizado em dois tempos: antes e após aplicação dos tratamentos (erosão e erosão-abrasão) na superfície do espécime. Assim, possibilitou a comparação direta desta propriedade previamente e seguidamente aos desafios.

Figura 4.6 – Representação das linhas de leitura, em verde, padronizadas para análise da rugosidade superficial dos espécimes antes e depois dos tratamentos



Fonte: A autora.

Imagem 4.19 – Perfilômetro óptico utilizado para análise da rugosidade superficial dos espécimes antes e após desafios



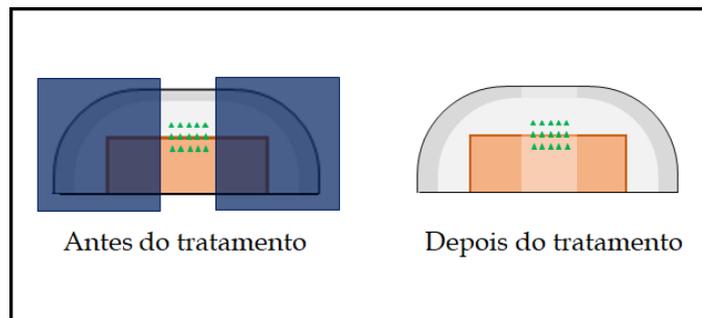
Fonte: A autora.

#### 4.17 Dureza superficial: Nanoindentação (HB)

A análise da dureza superficial dos substratos foi realizada por meio da nanoindentação de uma ponta do tipo Berkovich, acoplada ao Ultra-Microdurômetro (DUH-211S, Shimadzu, Tóquio, Japão). Conforme a Figura 4.7, as leituras de nanodureza foram padronizadas na seguinte maneira: quantidade de indentações por substrato = 5, distância entre indentações em um mesmo substrato = 50  $\mu\text{m}$ , distância entre indentações entre um substrato e outro = 50  $\mu\text{m}$ , velocidade de deslocamento do indentador = 1,0 mN/s, tempo de permanência da carga = 5 s, coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) a 0,30 (169, 170) e carga máxima aplicada em cada substrato: material restaurador = 100 mN (169, 170), interface adesiva e dentina = 50 mN (171, 172) (Imagem 4.20).

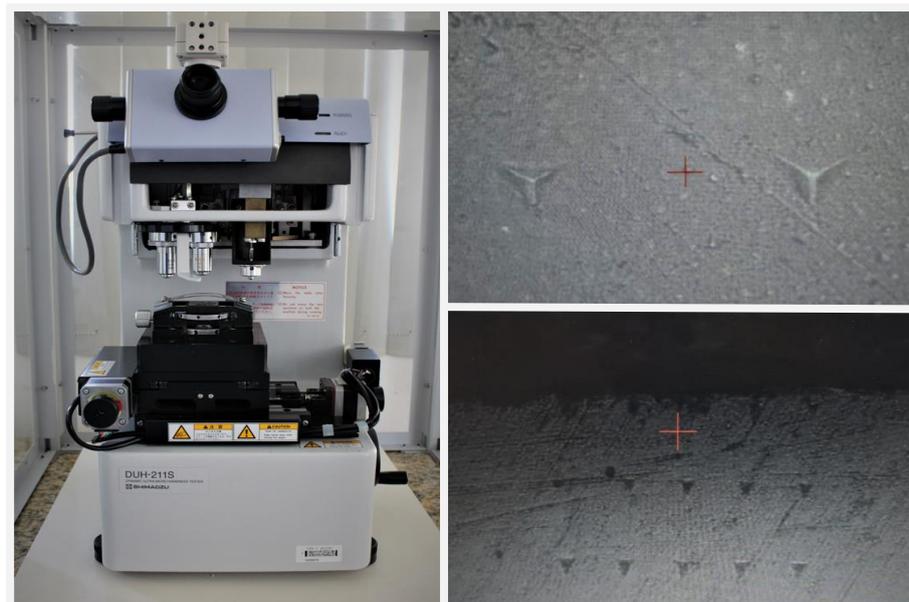
O teste de dureza superficial foi realizado em dois tempos: antes e após aplicação dos tratamentos (erosão e erosão-abrasão) na superfície do espécime. Assim, possibilitou a comparação direta desta propriedade previamente e seguidamente aos desafios.

Figura 4.7 – Representação das nanoindentações, triângulos em verde, realizadas para obtenção dos valores médios de nanodureza superficial



Fonte: A autora.

Imagem 4.20 – Ultra-microdurômetro (nanodurômetro) para análise da dureza superficial dos substratos, antes e após desafios. As formas triangulares são as marcas deixadas pela indentação da ponteira do tipo Berkovich



Fonte: A autora.

#### **4.18 Análise estatística dos resultados**

Os resultados foram analisados quanto à distribuição e homogeneidade dos dados por meio do teste Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0,05$ ). Diante da quantidade de dados coletados e do comportamento paramétrico demonstrado por eles, optou-se pela realização da Análise de Variância (ANOVA) de dois fatores, complementado pelo teste de Tukey, para cada fator de variação: desafio (erosão e erosão-abrasão), momento da análise (antes e depois dos desafios), substrato (dentina, interface adesiva e material restaurador) e sistema restaurador (G1, G2, G3, G4 e G5). Para análise das correlações existentes entre os fatores de variação, optou-se pela realização da Correlação Linear de Pearson. O nível de significância dos testes foi fixado em 5%. O poder dos testes  $\beta = 0.8$ .

## 5 RESULTADOS

Para melhor compressão dos resultados, o Quadro 5.1 retoma a nomenclatura e divisão dos grupos descritos no início deste trabalho.

Quadro 5.1 - Divisão e siglas dos grupos

GRUPO	SISTEMA RESTAURADOR
G1	AMA + CFB
G2	BEA + CFB
G3	AMA + FLB
G4	BEA + FLB
G5	RIVA

Fonte: A autora.

### 5.1 Erosão

#### 5.1.1 Perda de superfície

Os resultados originais consistiram de 75 valores de perda de superfície em dentina e 75 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos e 15 repetições, apresentados no APÊNDICE A.

Os resultados da ANOVA e o Teste de Tukey demonstraram que, após desafio erosivo, a perda superficial da dentina adjacente a G3 ( $27,48161 \pm 3,50$ ) foi estatisticamente diferente da de G5 ( $23,73672 \pm 3,21$ ). No entanto, os valores de perda superficial da dentina adjacente a todos os materiais restauradores se mostraram alto (Tabela 5.1).

Na restauração, a maior perda de superfície, após o desafio erosivo, foi observada no material restaurador G5 ( $3,15625 \pm 1,56$ ). Os demais grupos não apresentaram diferença estatística entre eles, porém todos foram estatisticamente diferentes de G5 (Tabela 5.2)

Tabela 5.1 – Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) dentinária após desafio erosivo

<b>DENTINA</b>	
<b>GRUPO</b>	
<b>G1</b>	$26,21931 \pm 2,86$ AB
<b>G2</b>	$26,26557 \pm 3,10$ AB
<b>G3</b>	$27,48161 \pm 3,50$ A
<b>G4</b>	$26,65344 \pm 3,67$ AB
<b>G5</b>	$23,73672 \pm 3,21$ B
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).	

Fonte: A autora.

Tabela 5.2 – Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) do material restaurador após desafio erosivo

<b>RESTAURAÇÃO</b>	
<b>GRUPO</b>	
<b>G1</b>	$0,53189 \pm 0,20$ A
<b>G2</b>	$0,34246 \pm 0,19$ A
<b>G3</b>	$0,44221 \pm 0,17$ A
<b>G4</b>	$0,41935 \pm 0,22$ A
<b>G5</b>	$3,15625 \pm 1,56$ B
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).	

Fonte: A autora.

### 5.1.2 Rugosidade superficial (RS)

Os resultados originais consistiram de 450 valores de rugosidade superficial em dentina e 450 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos, 15 repetições e três medidas em dois períodos. Para análise estatística foram calculadas as médias das três medidas de cada espécime, resultando em 150 médias para cada substrato, apresentadas no APÊNDICE B.

Estatisticamente, antes do desafio erosivo, não foi detectada diferença entre os grupos para a rugosidade superficial dentinária. Em todos os grupos houve aumento dessa rugosidade após o desafio. Na comparação entre grupos após o desafio, a dentina adjacente aos materiais restauradores G4 ( $0,7191 \pm 0,08$ ) e G5 ( $0,77753 \pm 0,14$ ) apresentaram menor RS e não apresentaram diferença estatística entre si, porém G4 foi estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 5.3).

O sistema restaurador G5 ( $0,45771 \pm 0,36/2,13411 \pm 0,53$ ) apresentou maior rugosidade e foi estatisticamente diferente dos outros sistemas, antes e depois do desafio erosivo. A rugosidade, após desafio erosivo, do material restaurador de G2 ( $0,19081 \pm 0,029/0,47393 \pm 0,04$ ) e G4 ( $0,21525 \pm 0,09/0,45019 \pm 0,05$ ) não foram diferentes estatisticamente entre si, porém apresentaram diferença estatística com os demais grupos. A rugosidade de G2, G4 e G5 aumentaram após o desafio erosivo. A rugosidade de G1 ( $0,18504 \pm 0,03$ ) e G3 ( $0,20895 \pm 0,03$ ) permaneceu estável depois do desafio erosivo (Tabela 5.4).

Tabela 5.3 – Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dentinária antes e após desafio erosivo

<b>DENTINA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	0,13692 $\pm$ 0,01 Aa	0,87843 $\pm$ 0,09 Ab
<b>G2</b>	0,15191 $\pm$ 0,02 Aa	0,84872 $\pm$ 0,13 ACb
<b>G3</b>	0,14603 $\pm$ 0,02 Aa	0,85227 $\pm$ 0,12 ACb
<b>G4</b>	0,15255 $\pm$ 0,03 Aa	0,71910 $\pm$ 0,08 Bb
<b>G5</b>	0,15545 $\pm$ 0,02 Aa	0,77753 $\pm$ 0,14 BCb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Tabela 5.4 – Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dos materiais restauradores antes e após desafio erosivo

<b>RESTAURAÇÃO</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	0,17596 $\pm$ 0,04 Aa	0,18504 $\pm$ 0,03 Aa
<b>G2</b>	0,19081 $\pm$ 0,02 Aa	0,47393 $\pm$ 0,04 Bb
<b>G3</b>	0,19243 $\pm$ 0,04 Aa	0,20895 $\pm$ 0,03 Aa
<b>G4</b>	0,21525 $\pm$ 0,09 Aa	0,45019 $\pm$ 0,05 Bb
<b>G5</b>	0,45771 $\pm$ 0,36 Ba	2,13411 $\pm$ 0,53 Cb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

### 5.1.3 Dureza superficial

Os resultados originais consistiram de 750 valores de dureza superficial em dentina, 750 valores em interface adesiva e 750 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos, 15 repetições e cinco medidas em dois períodos. Para análise estatística foram calculadas as médias das cinco medidas de cada espécime, resultando em 150 médias para cada substrato, apresentadas no APÊNDICE C.

Antes do desafio erosivo, a dureza superficial da dentina não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos e diminuiu drasticamente de valor após o desafio (Tabela 5.5).

Antes do desafio erosivo, o valor de dureza superficial da interface adesiva do G1 ( $21,10024 \pm 4,65$ ) foi relativamente menor e estatisticamente diferente dos outros grupos. No entanto, a interface adesiva de G1 ( $22,33807 \pm 3,25$ ) não foi estatisticamente diferente após desafio erosivo, enquanto que os valores de dureza dos outros grupos diminuíram. A dureza da interface adesiva de G1 não foi estatisticamente diferente dos outros grupos após desafio erosivo. Devido ao tipo de adesão realizada pelo G5 (\*), não houve formação de interface adesiva e, por isso, não foi possível calcular a dureza dessa região nesse grupo (Tabela 5.6).

A dureza superficial das restaurações de G1 ( $39,70924 \pm 4,29$ ) e G3 ( $37,46284 \pm 8,13$ ) não foram estatisticamente diferentes e corresponderam aos menores valores de médias entre os grupos, antes do desafio erosivo. Após desafio erosivo, a dureza superficial de G1 ( $45,15984 \pm 3,83$ ) aumentou, a de G3 ( $28,61976 \pm 4,81$ ) não alterou e as de G2 ( $36,01897 \pm 1,83$ ), G4 ( $39,55764 \pm 3,36$ ) e G5 ( $35,0658 \pm 4,50$ ) reduziram pela metade. A restauração de G1 ( $45,15984 \pm 3,83$ ) revelou o maior valor de dureza após desafio erosivo e foi estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 5.7).

Tabela 5.5 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da dentina adjacente aos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo

<b>DENTINA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	55,43649 ± 4,92 Aa	11,49175 ± 2,98 ABb
<b>G2</b>	56,73336 ± 5,30 Aa	13,93197 ± 3,94 Bb
<b>G3</b>	57,09287 ± 6,30 Aa	7,95085 ± 3,26 Ab
<b>G4</b>	58,21803 ± 6,38 Aa	10,68508 ± 3,12 ABb
<b>G5</b>	57,54707 ± 4,43 Aa	7,18716 ± 3,09 Ab

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Tabela 5.6 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina, antes e após desafio erosivo

<b>INTERFACE ADESIVA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	21,10024 ± 4,65 Aa	22,33807 ± 3,25 Aa
<b>G2</b>	25,88763 ± 3,76 Ba	21,75639 ± 4,59 Ab
<b>G3</b>	25,77109 ± 2,96 Ba	22,64043 ± 4,26 Ab
<b>G4</b>	26,46953 ± 3,60 Ba	20,58577 ± 4,37 Ab
<b>G5</b>	*	*

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
\*Dureza superficial não realizada devido à ausência de interface adesiva no grupo.

Fonte: A autora.

Tabela 5.7 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) dos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo

RESTAURAÇÃO		
GRUPO	ANTES	DEPOIS
<b>G1</b>	39,70924 ± 4,29 Aa	45,15984 ± 3,83 Ab
<b>G2</b>	59,66128 ± 4,38 Ba	36,01897 ± 1,83 Bb
<b>G3</b>	37,46284 ± 8,13 Aa	28,61976 ± 4,81 Ba
<b>G4</b>	63,59887 ± 4,99 Ba	39,55764 ± 3,36 ABb
<b>G5</b>	62,33825 ± 11,01 Ba	35,0658 ± 4,50 Bb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

## 5.2 Erosão-abrasão

### 5.2.1 Perda de superfície

Os resultados originais consistiram de 75 valores de perda de superfície em dentina e 75 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos e 15 repetições, apresentados no APÊNDICE D.

Na dentina, a menor perda de superfície após desafio erosivo-abrasivo, foi observada pelo uso do sistema restaurador G3 (7,49745 ± 3,28), o qual foi estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 5.8).

Na restauração, a maior perda de superfície após o desafio erosivo-abrasivo, foi observada no material restaurador G5 (2,91687 ± 1,49). O grupo G5 foi estatisticamente diferente dos demais após desafio erosivo-abrasivo (Tabela 5.9).

Tabela 5.8 – Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) dentinária após desafio erosivo-abrasivo

<b>DENTINA</b>	
<b>GRUPO</b>	
<b>G1</b>	16,36119 $\pm$ 2,64 A
<b>G2</b>	16,25665 $\pm$ 2,31 A
<b>G3</b>	7,49745 $\pm$ 3,28 B
<b>G4</b>	13,71321 $\pm$ 3,43 A
<b>G5</b>	10,39171 $\pm$ 1,68 C
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).	

Fonte: A autora.

Tabela 5.9 – Valores da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) do material restaurador após desafio erosivo-abrasivo

<b>RESTAURAÇÃO</b>	
<b>GRUPO</b>	
<b>G1</b>	0,58559 $\pm$ 0,39 A
<b>G2</b>	0,66641 $\pm$ 0,42 A
<b>G3</b>	0,60919 $\pm$ 0,29 A
<b>G4</b>	0,5167 $\pm$ 0,19 A
<b>G5</b>	2,91687 $\pm$ 1,49 B
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).	

Fonte: A autora.

### 5.2.2 Rugosidade superficial (RS)

Os resultados originais consistiram de 450 valores de rugosidade superficial em dentina e 450 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos, 15 repetições e três medidas em dois períodos. Para análise estatística foram calculadas as médias das três medidas de cada espécime, resultando em 150 médias para cada substrato, apresentadas no APÊNDICE E.

A RS da dentina não foi estatisticamente diferente entre os grupos antes do desafio erosivo-abrasivo. Após o desafio erosivo-abrasivo, a RS da dentina aumentou em todos os grupos e o valor da dentina adjacente a G5 ( $0,93048 \pm 0,20$ ) foi superior e estatisticamente diferente dos demais (Tabela 5.10).

A RS dos materiais restauradores não foi estatisticamente diferente entre os grupos antes do desafio erosivo-abrasivo. Após o desafio erosivo-abrasivo, a rugosidade de G1 ( $0,24545 \pm 0,04$ ) e G3 ( $0,26701 \pm 0,06$ ) não diferiu estatisticamente, e a de G5 ( $2,96501 \pm 0,76$ ) foi superior e estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 5.11).

Tabela 5.10 – Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dentinária antes e após desafio erosivo-abrasivo

<b>DENTINA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	$0,15785 \pm 0,03$ Aa	$0,61921 \pm 0,10$ Ab
<b>G2</b>	$0,16770 \pm 0,02$ Aa	$0,66581 \pm 0,14$ ABb
<b>G3</b>	$0,18723 \pm 0,04$ Aa	$0,73545 \pm 0,16$ Bb
<b>G4</b>	$0,17339 \pm 0,03$ Aa	$0,59808 \pm 0,10$ Ab
<b>G5</b>	$0,17753 \pm 0,03$ Aa	$0,93048 \pm 0,20$ Cb
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).		
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).		

Fonte: A autora.

Tabela 5.11 – Valores da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) dos materiais restauradores antes e após desafio erosivo-abrasivo

RESTAURAÇÃO		
GRUPO	ANTES	DEPOIS
<b>G1</b>	0,22815 $\pm$ 0,03 Aa	0,24545 $\pm$ 0,04 Aa
<b>G2</b>	0,19356 $\pm$ 0,03 Aa	0,40955 $\pm$ 0,06 Ab
<b>G3</b>	0,23812 $\pm$ 0,05 Aa	0,26701 $\pm$ 0,06 Aa
<b>G4</b>	0,1844 $\pm$ 0,04 Aa	0,40659 $\pm$ 0,04 Ab
<b>G5</b>	0,29421 $\pm$ 0,06 Aa	2,96501 $\pm$ 0,76 Bb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

### 5.2.3 Dureza superficial

Os resultados originais consistiram de 750 valores de dureza superficial em dentina, 750 valores em interface adesiva e 750 valores em restauração, correspondentes a 5 grupos, 15 repetições e cinco medidas em dois períodos. Para análise estatística foram calculadas as médias das cinco medidas de cada espécime, resultando em 150 médias para cada substrato, apresentadas no APÊNDICE F.

Antes do desafio erosivo-abrasivo, os valores de dureza não foram significativamente diferentes entre as dentinas de todos os grupos. Após o desafio erosivo-abrasivo, a dureza superficial da dentina adjacente ao sistema restaurador G5 (17,09963  $\pm$  2,96) se apresentou relativamente superior aos demais grupos, porém, após esse desafio, todas as dentinas apresentaram valores de dureza superficial mais baixos (Tabela 5.12).

Antes do desafio erosivo-abrasivo, os valores de dureza superficial da interface adesiva de todos os grupos não foram estatisticamente diferentes. Após desafio erosivo-abrasivo, a dureza superficial da interface adesiva de G1 (24,59763  $\pm$  2,29) e G3 (21,31596  $\pm$  2,81) não foram estatisticamente diferentes. Estatisticamente, G4

(16,97627 ± 2,32) apresentou menor dureza superficial na interface adesiva após desafio erosivo-abrasivo e foi estatisticamente diferente de G1 e G3. Devido ao tipo de adesão realizada pelo G5 (\*), não houve formação de interface adesiva e, por isso, não foi possível calcular a dureza dessa região nesse grupo (Tabela 5.13).

Antes do desafio erosivo-abrasivo, a dureza superficial do material restaurador de G3 (36,07787 ± 3,00) foi menor e estatisticamente diferente dos demais. A dureza do material de G1 (42,42045 ± 5,41) apresentou maiores valores e foi estatisticamente diferente dos demais grupos após desafio erosivo-abrasivo. O valor de dureza, antes e após desafio erosivo-abrasivo, não foi diferente estatisticamente nos grupos G1 e G3. No entanto, a dureza superficial do material restaurador dos demais grupos diminuiu após desafio erosivo-abrasivo. O material restaurador de G5 (32,15764 ± 3,12) apresentou menor dureza superficial após desafio erosivo-abrasivo e estatisticamente diferente dos demais grupos (Tabela 5.14).

Tabela 5.12 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da dentina adjacente aos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo-abrasivo

<b>DENTINA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	60,18664 ± 8,17 Aa	12,48412 ± 2,86 ABb
<b>G2</b>	63,67857 ± 4,29 Aa	12,79904 ± 2,74 ABb
<b>G3</b>	59,36331 ± 5,82 Aa	11,99425 ± 3,26 ABb
<b>G4</b>	60,72175 ± 7,05 Aa	11,01175 ± 3,14 Ab
<b>G5</b>	59,94027 ± 7,55 Aa	17,09963 ± 2,96 Bb
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).		
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).		

Fonte: A autora.

Tabela 5.13 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina, antes e após desafio erosivo-abrasivo

<b>INTERFACE ADESIVA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	23,88708 ± 2,88 Aa	24,59763 ± 2,29 Aa
<b>G2</b>	22,45429 ± 3,72 Aa	19,11783 ± 4,12 BCb
<b>G3</b>	21,68577 ± 3,86 Aa	21,31596 ± 2,81 Ba
<b>G4</b>	22,69820 ± 1,41 Aa	16,97627 ± 2,32 Cb
<b>G5</b>	*	*

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
\*Dureza superficial não realizada devido à ausência de interface adesiva no grupo.

Fonte: A autora.

Tabela 5.14 – Valores da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) dos materiais restauradores, antes e após desafio erosivo-abrasivo

<b>RESTAURAÇÃO</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>ANTES</b>	<b>DEPOIS</b>
<b>G1</b>	42,60708 ± 2,79 Aa	42,42045 ± 5,41 Aa
<b>G2</b>	60,39031 ± 8,05 Ba	38,32463 ± 2,68 Ab
<b>G3</b>	36,07787 ± 3,00 Ca	38,69813 ± 4,27 Aa
<b>G4</b>	56,49411 ± 10,08 Ba	38,17412 ± 3,02 Ab
<b>G5</b>	61,90993 ± 6,57 Ba	32,15764 ± 3,12 Bb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

### 5.3 Erosão x Erosão-abrasão

#### 5.3.1 Perda de superfície (PS)

Na comparação entre desafios, a perda de superfície na dentina, ocasionada pelo desafio erosivo, foi estatisticamente diferente e superior em relação ao desgaste ocasionado pelo desafio erosivo-abrasivo (quando a escovação esteve presente) (Tabela 5.15).

Para o material restaurador, não houve diferença estatística entre os valores de perda de superfície entre os diferentes desafios (Tabela 5.16).

A relação Erosão x Erosão-abrasão da perda de superfície da dentina e do material restaurador, está graficamente representada no Gráfico 5.1 e no Gráfico 5.2, respectivamente.

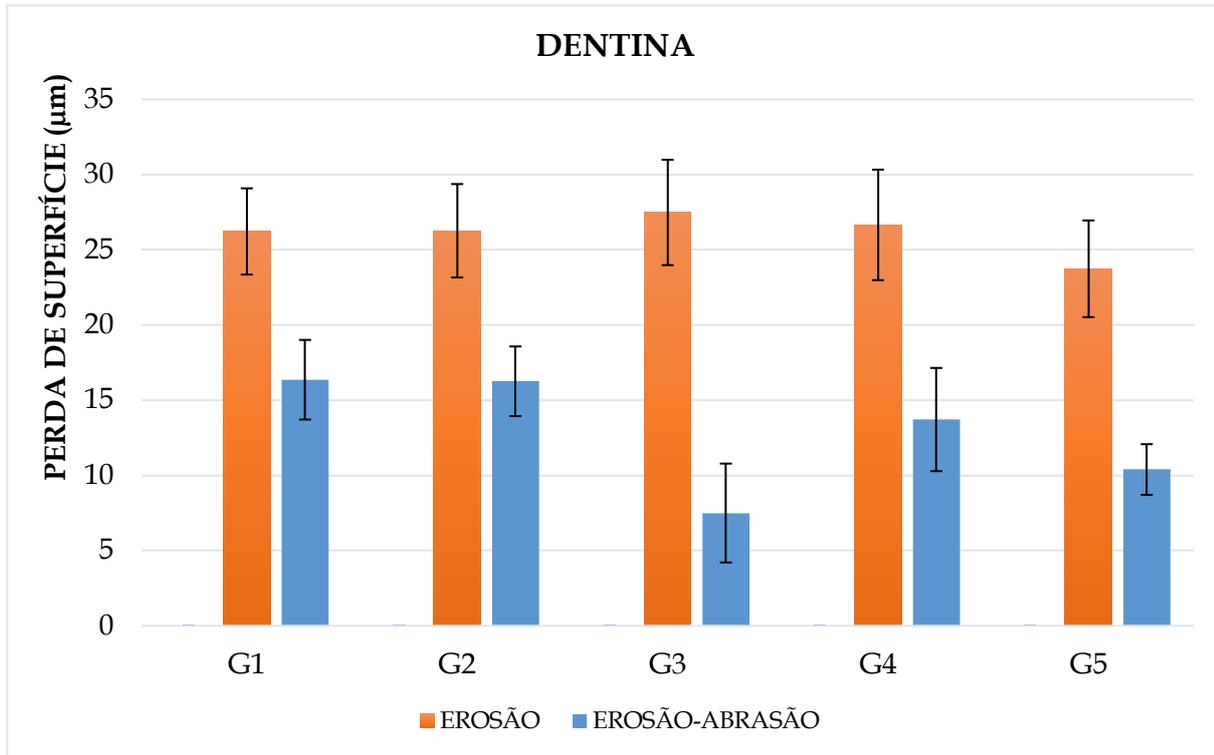
Tabela 5.15 – Comparação da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios

DENTINA		
GRUPO	EROSÃO	EROSÃO-ABRASÃO
<b>G1</b>	26,21931 $\pm$ 2,86 ABa	16,36119 $\pm$ 2,64 Ab
<b>G2</b>	26,26557 $\pm$ 3,10 ABa	16,25665 $\pm$ 2,31 Ab
<b>G3</b>	27,48161 $\pm$ 3,50 Aa	7,49745 $\pm$ 3,28 Bb
<b>G4</b>	26,65344 $\pm$ 3,67 ABa	13,71321 $\pm$ 3,43 Ab
<b>G5</b>	23,73672 $\pm$ 3,21 Ba	10,39171 $\pm$ 1,68 Cb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.1 – Relação da perda de superfície na dentina entre desafios



Fonte: A autora.

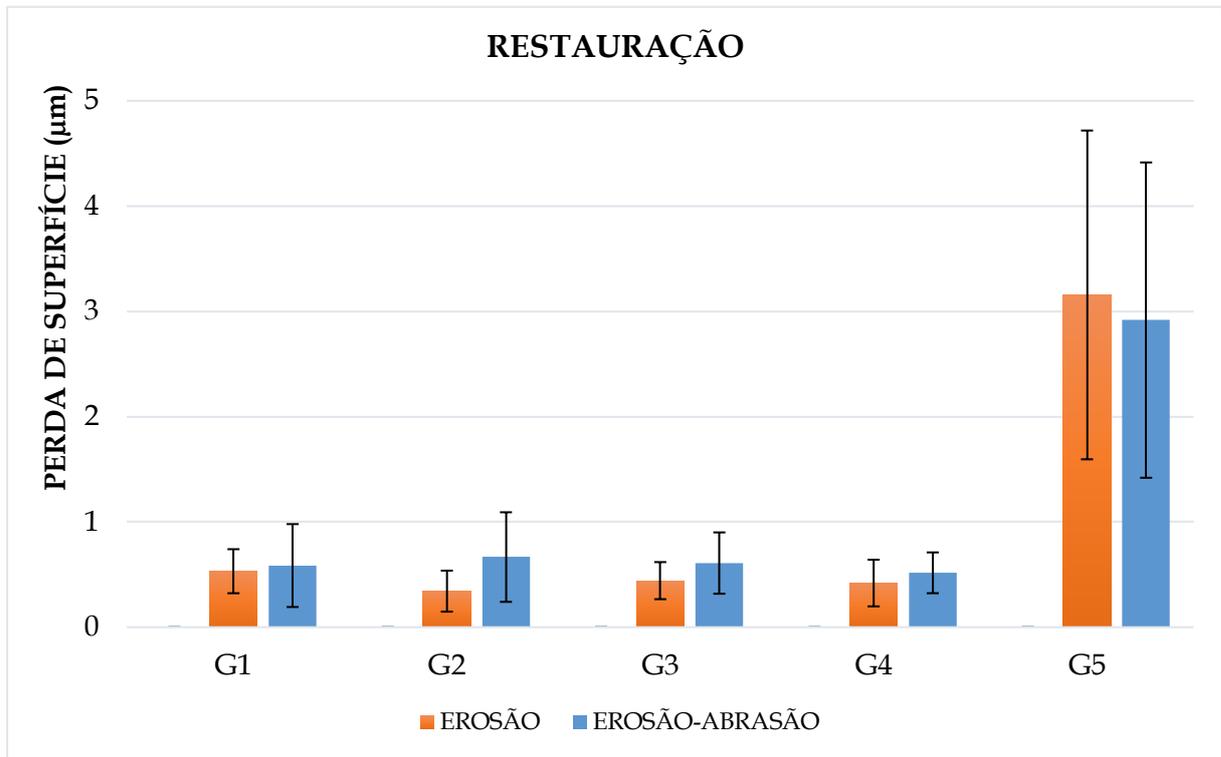
Tabela 5.16 – Comparação da perda de superfície (µm) do material restaurador entre desafios

RESTAURAÇÃO		
GRUPO	EROSÃO	EROSÃO-ABRASÃO
<b>G1</b>	0,53189 ± 0,20 Aa	0,58559 ± 0,39 Aa
<b>G2</b>	0,34246 ± 0,19 Aa	0,66641 ± 0,42 Aa
<b>G3</b>	0,44221 ± 0,17 Aa	0,60919 ± 0,29 Aa
<b>G4</b>	0,41935 ± 0,22 Aa	0,5167 ± 0,19 Aa
<b>G5</b>	3,15625 ± 1,56 Ba	2,91687 ± 1,49 Ba

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.2 – Relação da perda de superfície no material restaurador entre desafios



Fonte: A autora.

### 5.3.2 Rugosidade superficial (RS)

Na presença da escovação, desafio erosivo-abrasivo, a rugosidade superficial da dentina adjacente aos materiais restauradores do G1 ( $0,61921 \pm 0,10$ ) e do G2 ( $0,66581 \pm 0,14$ ) foi menor e estatisticamente diferente do desafio erosivo. Não houve diferença na rugosidade da dentina entre os outros grupos e entre desafios (Tabela 5.17).

Na presença da escovação, desafio erosivo-abrasivo, a RS do material restaurador de G5 ( $2,96501 \pm 0,76$ ) foi maior e estatisticamente diferente do desafio erosivo. Os demais grupos não apresentaram diferença na RS do material entre desafios (Tabela 5.18).

A relação Erosão x Erosão-abrasão da RS da dentina e do material restaurador, está graficamente representada no Gráfico 5.3 e no Gráfico 5.4, respectivamente.

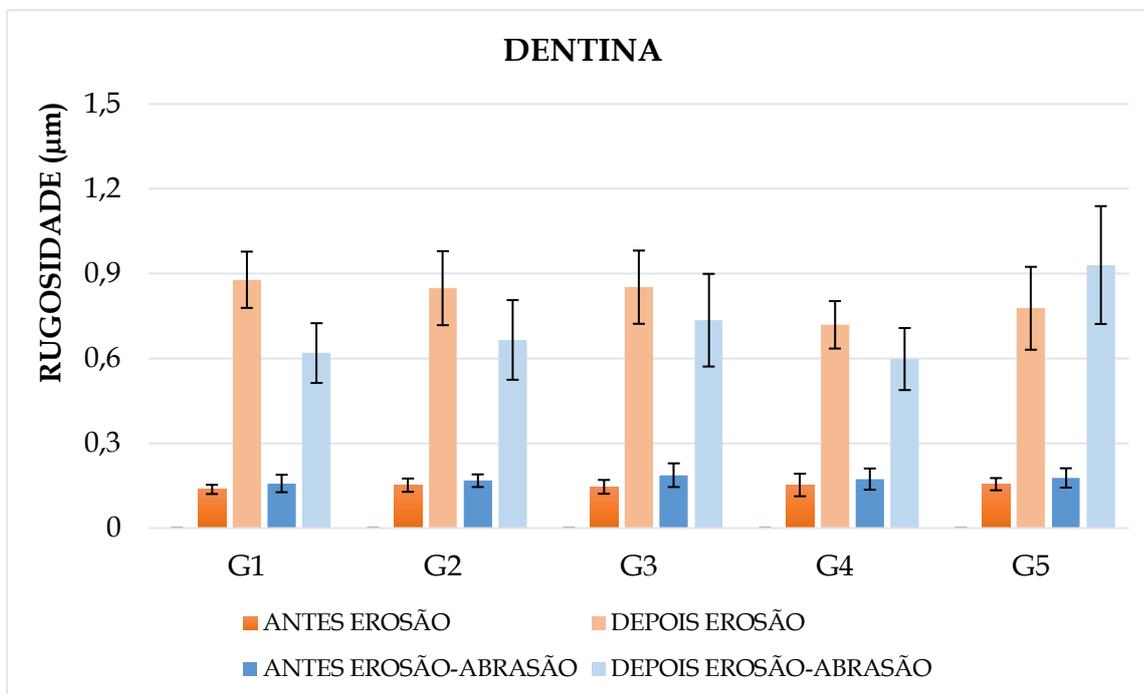
Tabela 5.17 – Comparação da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios

DENTINA		
GRUPO	EROSÃO	EROSÃO-ABRASÃO
G1	0,87843 $\pm$ 0,09 Aa	0,61921 $\pm$ 0,10 Ab
G2	0,84872 $\pm$ 0,13 ACa	0,66581 $\pm$ 0,14 ABb
G3	0,85227 $\pm$ 0,12 ACa	0,73545 $\pm$ 0,16 Ba
G4	0,71910 $\pm$ 0,08 Ba	0,59808 $\pm$ 0,10 Aa
G5	0,77753 $\pm$ 0,14 BCa	0,93048 $\pm$ 0,20 Ca

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.3 – Relação da rugosidade superficial na dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios, antes e depois



Fonte: A autora.

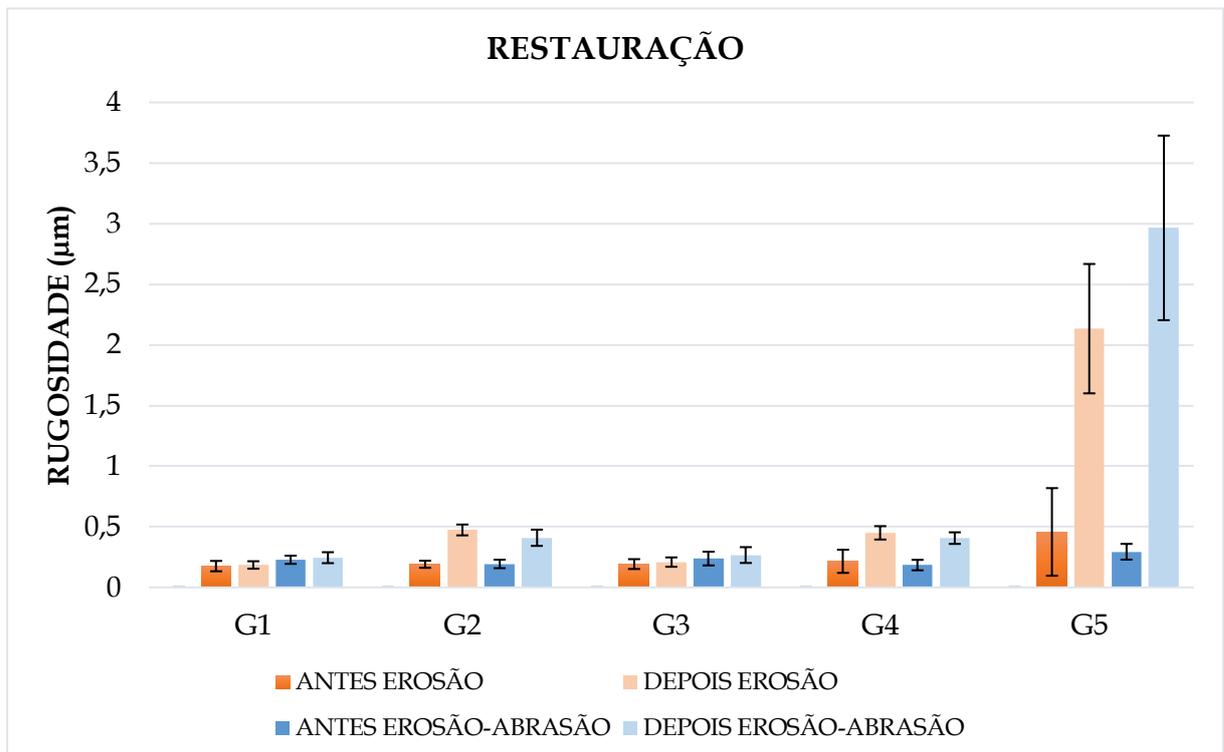
Tabela 5.18 – Comparação da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) do material restaurador entre desafios

RESTAURAÇÃO		
GRUPO	EROSÃO	EROSÃO-ABRASÃO
G1	0,18504 $\pm$ 0,03 Aa	0,24545 $\pm$ 0,04 Aa
G2	0,47393 $\pm$ 0,04 Ba	0,40955 $\pm$ 0,06 Aa
G3	0,20895 $\pm$ 0,03 Aa	0,26701 $\pm$ 0,06 Aa
G4	0,45019 $\pm$ 0,05 Ba	0,40659 $\pm$ 0,04 Aa
G5	2,13411 $\pm$ 0,53 Ca	2,96501 $\pm$ 0,76 Bb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.4 – Relação da rugosidade superficial no material restaurador entre desafios, antes e depois



Fonte: A autora.

### 5.3.3 Dureza superficial (HB)

A dureza superficial da dentina adjacente aos materiais restauradores do G3 (12,48412 ± 2,86) e G5 (17,09963 ± 2,96) foram maiores e diferentes estatisticamente para o desafio erosivo-abrasivo. Os demais grupos não apresentaram diferença estatística nos valores de dureza da dentina entre desafios (Tabela 5.19).

Devido ao tipo de adesão realizada pelo G5(\*), não houve formação de interface adesiva e, por isso, não foi possível calcular a dureza dessa região nesse grupo (Tabela 5.20). Não houve diferença estatística na dureza superficial da interface adesiva ou dos materiais restauradores entre desafios (Tabela 5.20 e Tabela 5.21).

A relação Erosão x Erosão-abrasão da dureza superficial da dentina, da interface adesiva e do material restaurador, está graficamente representada no Gráfico 5.5, no Gráfico 5,6 e no Gráfico 5.7, respectivamente.

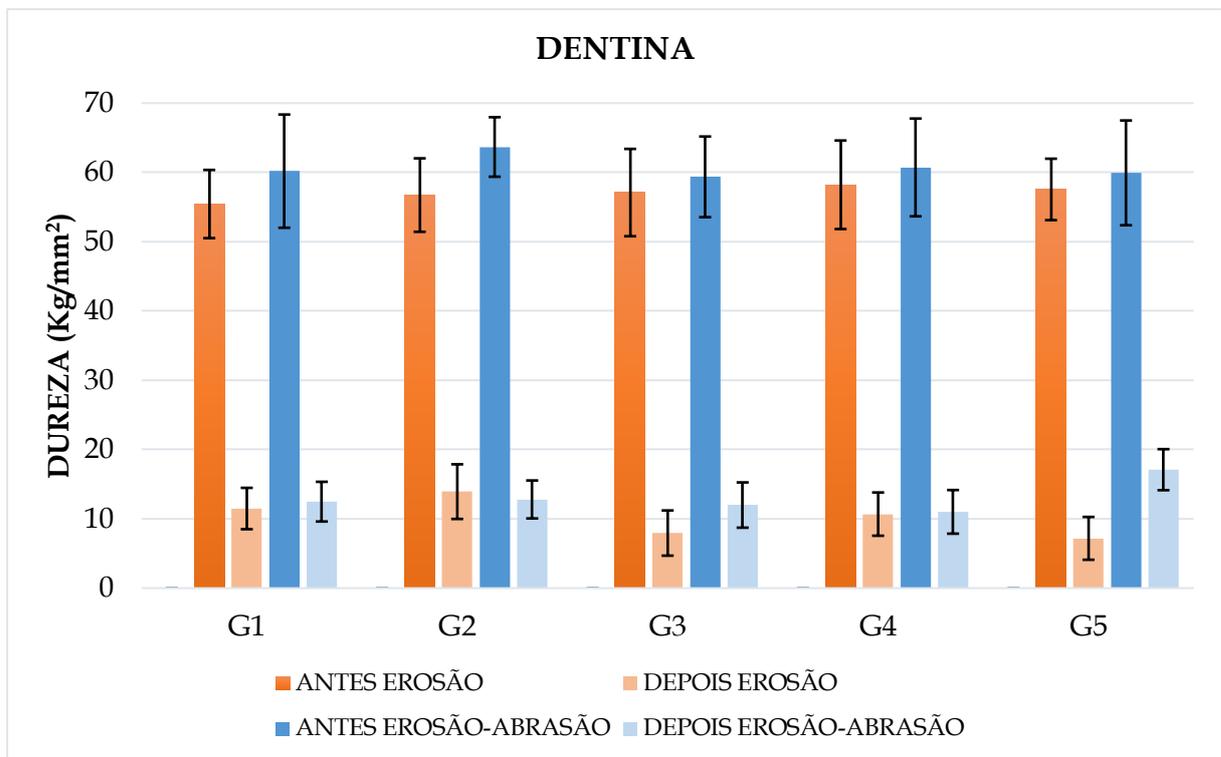
Tabela 5.19 – Comparação da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios

<b>DENTINA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>EROSÃO</b>	<b>EROSÃO-ABRASÃO</b>
<b>G1</b>	11,49175 ± 2,98 ABa	12,48412 ± 2,86 ABa
<b>G2</b>	13,93197 ± 3,94 Ba	12,79904 ± 2,74 ABa
<b>G3</b>	7,95085 ± 3,26 Aa	11,99425 ± 3,26 ABb
<b>G4</b>	10,68508 ± 3,12 ABa	11,01175 ± 3,14 Aa
<b>G5</b>	7,18716 ± 3,09 Aa	17,09963 ± 2,96 Bb

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.5 – Relação da dureza superficial na dentina adjacente aos materiais restauradores entre desafios, antes e depois



Fonte: A autora.

Tabela 5.20 – Comparação da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) da interface adesiva formada entre materiais restauradores e dentina entre desafios

<b>INTERFACE ADESIVA</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>EROSÃO</b>	<b>EROSÃO-ABRASÃO</b>
<b>G1</b>	22,33807 ± 3,25 Aa	24,59763 ± 2,29 Aa
<b>G2</b>	21,75639 ± 4,59 Aa	19,11783 ± 4,12 BCa
<b>G3</b>	22,64043 ± 4,26 Aa	21,31596 ± 2,81 Ba
<b>G4</b>	20,58577 ± 4,37 Aa	16,97627 ± 2,32 Ca
<b>G5</b>	*	*

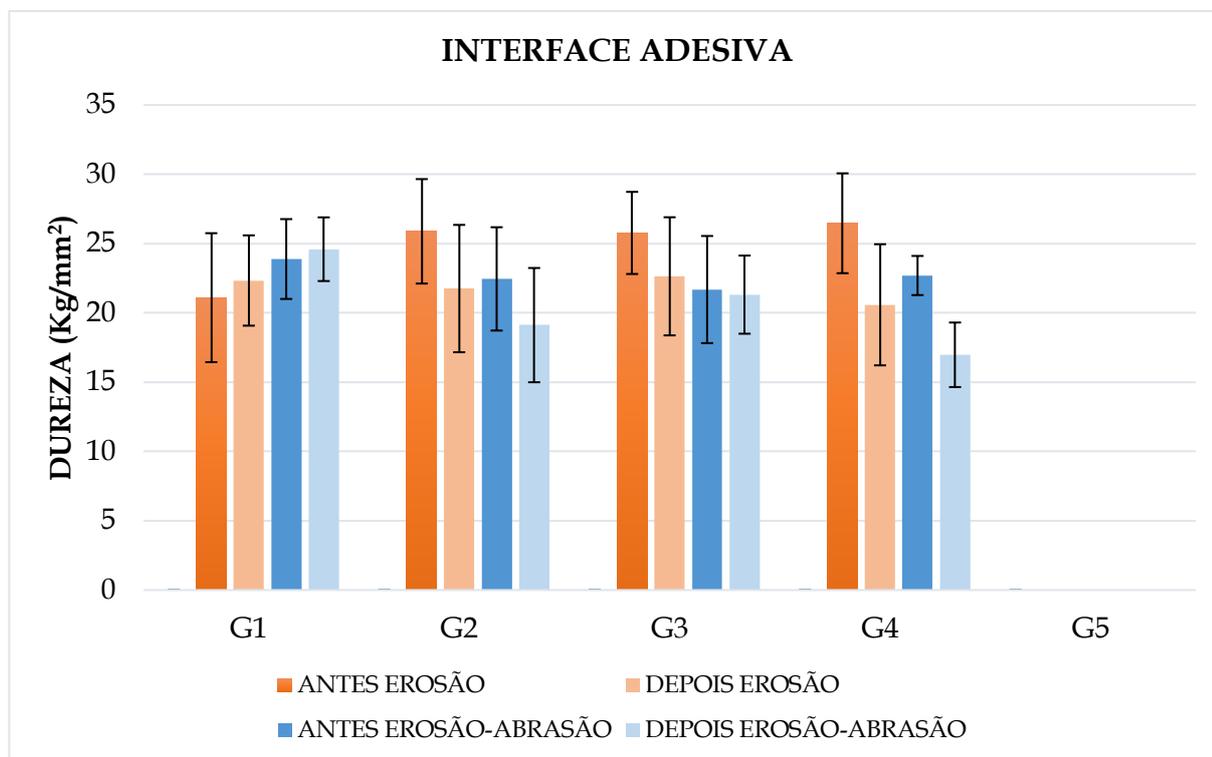
Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

\*Dureza superficial não realizada devido à ausência de interface adesiva no grupo.

Fonte: A autora.

Gráfico 5.6 – Relação da dureza superficial na interface adesiva formada pelos materiais restauradores e dentina entre desafios, antes e depois



Fonte: A autora.

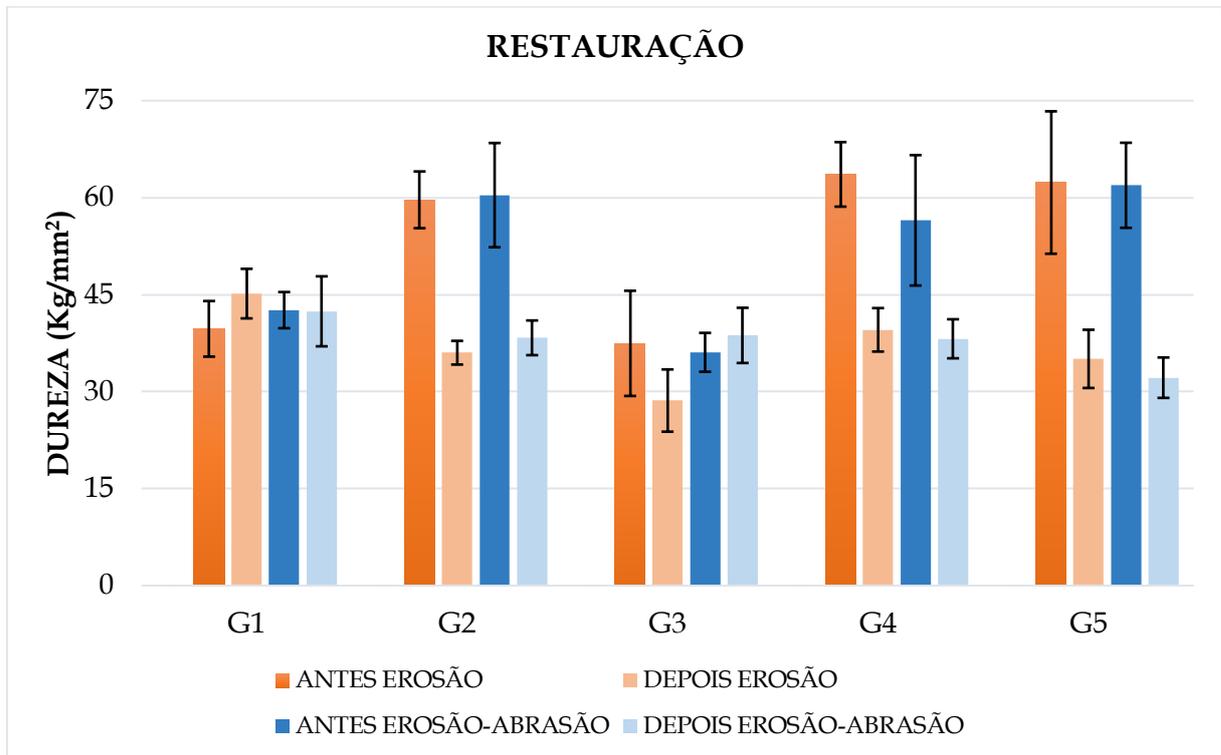
Tabela 5.21 – Comparação da dureza superficial (Kg/mm<sup>2</sup>) do material restaurador entre desafios

<b>RESTAURAÇÃO</b>		
<b>GRUPO</b>	<b>EROSÃO</b>	<b>EROSÃO-ABRASÃO</b>
<b>G1</b>	45,15984 ± 3,83 Aa	42,42045 ± 5,41 Aa
<b>G2</b>	36,01897 ± 1,83 Ba	38,32463 ± 2,68 Aa
<b>G3</b>	38,61976 ± 4,81 Ba	38,69813 ± 4,27Aa
<b>G4</b>	39,55764 ± 3,36 ABa	38,17412 ± 3,02 Aa
<b>G5</b>	35,0658 ± 4,50 Ba	32,15764 ± 3,12 Ba

Valores seguidos por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).  
Valores seguidos por letras minúsculas iguais, na mesma linha, não diferem estatisticamente ( $p=0.05$ ).

Fonte: A autora.

Gráfico 5.7 – Relação da dureza superficial no material restaurador entre desafios, antes e depois



Fonte: A autora.

## 5.4 Correlações

### 5.4.1 Propriedades

As propriedades foram correlacionadas entre si por meio do teste de correlação linear de Pearson nos diferentes desafios.

No desafio erosivo, observou-se forte correlação positiva ( $p = 0.00493$ ) entre a rugosidade superficial (RS) e a perda de superfície (PS) do material restaurador (Tabela 5.22 e Gráfico 5.8).

No desafio erosivo-abrasivo, observou-se forte correlação positiva ( $p = 0.0471$ ) entre a dureza superficial (HB) e a RS da dentina adjacente aos materiais

restauradores. Constatou-se também, forte correlação positiva ( $p = 4.65E-04$ ) entre a RS e a PS do material restaurador (Tabela 5.23, Gráfico 5.9 e Gráfico 5.10).

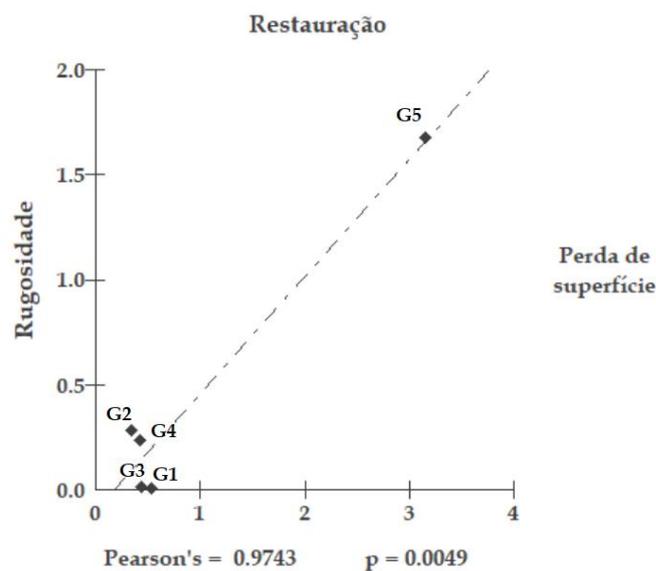
Tabela 5.22 – Análise da correlação entre propriedades no desafio erosivo

EROSÃO				
DENTINA			p	Pearson's
HB x RS	Não		-	-
HB x PS	Não		-	-
RS x PS	Não		-	-
RESTAURAÇÃO			p	Pearson's
HB x RS	Não		-	-
HB x PS	Não		-	-
RS x PS	Sim		0.00493	0.9743

PS: Perda de superfície; RS: rugosidade superficial; HB: Dureza superficial Berkovich;

Fonte: A autora.

Gráfico 5.8 – Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e perda de superfície do material restaurador no desafio erosivo



Fonte: A autora.

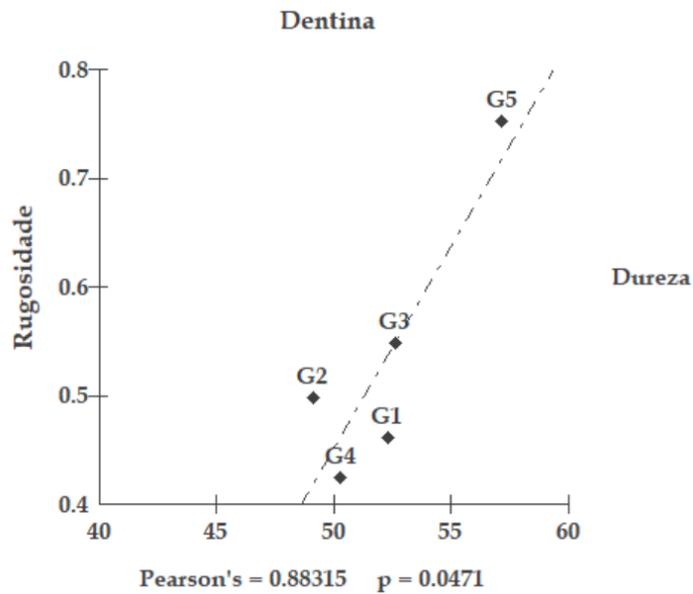
Tabela 5.23 – Análise da correlação entre propriedades no desafio erosivo-abrasivo

<b>EROSÃO-ABRASÃO</b>				
<b>DENTINA</b>			<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
HB x RS	Sim		0.0471	0.88315
HB x PS	Não		-	-
RS x PS	Não		-	-
<b>RESTAURAÇÃO</b>			<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
HB x PS	Não		-	-
HB x PS	Não		-	-
RS x PS	Sim		4.65E-04	0.99468

**PS: Perda de superfície; RS: rugosidade; HB: Dureza superficial Berkovich;**

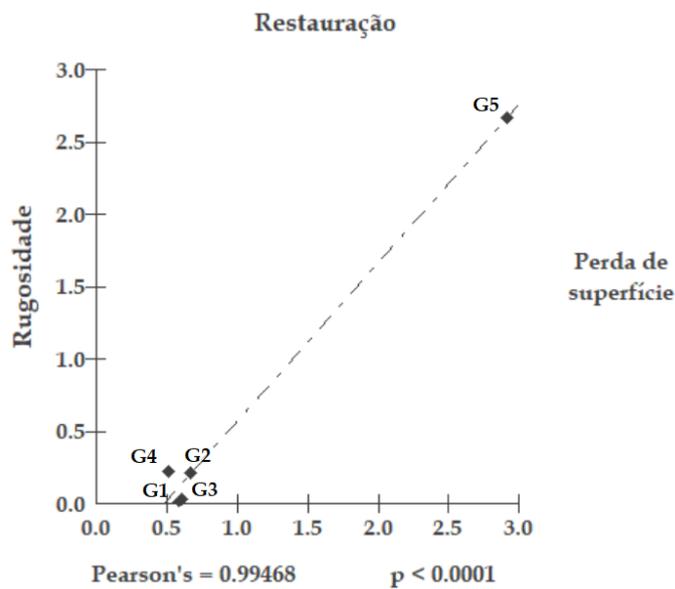
Fonte: A autora.

Gráfico 5.9 – Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e dureza superficial da dentina adjacente ao material restaurador no desafio erosivo-abrasivo



Fonte: A autora.

Gráfico 5.10 – Correlação linear de Pearson entre rugosidade superficial e perda de superfície do material restaurador no desafio erosivo-abrasivo



Fonte: A autora.

#### 5.4.2 Substratos

Os substratos foram correlacionados entre si por meio do teste de correlação linear de Pearson nos diferentes desafios.

No desafio erosivo, observou-se forte correlação negativa ( $p = 0.02$ ) entre a dentina e o material restaurador na perda de superfície (Tabela 5.24 e Gráfico 5.11).

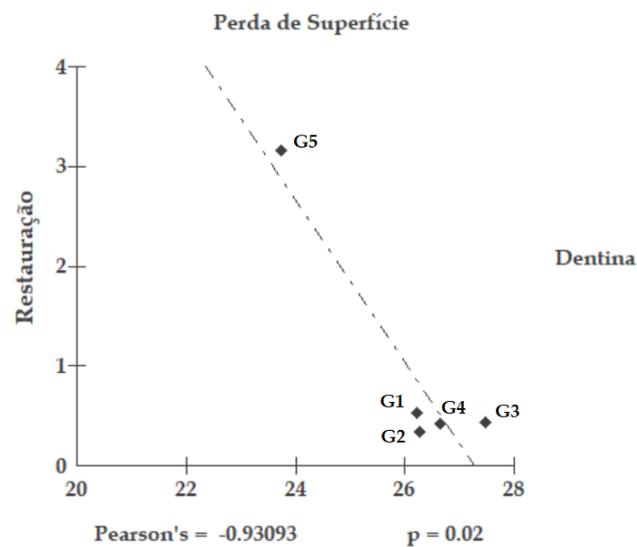
No desafio erosivo-abrasivo, constatou-se forte correlação positiva ( $p = 0.02792$ ) entre a dentina e o material restaurador na rugosidade superficial. Observou-se também forte correlação positiva ( $p = 0.03275$ ) entre a interface adesiva e o material restaurador na dureza superficial (Tabela 5.25, Gráfico 5.12 e Gráfico 5.13).

Tabela 5.24 – Análise da correlação entre substratos no desafio erosivo

<b>EROSÃO</b>			
<b>PERDA DE SUPERFÍCIE</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Restauração	Sim	0.02	-0.93093
<b>RUGOSIDADE SUPERFICIAL</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Restauração	Não	-	-
<b>DUREZA SUPERFICIAL</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Interface	Não	-	-
Dentina x Restauração	Não	-	-
Interface x Restauração	Não	-	-

Fonte: A autora.

Gráfico 5.11 – Correlação linear de Pearson entre material restaurador e dentina na perda de superfície no desafio erosivo



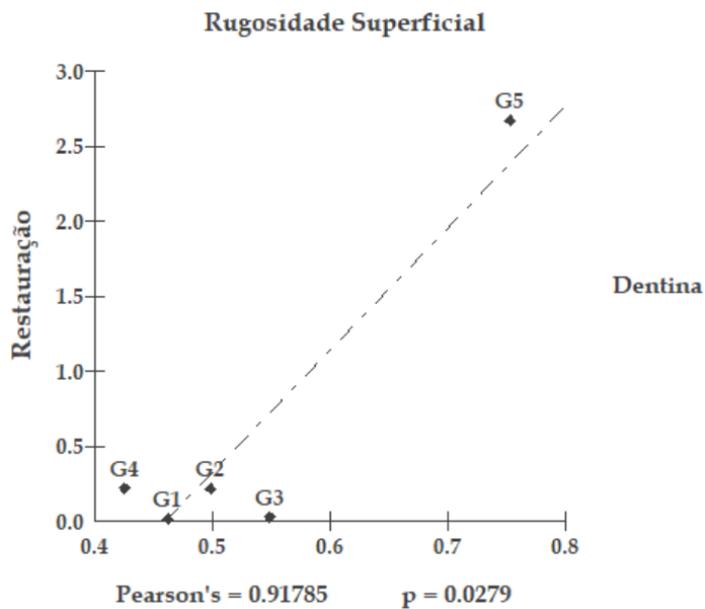
Fonte: A autora.

Tabela 5.25 – Análise da correlação entre substratos no desafio erosivo-abrasivo

<b>EROSÃO-ABRASÃO</b>			
<b>PERDA DE SUPERFÍCIE</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Restauração	Não	-	-
<b>RUGOSIDADE SUPERFICIAL</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Restauração	Sim	0.02792	0.91785
<b>DUREZA SUPERFICIAL</b>		<b>p</b>	<b>Pearson's</b>
Dentina x Interface	Não	-	-
Dentina x Restauração	Não	-	-
Interface x Restauração	Sim	0.03275	0.90852

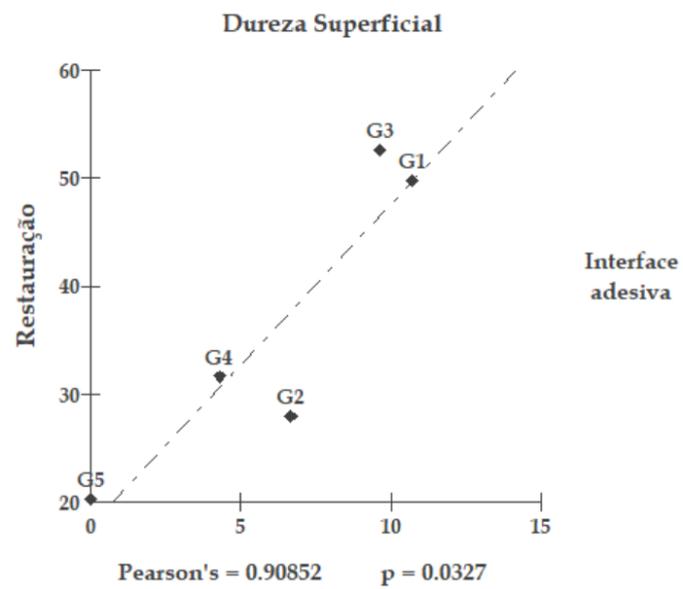
Fonte: A autora.

Gráfico 5.12 – Correlação linear de Pearson entre material restaurador e dentina adjacente ao sistema restaurador na rugosidade superficial no desafio erosivo-abrasivo



Fonte: A autora.

Gráfico 5.13 – Correlação linear de Pearson entre material restaurador e interface adesiva na dureza superficial no desafio erosivo-abrasivo



Fonte: A autora.



## 6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho foram analisados quanto a sua homocedasticidade e normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Após confirmação de que eram dados normais e homogêneos, decidiu-se realizar testes paramétricos para a análise estatística. Diante da quantidade de variáveis e quantidade de dados, optou-se por realizar os testes de análise de variância (ANOVA) dois fatores, complementado por teste de Tukey, com o valor de p fixado em 0.05 ou 5%. A análise estatística foi realizada entre materiais restauradores, substratos, desafios e propriedades. Ao final, a correlação entre propriedades, substratos e desafios também foi realizada por meio do teste de correlação linear de Pearson.

A análise da perda de superfície (PS) é importante, pois informa o quanto de estrutura superficial foi afetada e retirada de um substrato, após o seu contato com substâncias, erosivas ou abrasivas, pelo desgaste. Neste trabalho, após os desafios, a dentina adjacente aos materiais restauradores apresentou elevada PS (acima de 0.4  $\mu\text{m}$ ) (173) e nenhum material, seja ele bioativo ou não, foi capaz de protegê-la adequadamente frente aos desgastes. Esse resultado vai de encontro com outros estudos na literatura (167, 174-176) quando se compara ao desgaste erosivo e pode ser explicado pela severidade do desafio ácido (175), que agiu e progrediu rapidamente sobre a superfície dentinária e que impossibilitou os materiais de agirem de forma eficaz a curto prazo (177). Ainda, em estudo, Reis et al (178) confirmaram que a concentração do ácido cítrico tem grande influência sobre sua habilidade quelante na dentina e que o forte poder de inativar e remover íons, como o cálcio, por exemplo, foram encontrados em concentrações de ácido cítrico a 1% (pH 2,3), 5% (pH 2,0) e 10% (pH 1,8). Além disso, concluíram que a exposição dos túbulos dentinários foram proporcionais à concentração do ácido; que a completa remoção da smear layer aconteceu após 15s de exposição da superfície dentinária ao ácido cítrico, ainda que alguns túbulos permanecessem ocluídos; e evidenciaram que após 5 minutos de exposição, houve erosão peritubular com ácido cítrico 1% e aumento no diâmetro dos túbulos dentinários após 60s de exposição. Os túbulos, aparentemente, continuaram a enlanguescer pelo tempo aumentado da desmineralização. Breschi et al (179) e Marshall et al (180) concluíram que a habilidade que o ácido cítrico tem em

dissolver a fase mineral da dentina é inversamente proporcional ao pH do ácido, ou seja, quanto menor o seu pH, maior o seu potencial destrutivo; enquanto que Wiegand et al (181) concluíram que a perda dentinária aumenta com o fluxo de ácido presente no desafio e com o tempo de desmineralização (182). Esses fatores mencionados, possivelmente, estão relacionados com os resultados da PS dentinária encontrados no presente trabalho, quando o ácido cítrico agiu de forma isolada (desafio erosivo).

A dentina é um substrato menos duro que o esmalte e após um desafio ácido se torna mais delicada e susceptível à degradação. Era de se esperar que após o desafio erosivo-abrasivo, a ação mecânica da escova dental agisse de forma sinérgica e resultasse em maior desgaste dentinário (183). No entanto, os resultados do presente trabalho mostraram que na presença da escovação, houve menos desgaste. Sehmi e Olley (184) afirmaram que, sob força de 100 g, a escovação com cerdas macias tem benefício terapêutico contra o desgaste, pois diminui a abertura dos túbulos dentinários pela criação de uma nova *smear layer* (camada de esfregaço), conseqüentemente, há a oclusão desses túbulos pelo depósito de partículas provenientes desse esfregaço. Esse benefício foi visto antes e após desafio erosivo e provou limitar a ação do ácido e a degradação dentinária de forma agressiva, e é uma explicação plausível para os resultados desse trabalho, já que nenhum material agiu de maneira efetiva contra a degradação dentinária e a dentina adjacente a materiais restauradores bioativos não demonstrou diferença estatística com os outros materiais. Ganss et al (185) também confirmaram que sob condições erosivas extremas, nem a perda total mineral e nem as perdas espaciais da dentina mineralizada são significativamente aumentadas após escovação, e a perda é invariável quanto a força aplicada na escovação. Além disso, a matriz orgânica desmineralizada da dentina se mostrou surpreendentemente resistente aos impactos mecânicos, apesar de ter sido comprimida por elevadas cargas de escovação, e também sugeriram que as atuais metodologias envolvendo experimentos de erosão/abrasão deveriam ser cuidadosamente avaliadas e reconsideradas.

Outra explicação pode estar relacionada com a ação limitada do ácido cítrico sobre a porção orgânica da dentina, onde o ácido dissolve rapidamente o conteúdo mineral, mas a porção de colágeno é pouco afetada (186). O resultado é uma perda estrutural não uniforme e não densa da camada mineral e a permanência do conteúdo orgânico no mesmo nível do tecido hígido original (pelo tempo que permanecer

hidratada). Essa zona de matriz orgânica, chamada de zona de interdifusão, é composta por túbulos completamente ou parcialmente afetados pelo ácido e se estende até uma matriz intertubular completamente mineralizada (56, 179, 186). Ao atingir determinada espessura, essa zona passa a controlar por difusão todos os processos químicos e a troca de substâncias entre superfície dentinária e o meio (187). Dessa forma, a troca entre íons do ácido e da matriz orgânica é diminuída e acontece apenas por difusão entre os poros das fibras de colágeno dentro da camada desmineralizada. Além dessa dificuldade, a desmineralização da camada orgânica a torna resistente ao ácido e frente à escovação pode ser modificada pela nova formação da camada de esfregaço e ser comprimida pelas forças da escovação (185, 188, 189). Ainda, os agentes/materiais adjacentes à dentina, que poderiam atuar diretamente na prevenção do desgaste, só vão agir por meio da via orgânica (zona de interdifusão) ou pela precipitação inorgânica e quando depositados na dentina, podem ser facilmente removidos por consequentes desafios químicos ou mecânicos (186).

O cimento de ionômero de vidro (CIV), material de escolha para o controle da bioatividade nesse trabalho, é um material que aumenta a sua solubilidade na presença de ácidos, principalmente o ácido cítrico, e que, por causa das partículas de vidro, apresenta alta reatividade e maior difusão de íons (190). Nesse sentido, seria o material que representaria os melhores efeitos protetores contra o desgaste da dentina. No entanto, não houve valores significativos que representassem essa efetividade e a proteção exercida pelo material não foi suficiente para evitar que o desgaste acontecesse em menores proporções.

Os valores de PS dentinária, após erosão e erosão-abrasão, foram mais associados à ação limitante do ácido cítrico na matriz orgânica da dentina e pela consecutiva ação da escova dental, do que pela bioatividade dos materiais (BEA, RIVA e FLB), já que a PS foi semelhante para todos os grupos. Vale ressaltar que houve uma diferença notória entre os valores de PS dentinária entre os desafios em G3. Esperava-se que esse grupo apresentasse médias semelhantes aos outros. No entanto, a sua média foi inferior e atualmente não há explicação para tal resultado. Possivelmente, já que se refere a um substrato complexo – dentina, um ensaio microscópico ou um novo estudo, nas mesmas condições e metodologia, poderiam ser feitos para investigar e certificar esse achado.

Clinicamente, o desgaste do substrato dentinário acarreta em exposição dos túbulos dentinários e, em decorrência dessa exposição, sintomas de hipersensibilidade dentinária podem surgir ao menor contato superficial da dentina com substâncias irritativas (191).

Após os desafios erosivo e erosivo-abrasivo, a PS dos materiais restauradores foi semelhante entre desafios e entre os grupos, exceto para o RIVA (PS superior a 2  $\mu\text{m}$ ). O CIV é hidroliticamente instável (192) e ganha estabilidade de massa após um período de tempo de sua polimerização inicial, pela absorção de água proveniente do meio, quando atinge um platô. Porém, a mesma alta reatividade ao ácido cítrico, que permite a facilidade de liberação dos íons bioativos desse material, também proporcionam a perda de massa (190). Em conjunto, o ganho e perda de massa, ocasionados por esses processos – absorção de água e alta reatividade ao meio – proporcionam inadequadas propriedades mecânicas, maior lixiviação e dissolução dos componentes desse material e, conseqüentemente, maior degradação superficial. (177). A erosão e abrasão tem efeito sinérgico sobre a PS do CIV e modificam as suas características químicas e morfológicas (193). Os resultados mostraram que quanto maior a PS, maior o desgaste e degradação da superfície do material.

Frente aos desafios, o *giomer* apresentou comportamento de PS similar à resina composta e isso pode ser atribuído ao alto conteúdo de partículas de carga presente nos dois materiais (BEA: 83.3% p/p; AMA: 80% p/p), que conferiram melhores propriedades contra o desgaste (194, 195). Além disso, materiais que possuem uma matriz resinosa possuem uma relação linear entre a resistência ao desgaste por ácidos e o volume de partículas presentes na sua composição (177, 196, 197). Frente ao intenso desgaste abrasivo, materiais resinosos podem apresentar desgaste da matriz polimérica e a perda de partículas de carga (177, 198, 199), porém, poucas escovações foram feitas nesse trabalho (ao todo, os ciclos equivaleram a 15 escovações) e essa quantidade pode ter sido insuficiente para danificar a matriz resinosa desses materiais (198). Adicionado a isso, a superfície do material bioativo BEA pode ter sido favorecido pela intrínseca presença de partículas S-PRG, que reduziram os efeitos dos desafios na superfície do próprio material (177).

Nos materiais bioativos, é natural que ocorra a sua degradação superficial em consequência da liberação dos seus componentes bioativos para o meio. Quanto mais desafiador o meio, mais o material bioativo está disposto a liberar seus componentes

e íons por dissolução periférica da matriz de partículas de vidro, que resultam na dissolução e degradação do material (195).

A rugosidade superficial (RS) está diretamente relacionada com a topografia, lisura e o polimento superficial do substrato/material, e na sua propensão em acumular biofilme, pigmentar e adquirir adequadas propriedades mecânicas. Quanto mais rugosa é a superfície, mais ranhuras e irregularidades haverá e maior será a sua predisposição à degradação (192, 200 - 206).

Após os desafios, a RS da dentina adjacente a todos os materiais restauradores aumentou consideravelmente. Bollen et al. (207) consideraram que uma superfície com médias Ra acima de 0.2  $\mu\text{m}$  possui rugosidade altamente propícia para colonização bacteriana e consequente degradação, pois, devido ao aumento das irregularidades superficiais, o material/substrato está sujeito ao aumento significativo da adesão bacteriana, a maturação do biofilme e a acidez, aumentando o risco de cárie e da degradação (192). Além disso, o aumento da rugosidade pode ser responsável pelo manchamento, levando à pobre estética do substrato (205) e pelo aumento nas alterações de cor do material, em decorrência da reflexão da luz, que torna a superfície do substrato dental/material mais opaca. Essa opacidade pode ser bem vista quando o valor de Ra está acima de 1  $\mu\text{m}$  (208). No presente trabalho, os valores de RS da dentina adjacente foram todos superiores a 0.5  $\mu\text{m}$  e dos materiais restauradores acima de 0.2  $\mu\text{m}$ , após ambos os desafios, indicando que os desafios promoveram mudanças na topografia dos dois substratos.

Contudo, após o desafio erosivo, interessante, observou-se que a dentina adjacente ao sistema restaurador composto por materiais sem bioatividade (G1 = AMA + CFB) apresentou maior RS, enquanto que a que estava adjacente aos materiais restauradores de maior bioatividade (G4 = BEA +FLB e G5 = RIVA), apresentou menor RS. Diante desse resultado, pode-se dizer que, apesar de não terem sido capazes de inibir o desgaste erosivo na dentina adjacente às margens da restauração (177), os materiais bioativos ainda demonstraram pequeno efeito sobre a rugosidade dentinária após desafio erosivo. Porém, na presença da escovação, os menores valores de RS dentinária foram atribuídos aos materiais resinosos, enquanto que o RIVA apresentou maior RS. Esse resultado pode estar relacionado com o fato de que a RS foi analisada nas proximidades da camada adesiva e que, por isso, pela criação de uma camada adesiva mais resistente, devido a utilização de materiais

resinosos (AMA, CFB, BEA e FLB) e menos hidrolíticos, a dentina dessa região apresentou melhores propriedades mecânicas e melhor resistência ao desgaste abrasivo (209-211), conseqüentemente, menor RS. Ainda, esse resultado pode refletir na provável falta de liberação e deposição de íons bioativos do CIV na dentina, possivelmente ocasionada pela agressividade do desgaste mecânico, pelas baixas propriedades mecânicas do material e pela incapacidade de providenciar proteção dentinária adequada (175, 212, 213).

Após desafio erosivo-abrasivo, as RS das dentinas adjacentes a G1 e a G3 foram estatisticamente diferentes, levando a crer que devido a presença da escovação, a existência e a proximidade do sistema adesivo bioativo FLB no G3, a RS dentinária desse grupo foi influenciada pela bioatividade do material adesivo e não da resina composta (semelhante nos dois grupos).

No material, a RS promovida pela ação isolada do ácido cítrico foi semelhante à promovida pela ação conjunta do ácido com a escova dental, exceto para o RIVA, que ocasionou maior RS. Novamente, os altos valores do material ionomérico refletem nas baixas propriedades mecânicas apresentadas por esse material e, conseqüentemente, na sua elevada degradação em frente aos desafios químicos e abrasivos sugeridos nesse trabalho. Antes da aplicação dos desafios, o material ionomérico já apresentava elevada rugosidade. Como padronização do estudo, todos os materiais foram polidos pela mesma técnica, no entanto, Warren et al. (208) e Bala et al. (214) afirmam que os métodos convencionais de polimento, ou que simulem os mesmos, deveriam ser evitados nos materiais híbridos e em cimentos de ionômero de vidro, pois, diante do tamanho das partículas de vidro presentes nesses materiais, há a maior chance de aumentar a sua rugosidade e a degradação superficial. Geiger et al. (204) também estão de acordo que nenhum polimento é efetivo na superfície do CIV, mas sugerem que o mesmo seja realizado com o uso de discos de diferentes granulações e com o uso do ácido poliacrílico, como agente ativo, ocasionando um polimento efetivo na superfície desse material.

O comportamento das propriedades do material, frente aos desafios, é inerente ao material e está diretamente relacionado com a sua composição. A composição tem natureza heterogênea, tal qual, tamanho, tipo e formato de partículas, qualidade e quantidade de componentes orgânicos, existência e tipo de agente de união e sistema de polimerização (192, 194, 198, 199, 215). Diante dos resultados de RS, a resina

composta, AMA, demonstrou melhor estabilidade, apresentando valores semelhantes antes e depois dos desafios, indicando menor degradação superficial. Isso pode ser explicado pela composição, pela ausência de bioatividade e pelo alto conteúdo de carga, que aumentou a sua resistência.

O material do tipo *giomer* (BEA), após os dois desafios, apresentou elevada RS. Ainda que tendo uma matriz resinosa, o *giomer* é um material híbrido e bioativo, e para que seus íons sejam eficazes e cumprir com o propósito bioativo, a sua matriz é formulada para liberar mais facilmente esses íons. Por causa de sua composição química, porosidade e o efeito dos desafios nos diferentes componentes químicos, a sua superfície é menos resistente e mais degradável do que uma resina composta, porém mais resistente do que a de um CIV (194, 216). No *giomer*, as partículas de vidro ou quartzo não são aplicadas de forma pura ou no tamanho típico (0.01 – 5 µm) dentro do material, e sim são partículas derivadas da completa ou da parcial (*fully* ou *surface pre-reacted glass*) reação superficial com o vidro (S-PRG) reagido com íons de fácil lixiviação e ácidos polialquenoícos em água. As partículas S-PRG, assim como o CIV, são liberadas pela exposição ao pH baixo e modulam o efeito ácido das soluções no meio, porém são relativamente mais estáveis. Quando as partículas entram em contato com a solução ácida, o baixo pH afeta o material híbrido, o material absorve água e permite que a matriz resinosa aumente de volume, ocasionando estresse. Esse estresse promove a liberação das partículas S-PRG pela completa desunião dessas partículas superficiais com a matriz resinosa. A lixiviação das partículas ocasiona um vazio e espaçamento na matriz resinosa principal, ocasionando irregularidades na superfície do material, conseqüentemente, aumentando a RS (194, 217).

O CIV é um material extremamente sensível à umidade, com baixa resistência mecânica e baixa resistência ao desgaste, e que, por isso, é um material menos duradouro na cavidade oral. A elevada RS apresentada pelo RIVA pode estar relacionada com a combinação de fatores que incluem as características da matriz, a absorção de água, o tamanho e a razão das partículas inorgânicas de vidro, a formação de bolhas de ar durante a mistura e inserção do material na cavidade, e a exposição das partículas, que, por serem grandes, estão mais predispostas a serem removidas pela ação isolada e sinérgica dos desafios erosivo e abrasivo (192, 199, 211, 218, 219).

A dureza superficial (HB) de um material está relacionada diretamente com a sua resistência ao desgaste. Valores mais altos de HB expressam maior resistência superficial (220). Antes dos desafios, a HB da dentina adjacente aos materiais restauradores foi semelhante para todos os grupos e desafios. Após os desafios, erosivo e erosivo-abrasivo, a HB dentinária de todos os grupos diminuiu excessivamente, apresentou valores semelhantes e muito baixos, indicando que nenhum material foi capaz de agir ou reverter os efeitos dos desafios sobre a dentina (167, 177, 221). A absorção dos íons pela dentina está relacionada com o potencial de liberação de íons bioativos pelo material restaurador. Quanto maior essa liberação, mais íons podem ser absorvidos pela dentina mineral (222). Porventura, a severidade dos desafios e o curto período de tempo de análise tenham dificultado a visualização da eficiência dos materiais bioativos sobre a dentina adjacente. No caso do *giomer*, os componentes bioativos estão imersos em uma matriz polimérica, fato que diminuiu a sua solubilidade e que, talvez, para esse material, controle a liberação das partículas bioativas, sendo mais eficiente à longo prazo (222). Essa demora na liberação das partículas bioativas pode ser uma habilidade e benefício que o *giomer* apresenta para com a dentina adjacente à restauração, pois essa lenta liberação da bioatividade – de 1.5 a 4 vezes menor que a liberação ocasionada pelo CIV –, poderá acontecer por maiores períodos e aumentar o poder de inibição da cárie por mais tempo (218, 223).

Outra explicação para a baixa HB da dentina está relacionada com a taxa de dissolução do ácido na dentina e com a manutenção da matriz orgânica, que, provavelmente, aumentou de espessura com a diminuição do pH e controlou a troca de substâncias entre os meios, por meio da difusão, como já explicado anteriormente. A efetividade dos íons bioativos, na prevenção contra a desmineralização da dentina, depende essencialmente da presença de uma camada superficial de matriz orgânica desmineralizada para retenção e difusão dos íons pela estrutura e acúmulo no tecido a ser remineralizado (224, 225).

Nesse trabalho, os materiais restauradores, principalmente o sistema adesivo, estão posicionados na camada adesiva e estão em íntimo contato com a dentina. Esperava-se que, por essa proximidade, a ação da bioatividade dos materiais fosse melhor vista pela propriedade da HB nessa região. Porém, tal resultado não foi confirmado. Kawai et al. (222) realizaram uma biópsia de abrasão em dentina para determinar a absorção de fluoretos de três materiais restauradores contendo flúor, e

observou que a maior quantidade de íons bioativos liberados pelo material não é penetrada diretamente na dentina, mas é liberada na saliva artificial e depois absorvida, por difusão, pelo substrato. Apesar de relatarem formação de uma camada superficial ácido resistente na dentina, devido a liberação de altas concentrações de flúor pelos materiais bioativos, no presente trabalho não foi possível observar tal ação, já que materiais bioativos e não bioativos demonstraram o mesmo comportamento em relação a dureza da dentina erodida e pressupôs-se que a bioatividade foi insuficiente para proteger a dentina, que o tempo de ação foi curto e que o desafio proposto tenha sido muito agressivo. A saliva artificial utilizada nesse trabalho foi designada, principalmente, para agir como agente remineralizador (174).

A interface adesiva dentinária é a região mais crítica do dente restaurador, pois uma interface pouco resistente, leva a falhas de adesão e infiltração da restauração, ocasionando completa degradação da margem, o desenvolvimento de lesões de cáries e, conseqüentemente, falha da restauração (226). Os resultados encontrados nesse trabalho demonstraram que, diante dos desafios, os materiais BEA e FLB, quando utilizados em conjunto para formação de um único sistema restaurador, apresentaram menor resistência ao desgaste. Enquanto que o uso combinado da resina AMA e do sistema adesivo CFB, ambos não bioativos, apresentaram melhor estabilidade de HB. Diante desse resultado, pode-se concluir que, devido às propriedades dos materiais resinosos que compuseram a interface adesiva dentinária, as mudanças na superfície dos materiais não bioativos foram menores e que o uso de um sistema restaurador não bioativo pode fornecer melhor performance da restauração, frente aos desafios, principalmente, ao erosivo-abrasivo (177, 198, 227).

Apesar de Kirsten et al (228) terem concluído que, após desafio cariogênico, sistemas adesivos bioativos foram capazes de aumentar a HB da dentina erodida ou estabilizar a HB da dentina original, em profundidades de 50  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$ , esse fato só foi possível devido ao tratamento diário realizado com solução fluoretada (0,05% NaF) e, assim, por causa da metodologia utilizada, esse resultado não pode representar ou ser comparado aos resultados encontrados no presente trabalho. Em seu trabalho, Chowdhury et al (229) concluíram que a aplicação de pelo menos duas camadas de novos sistemas adesivos autocondicionantes foram benéficas na resistência de união com a dentina, e que, esse resultado, podia ser reflexo de uma superior interação química, melhor remoção de solventes e de um infiltrado resinoso

melhorado do adesivo, ocasionando a otimização das propriedades mecânicas da interface dentina-resina. Talvez, a utilização dessa estratégia na metodologia do presente trabalho pudesse resultar em desempenhos superiores dos sistemas adesivos bioativos. No entanto, novos estudos deveriam ser desenvolvidos para comprovar tal suspeita.

O RIVA, devido sua adesão química, não foi capaz de fornecer uma interface adesiva adequada que proporcionasse valores reais de HB para possível comparação e, por isso, não foi possível realizar o ensaio de HB no G5.

Na restauração, os resultados de HB não foram diferentes com a ação isolada do ácido cítrico ou quando este esteve combinando com a ação da escova dental. Antes de cada desafio, os materiais bioativos, BEA e RIVA, apresentaram HB superiores ao material não bioativo AMA.

A alta HB do RIVA obtida inicialmente nesse trabalho, pode ter sido em consequência do recobrimento superficial realizado após a confecção do espécime, com objetivo de evitar a embebição por água, durante os 7 dias de armazenamento em umidade relativa, que aumentou a dureza desse material a curto prazo (230); e, possivelmente, pela reação estendida de ácido-base, proporcionada pela mistura entre pó e líquido do material (231). Essa reação, eventualmente, formou um complexo ácido-base fortalecido, que ultrapassou a fase de polimerização final e foi fundamental no aumento da propriedade de HB (232). Ainda que, eventualmente, o recobrimento superficial do RIVA tenha aumentado a sua HB inicial, o mesmo recobrimento foi indiferente na proteção à degradação superficial do material, pois, como visto nos resultados, as propriedades superficiais desse material foram as mais afetadas após os desafios. Apesar de Jafarpour et al. (233) terem considerado que o selamento superficial diminui a absorção de água e evita mudanças de coloração do material, o selante superficial do RIVA, composto por monômeros acrílicos, não foi capaz de proteger a superfície dentinária dos efeitos deletérios dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo, indicando que o recobrimento dessa classe de material por um selante é indiferente para com a proteção dentinária.

Assim como o CIV RIVA, o *giomer* BEA apresentou alta HB antes dos desafios, porém, após desafios, teve HB reduzida pela metade. Como relatado na literatura, apesar de as qualidades mecânicas e estéticas estarem mais parecidas com os

compósitos resinosos, a baixa HB atribuída ao *giomer* é esperada devido ao seu comportamento mais ionomérico, onde a alta susceptibilidade de sua matriz a ácidos fracos, a absorção de água e líquidos, que levam a lixiviação dos componentes da matriz resinosa e aparecimento de “vazios”, causam redução das propriedades mecânicas e da resistência ao desgaste (177, 196, 216, 218, 234, 235).

No CIV a alta lixiviação de suas partículas pode estar atribuída à densidade e distribuição dessas partículas na matriz, assim como, do insuficiente tratamento superficial (silanização) dado a elas, que aumentam a degradação do material (196). Quanto maiores e mais heterogêneas as partículas e maior distribuição delas pela matriz, maior a exposição da matriz orgânica do material ao meio, e, conseqüentemente, maior a liberação de partículas, maior permeabilidade e porosidade superficial do material, resultando em menor HB e resistência ao desgaste (215, 218).

A HB apresentada pelo material AMA foi semelhante antes e depois dos desafios propostos, indicando que esse material possuiu uma boa resistência ao desgaste frente aos desafios críticos, provavelmente, em consequência da sua composição e alto conteúdo de partículas de carga (236) e isso pode refletir nos resultados dos grupos G1 e G3, que apresentaram valores semelhantes de HB antes e depois dos desafios. A adição de partículas de carga ao compósito aumenta a resistência ao desgaste, porém essa resistência é melhor evidenciada quando há forte união entre a matriz resinosa e as partículas inorgânicas. Essa forte união, proporcionada pelo agente de união silano, adicionada ao alto percentual e melhor dispersão das partículas, resulta em melhores propriedades de HB e de resistência ao desgaste (236). Ainda, o desgaste do compósito resinoso pode resultar na degradação da matriz resinosa e na perda de partículas pela falta dessa união, que causa lixiviamento das partículas expostas e quebra da matriz resinosa (198). O tipo, o tamanho e a quantidade das partículas influenciam as propriedades e a qualidade do polimento superficial do material resinoso; a maior união entre partículas e matriz resinosa e o menor espaço entre as partículas inorgânicas, influenciam nas propriedades mecânicas, por exemplo, a HB (195, 237). Além disso, redução da HB dos compósitos resinosos tem sido atribuída ao amolecimento do monômero Bis-GMA por ácidos orgânicos, devido à lixiviação do agente diluente TEGDMA (195), no

entanto, tal fato não pôde ser avaliado no presente trabalho e, possivelmente, não influenciou na HB dos materiais AMA e CFB.

Surpreendentemente, após desafio erosivo, a HB do material AMA foi estatisticamente diferente entre G1 e G3, levando a crer que alguma alteração superficial aconteceu nesse material em G3 após desafio ácido. Porventura, a proximidade com um sistema adesivo bioativo modificou a superfície da resina AMA em G3 ou, durante o ensaio mecânico de HB, a IA se sobrepôs na região de indentação e, por isso, registrou valores menores de HB. Da mesma forma, antes do desafio erosivo-abrasivo, os valores de HB em G1 e G3 foram diferentes estatisticamente, indicando que o mesmo material restaurador (AMA) se comportou de maneira distinta nesses dois grupos. Como explicação, a autora deste trabalho também se vale da teoria de uma possível faixa sobrepôsida de IA ou de inadequada polimerização do material em G3, já que todos os materiais utilizados no trabalho procederam de um mesmo lote de fabricação. Diante dessas incertezas, essas limitações requerem maiores estudos que comprovem uma das teorias.

Quando comparamos a correlação entre propriedades – PS, RS e HB – em um mesmo substrato e entre desafios, observou-se que, após desafio erosivo, houve uma forte correlação positiva entre a RS e a PS do material restaurador, indicando que quando um material foi mais rugoso, maior foi a sua PS.

Durante os experimentos, observou-se que a superfície da restauração, principalmente nos materiais bioativos, e da dentina se tornaram opacas e perderam o brilho após exposição ao desafio erosivo. Esse fato pode ser explicado pelo aumento da perda e da rugosidade superficial dos substratos que alteraram a reflexão da luz (208). No entanto, essa opacidade foi menos vista após desafio erosivo-abrasivo, e supõe-se que, de certa forma, devido às cerdas da escova dental e à força aplicada na escovação, a superfície do espécime foi polida (184, 238).

Após desafio erosivo-abrasivo, observou-se forte correlação positiva entre a HB e a RS da dentina, indicando que quanto maior a HB da superfície da dentina, maior a RS, pressupondo que esse substrato apresentou maior a resistência ao desgaste. Esse resultado foi oposto ao esperado, acreditando-se que o aumento da rugosidade superficial dos substratos estivesse diretamente relacionado com a diminuição da dureza superficial. Pressupôs-se que, com base nos outros achados, o

achatamento das fibras de colágenos, ocasionados pelas cerdas da escova, pudessem planificar a superfície da dentina e, de certa forma, polir a superfície, ou seja, diminuir a RS, conseqüentemente, aumentando a HB. Com superfície mais plana e polida, o ensaio de HB se tornaria mais sensível e eficiente, já que uma superfície rugosa e com maiores acidentes, o indentador (ponteira) se torna instável e está sujeito a maiores falhas de leitura.

Nesse mesmo desafio, foi observada também a existência de uma forte correlação entre a PS e a RS da restauração, indicando que quanto maior a PS do material, maior foi a sua RS.

Na análise entre substratos (dentina, interface adesiva e restauração) em uma mesma propriedade mecânica e nos diferentes desafios, constatou-se que houve correlação negativa no desafio erosivo, na propriedade de PS, entre a dentina e a restauração. Essa correlação mostrou que quando a dentina apresentou menor PS, o material restaurador apresentou maior PS. Isso poderia estar relacionado com a degradação do material bioativo na proteção da dentina adjacente, por meio da liberação de íons (degradação do material) e da deposição dos componentes na superfície dentinária (proteção dentinária). No entanto, diante das mínimas evidências relatadas nesse trabalho, esses substratos devem ser melhor estudados para elucidação e confirmação dessa propriedade.

Na erosão-abrasão, a partir da correlação dos substratos numa mesma propriedade, foi possível observar que houve forte correlação positiva entre dentina e restauração na RS, indicando que quanto mais rugosa a superfície da restauração, mais rugosa foi a superfície dentinária. Ainda, na erosão-abrasão, houve correlação positiva entre a restauração e a interface adesiva na HB, indicando que quanto maior foi a HB da restauração, maior a HB da interface adesiva. Isso pode ser observado pelos resultados apresentados pelos grupos G1 e G3, compostos por materiais não bioativos e que apresentaram melhor desempenho e estabilidade de HB no material restaurador e na interface adesiva, antes e depois do desafio abrasivo. Essa correlação pode ser explicada pelo fato de que a interface adesiva é composta pelo sistema adesivo e pela resina composta, que formam uma região híbrida de união com a dentina e que selam e protegem a cavidade contra infiltrações. Conseqüentemente, quanto maior a HB dos materiais que compõem essa camada, maior a HB da própria camada.

As mudanças de hábitos alimentares, comportamentais e laborais da sociedade, refletem no crescente diagnóstico clínico do desgaste dental. Sabe-se que a principal causa do desgaste em dentes, hígidos ou restaurados, é o seu contato com substâncias ácidas e abrasivas, provenientes, principalmente, do alto consumo de alimentos mais ácidos, em conjunto com os hábitos parafuncionais, desordens alimentares e técnicas incorretas de escovação dental (191, 239, 240, 241).

O presente estudo *in vitro* utilizou dois modelos de desafios, um químico e um químico-mecânico (168), com intuito de simular uma condição severa de desgaste por erosão e erosão-abrasão, sobre a superfície de dentina humana e de diferentes materiais restauradores e sistemas adesivos, na tentativa de replicar a exposição de uma dentina restaurada em um ambiente bucal crítico e analisar o comportamento dos materiais restauradores, frente à agressão e na proteção dentinária.

No desafio erosivo, a imersão subsequente da dentina restaurada em solução de ácido cítrico 1% (pH 2,3), seis vezes ao dia, durante cinco dias consecutivos, objetivou representar uma condição clínica de elevada frequência de ingestão de substâncias ácidas, como, por exemplo, frutas, sucos de frutas, refrigerantes, bebidas isotônicas e energéticos (183, 194, 242, 243). Sabe-se que o ácido cítrico, fator etiológico da erosão, é um ácido orgânico que tem a capacidade de aumentar a dissolução do substrato dental à medida que aumenta a sua concentração no meio e que quanto menos espesso é esse substrato, maior a sua dissolução (187).

No desafio erosivo-abrasivo, o mesmo processo de imersão em ácido, seguido duas vezes de escovação dental, objetivou representar uma situação clínica mais exacerbada, com a presença de um agente mecânico (escova dental) que influenciasse no grau de desgaste superficial da dentina e do material restaurador após desafio ácido. As duas escovações sugeridas representavam o ciclo médio de escovações para higiene oral que uma pessoa poderia realizar diariamente (198). Ainda, neste desafio, para produção do *slurry*, utilizou-se um gel dental infantil não fluoretado. Dois motivos foram decisivos para essa escolha: a ausência de íons bioativos na composição, principalmente o flúor, e a baixa abrasividade, relatados pelo fabricante. Levando em conta que um dos objetivos do presente trabalho foi analisar a ação isolada da bioatividade de alguns materiais restauradores e a ação mecânica das cerdas da escova dental sobre a superfície dos substratos, então, seria ideal realizar o uso de um dentifrício que não fosse capaz de oferecer íons bioativos “extras”

para a possível recarga do material ou que não ocasionasse maior abrasividade superficial da dentina ou do material restaurador (244-246).

A dentina humana hígida foi utilizada neste trabalho em consequência da sua histologia, das propriedades mecânicas e da composição química e morfológica, que resultam em um tecido complexo, porém, que poderia responder mais facilmente aos desafios propostos e aos efeitos dos componentes liberados pelos materiais restauradores (183), resultando em conclusões mais claras antes e depois dos desafios (247). No entanto, o principal fator que direcionou a metodologia deste trabalho foi a necessidade de avaliar o comportamento de diferentes materiais restauradores, por sua integridade e capacidade de protegerem a dentina adjacente à restauração, na presença de diferentes desafios.

A cavidade dentinária confeccionada foi realizada numa profundidade de 2 mm, respeitando a espessura máxima de material restaurador por incremento, exigida pelos fabricantes, para correta polimerização do material e diminuição das tensões de polimerização (248). Sabe-se que um polímero ocupa menos volume que vários monômeros e que durante a polimerização – conversão dos monômeros em polímeros – a distância entre as cadeias monoméricas é reduzida enquanto as fracas forças de Van der Waals são convertidas em ligações covalentes. Durante essa conversão, a viscosidade gradual do material resinoso é aumentada e, durante o ponto gel e a vitrificação, há a perda da fluidez do material e a contração de polimerização. Após polimerização, as propriedades elásticas do material resinoso aumentam e qualquer novo movimento dentro da matriz resinosa, gera estresse de contração de polimerização. A consequência para esse estresse pode ser o descolamento da interface adesiva entre dente e material restaurador, resultando em falhas marginais (249, 250). O comprimento da cavidade foi padronizado em 4 mm, para que, ao partir o dente ao meio, as metades correspondessem a uma cavidade 2 x 2 mm e assim duplicasse o universo amostral. Devido ao tamanho da cavidade e espessura final da dentina, o uso de um paquímetro digital para averiguar as medidas não foi possível e, por isso, diante dessa limitação, fez-se o uso de uma sonda periodontal para confirmação dessas medidas.

O uso de uma ponta cilíndrica de extremidade plana foi preconizado para obtenção de uma cavidade sem ângulos internos vivos, que diminuíssem a ocorrência de maiores tensões de polimerização e falhas de selamento marginal durante a

fotoativação. A refrigeração do preparo cavitário foi realizada continuamente e a cada 5 cavidades preparadas, a ponta diamantada foi trocada, objetivando aumentar o poder de desgaste e diminuir o excesso de calor gerado pela própria ponta. O aquecimento excedente, gerado durante o preparo cavitário, pode ocasionar danos ao substrato dentinário e dificultar a adesão do material restaurador (251, 252).

Após confecção da cavidade, a lavagem final da dentina foi realizada com pasta de pedra pomes e água. Apesar da grande granulação apresentada por essa pasta, o uso da mesma é ideal na limpeza de cavidades a serem restauradas por materiais resinosos e que necessitam de uma região livre de oleosidades, para que não ocorram problemas com a adesão do material (253). Ao final do preparo, a lavagem do substrato foi realizada de forma abundante com água corrente, para que não ficassem vestígios de grânulos do pó da pasta que dificultassem a adesão do material.

Como mencionado, a dentina é um substrato complexo e devido a sua composição química e morfológica (majoritariamente orgânica e tubular, com uma intensa malha de colágeno tipo 1 e alta umidade), faz do procedimento adesivo uma etapa sensível da restauração. O excesso de umidade da dentina, decorrente dos tratamentos superficiais (aplicação do ácido) realizados previamente à aplicação do sistema adesivo, é um empecilho na adesão, pois a umidade excedente ocasionada pelos pré-tratamentos e aliada à umidade intertubular, interferem na infiltração do sistema adesivo e do envelopamento dos túbulos pelo material, conseqüentemente, impendem de que o adesivo se una adequadamente ao substrato dentinário, desenvolvendo uma camada híbrida adequada, aumentando as propriedades mecânicas do substrato e diminuindo a probabilidade da degradação hidrolítica dessa camada. O contrário, dentina extremamente seca, também é um problema e promove a exposição e o colapamento das fibras de colágenos, que agem como uma barreira física, dificultando a penetração do adesivo na dentina (254-256). No presente trabalho, devido à dificuldade de manutenção de um adequado grau de umidade da dentina, optou-se por não realizar o condicionamento ácido e fazer uso de sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos de forma ativa (257). Dessa forma, a técnica adesiva no substrato dentinário se tornou menos sensível e apta para a restauração.

As restaurações foram realizadas de acordo com as instruções fornecidas pelos fabricantes nas bulas dos materiais. A dentina foi restaurada e mantida em 100% de

umidade relativa por 7 dias, dentro de uma estufa a 37° C, até que o polimento fosse realizado. Esse período foi respeitado para permitir uma polimerização tardia que assegurasse uma maior conversão dos monômeros e, conseqüentemente, melhores propriedades mecânicas (31, 258, 259). A polimerização tardia acontece até que ocorra o endurecimento completo da matriz resinosa e os monômeros deixem de reagir. O endurecimento da matriz diminui a velocidade com que os monômeros se ligam a outros monômeros e se transformam em polímero. Essa velocidade é reduzida pelo fato que à medida que polímeros estão sendo formados e a matriz endurecendo, os monômeros não reagidos ficam aprisionados e incapazes de reagir com outros monômeros e formar a cadeia polimérica. Esses monômeros não reagidos ou livres são mais facilmente lixiviados da matriz resinosa, acarretando na degradação do material, piorando assim suas propriedades (260, 261).

O equipamento emissor de luz LED escolhido para fotoativação dos materiais restauradores foi um equipamento que apresentava ponteira com diâmetro de 11,7 mm (medida fornecida pelo fabricante, Valo™ Grand Cordless, Ultrandet®). Devido às características físicas e ao grande diâmetro da ponteira, esse equipamento fornece grande cobertura da restauração no momento da fotoativação, tem feixe de luz uniforme, emite irradiância e comprimento de luz adequados, que proporcionam melhores propriedades mecânicas dos materiais restauradores, como, por exemplo, a dureza superficial (262, 263). Diante das limitações, a intensidade de luz emitida pelo equipamento fotoativador foi avaliada periodicamente por radiômetro, a bateria foi recarregada a cada 15 espécimes confeccionados e a distância entre a ponteira e a superfície de topo do espécime foi padronizada em 2 mm (espessura aproximada de duas lamínulas de vidro sobre a superfície do espécime), assegurando que a técnica fotoativadora fosse a mesma para todos os grupos.

A perfilometria óptica é considerada um método padrão-ouro e não destrutivo para análise da PS e da RS de substratos dentais e de materiais restauradores (158). Nesse trabalho, as imagens bi e tridimensionais obtidas por meio do escaneamento superficial dos espécimes geraram um perfil superficial que, com ajuda do software do próprio perfilômetro, possibilitou a comparação entre diferentes áreas submetidas (ou não) aos desafios propostos. Ainda, valores numéricos fornecidos após análise detalhada das imagens, permitiram a comparação quantitativa dessas propriedades entre os grupos. O perfilômetro é um equipamento sensível e que não responde bem

ao excesso de água presente na superfície do espécime, devido à deflexão da luz, que não reflete satisfatoriamente a perda de superfície do substrato erodido (264). No entanto, os espécimes foram analisados sob umidade relativa, pois, para não interferir no resultado, a matriz de colágeno da dentina deveria permanecer adequada (264) e a superfície dos materiais bioativos, BEA e RIVA, apresentavam menor quantidade de ranhuras, já que quando os materiais estavam secos, essas ranhuras dificultavam a leitura, principalmente da rugosidade.

A análise da curvatura inicial dos espécimes pelo perfilômetro, possibilita a padronização e confirma o grau de planificação e polimento da superfície dos mesmos. Curvaturas acima de  $0.4 \mu\text{m}$  indicam que a superfície não está plana o suficiente para realização do teste de PS, onde as duas áreas protegidas devem ser comparadas e devem estar niveladas com a região central (desprotegida pela fita adesiva) (173). Neste trabalho, na análise da PS, o espécime ( $n=15$ ) foi escaneado uma única vez após os desafios, comparando a área de exposição (janela central) e as áreas adjacentes de referência (cobertas pelas fitas), após remoção das fitas adesivas (167, 168). Na análise da rugosidade superficial, o espécime ( $n=15$ ) foi escaneado 6 vezes (3 vezes na dentina e 3 vezes na restauração) e as áreas de escaneamento foram padronizadas em cada substrato e realizadas sempre na mesma região, possibilitando a comparação do antes e depois dos desafios (168).

O uso da nanoindentação para análise da dureza superficial de materiais restauradores e estruturas de pequena espessura é um método relativamente novo na Odontologia, mas que tem demonstrado sensibilidade, eficiência e precisão nos resultados obtidos (173). A força/carga aplicada por uma ponta triangular diamantada (Berkovich) calcula a resistência de penetração dessa ponta contra a superfície do material. A resistência fornecida é traduzida em valores numéricos de dureza superficial. Para cada espécime, 15 indentações foram realizadas (5 em dentina, 5 em interface adesiva e 5 em restauração). As indentações foram padronizadas em força/carga e tempo por substrato, distanciando  $50 \mu\text{m}$  (entre indentações e entre substratos) e possibilitou a comparação da mesma região antes e depois dos desafios (169-172). Sabe-se que uma distância acima de  $30 \mu\text{m}$  deve ser respeitada entre indentações no ensaio de nanodureza, permitindo que não haja interferência entre as marcações do indentador que resultem em erro no cálculo da dureza superficial final.

Dessa forma, uma distância segura de 50  $\mu\text{m}$  foi preconizada e padronizada entre as indentações de um mesmo substrato e entre substratos.

O ensaio de HB, embora realizado com grande dificuldade, foi executado na dentina erodida como forma de analisar os efeitos da bioatividade dos materiais restauradores na superfície desse substrato. Caso houvesse diferença significativa entre os resultados de HB entre as dentinas adjacentes aos diferentes materiais, e se observado uma maior dureza da dentina erodida nos grupos com materiais bioativos, nesse caso, o aumento dessa propriedade poderia ser correlacionado com a efetividade da bioatividade e proteção da dentina. No entanto, a dureza dentinária após desafios foi extremamente baixa e similar para todos os grupos, indicando que nenhum material conseguiu ser eficiente na proteção contra o ataque ácido e a escovação.

A investigação combinada dessas três propriedades – PS, RS e HB – forneceu provas e possibilitou a análise dos efeitos dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo sobre a superfície da dentina, da interface adesiva e do material restaurador.

Este estudo *in vitro* foi importante para esclarecer e elucidar alguns dos efeitos dos desafios erosivo e abrasivo sobre diferentes substratos, assim como, na análise de diferentes materiais restauradores e suas propriedades. Os resultados deste trabalho podem guiar novos delineamentos de estudos e pesquisas, e direcionar profissionais clínicos no planejamento e na escolha de materiais restauradores que melhor se adequem às reabilitações envolvendo desgastes severos.

Possíveis análises de microscopia eletrônica de varredura, análise química da composição dos materiais e a quantificação da liberação de íons flúor pelos materiais bioativos poderiam enriquecer e legitimar ainda mais os resultados do presente trabalho. No entanto, essas análises não foram possíveis de serem realizadas no presente momento.



## 7 CONCLUSÃO

Diante dos resultados e das limitações do estudo *in vitro*, concluiu-se que os efeitos do desafio erosivo foram mais agressivos na dentina e que nenhum material foi eficaz contra a desmineralização, a elevada perda e a diminuição da dureza do tecido dentinário.

Os desafios erosivo e erosivo-abrasivo agiram de maneira similar sobre a superfície dos materiais restauradores e os efeitos divergiram quanto à classe de material. O material ionomérico RIVA apresentou maior desgaste superficial após desafios. A resina composta nanohíbrida AMA apresentou menor desgaste após desafios. O material *giomer* apresentou comportamento que variaram quanto a sua composição híbrida, ora como material ionomérico, ora como material resinoso.

As propriedades dos materiais bioativos foram afetadas negativamente pelos efeitos dos desafios.

Os resultados dessa pesquisa refletem na necessidade de melhorias dos materiais restauradores, principalmente bioativos, e sugere que futuras mudanças na composição desses materiais deveriam ser consideradas para aumentar o nível de proteção da estrutura dental.



**REFERÊNCIAS<sup>1</sup>**

1. Attin T, Wegehaupt FJ. Impact of erosive conditions on tooth-colored restorative materials. *Dent Mater.* 2014 Jan;30(1):43-9. doi: 10.1016/j.dental.2013.07.017.
2. Arami S, Kimyai S, Oskoe PA, Daneshpooy M, Rikhtegaran S, Bahari M, Kahnamoii MA. Reparability of giomer using different mechanical surface treatments. *J Clin Exp Dent.* 2017 Apr 1;9(4):e520-e526. doi: 10.4317/jced.53591.
3. Bagheri R, Tyas MJ, Burrow MF. Subsurface degradation of resin-based composites. *Dent Mater.* 2007 Aug;23(8):944-51. doi: 10.1016/j.dental.2006.06.035.
4. Jaffer F, Finer Y, Santerre JP. Interactions between resin monomers and commercial composite resins with human saliva derived esterases. *Biomaterials.* 2002 Apr;23(7):1707-19. doi: 10.1016/s0142-9612(01)00298-8.
5. Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* 1994 Jul;21(4):441-52. doi: 10.1111/j.1365-2842.1994.tb01158.x.
6. Ortengren U, Wellendorf H, Karlsson S, Ruyter IE. Water sorption and solubility of dental composites and identification of monomers released in an aqueous environment. *J Oral Rehabil.* 2001 Dec;28(12):1106-15. doi: 10.1046/j.1365-2842.2001.00802.x.
7. Kusuma Yulianto HD, Rinastiti M, Cune MS, de Haan-Visser W, Atema-Smit J, Busscher HJ, van der Mei HC. Biofilm composition and composite degradation during intra-oral wear. *Dent Mater.* 2019 May;35(5):740-750. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.024.
8. Sperber GH. Dental Wear: Attrition, Erosion, and Abrasion-A Palaeo-Odontological Approach. *Dent J (Basel).* 2017 Jun 17;5(2):19. doi: 10.3390/dj5020019.
9. Huysmans MC, Chew HP, Ellwood RP. Clinical studies of dental erosion and erosive wear. *Caries Res.* 2011;45 Suppl 1:60-8. doi: 10.1159/000325947.

---

<sup>1</sup> De acordo com Estilo Vancouver.

10. Chan AS, Tran TTK, Hsu YH, Liu SYS, Kroon J. A systematic review of dietary acids and habits on dental erosion in adolescents. *Int J Paediatr Dent*. 2020 Nov;30(6):713-733. doi: 10.1111/ipd.12643.
11. Bartlett D, O'Toole S. Tooth Wear: Best Evidence Consensus Statement. *J Prosthodont*. 2020 Dec 17. doi: 10.1111/jopr.13312.
12. Litonjua LA, Andreana S, Bush PJ, Cohen RE. Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion. *Quintessence Int*. 2003 Jun;34(6):435-46.
13. Imfeld T. Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci*. 1996 Apr;104(2 ( Pt 2)):151-5. doi: 10.1111/j.1600-0722.1996.tb00063.x.
14. Green JI. Prevention and Management of Tooth Wear: The Role of Dental Technology. *Prim Dent J*. 2016 Aug 1;5(3):30-33. doi: 10.1177/205016841600500302.
15. Ganss C. Definition of erosion and links to tooth wear. *Monogr Oral Sci*. 2006;20:9-16. doi: 10.1159/000093344.
16. Shellis RP, Addy M. The interactions between attrition, abrasion and erosion in tooth wear. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:32-45. doi: 10.1159/000359936.
17. Smith BG, Bartlett DW, Robb ND. The prevalence, etiology and management of tooth wear in the United Kingdom. *J Prosthet Dent*. 1997 Oct;78(4):367-72. doi: 10.1016/s0022-3913(97)70043-x.
18. Larsen MJ. Chemical events during tooth dissolution. *J Dent Res*. 1990 Feb;69 Spec No:575-80; discussion 634-6. doi: 10.1177/00220345900690S114.
19. Hamburger JT, Opdam NJ, Bronkhorst EM, Huysmans MC. Indirect restorations for severe tooth wear: fracture risk and layer thickness. *J Dent*. 2014 Apr;42(4):413-8. doi: 10.1016/j.jdent.2013.10.003.
20. Ehrnford L. Surface microstructure of composite resins after toothbrush-dentifrice abrasion. *Acta Odontol Scand*. 1983 Aug;41(4):241-5. doi: 10.3109/00016358309162330.

21. Teixeira EC, Thompson JL, Piascik JR, Thompson JY. In vitro toothbrush-dentifrice abrasion of two restorative composites. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17(3):172-80; discussion 181-2. doi: 10.1111/j.1708-8240.2005.tb00109.x.
22. Tanoue N, Matsumura H, Atsuta M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. *J Prosthet Dent*. 2000 Jul;84(1):93-7. doi: 10.1067/mpr.2000.107560.
23. Assunção CM, Goulart M, Essvein TE, Santos NMD, Erhardt MCG, Lussi A, Rodrigues JA. Effect of erosive challenges on deciduous teeth undergoing restorative procedures with different adhesive protocols - an in vitro study. *J Appl Oral Sci*. 2018 Jan 18;26:e20170053. doi: 10.1590/1678-7757-2017-0053.
24. Wiegand A, Attin T. Design of erosion/abrasion studies--insights and rational concepts. *Caries Res*. 2011;45 Suppl 1:53-9. doi: 10.1159/000325946.
25. Muts EJ, van Pelt H, Edelhoff D, Krejci I, Cune M. Tooth wear: a systematic review of treatment options. *J Prosthet Dent*. 2014 Oct;112(4):752-9. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.01.018.
26. Dietschi D, Argente A. A comprehensive and conservative approach for the restoration of abrasion and erosion. Part I: concepts and clinical rationale for early intervention using adhesive techniques. *Eur J Esthet Dent*. 2011 Spring;6(1):20-33.
27. Dietschi D, Argente A. A comprehensive and conservative approach for the restoration of abrasion and erosion. part II: clinical procedures and case report. *Eur J Esthet Dent*. 2011 Summer;6(2):142-59.
28. Lussi A, Portmann P, Burhop B. Erosion on abraded dental hard tissues by acid lozenges: an in situ study. *Clin Oral Investig*. 1997 Dec;1(4):191-4. doi: 10.1007/s007840050032.
29. Maupomé G, Díez-de-Bonilla J, Torres-Villaseñor G, Andrade-Delgado LC, Castaño VM. In vitro quantitative assessment of enamel microhardness after exposure to eroding immersion in a cola drink. *Caries Res*. 1998;32(2):148-53. doi: 10.1159/000016445.
30. Kaur S, Makkar S, Kumar R, Pasricha S, Gupta P. Comparative evaluation of surface properties of enamel and different esthetic restorative materials under erosive and abrasive challenges: An in vitro study. *Indian J Dent*. 2015 Oct-Dec;6(4):172-80. doi: 10.4103/0975-962X.165047.

31. Francisoni LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent*. 2008 Mar-Apr;33(2):203-8. doi: 10.2341/07-77.
32. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater*. 2006 Mar;22(3):211-22. doi: 10.1016/j.dental.2005.05.005.
33. El-Safty S, Akhtar R, Silikas N, Watts DC. Nanomechanical properties of dental resin-composites. *Dent Mater*. 2012 Dec;28(12):1292-300. doi: 10.1016/j.dental.2012.09.007.
34. Bayne SC, Ferracane JL, Marshall GW, Marshall SJ, van Noort R. The Evolution of Dental Materials over the Past Century: Silver and Gold to Tooth Color and Beyond. *J Dent Res*. 2019 Mar;98(3):257-265. doi: 10.1177/0022034518822808.
35. Blatz MB, Chiche G, Bahat O, Roblee R, Coachman C, Heymann HO. Evolution of Aesthetic Dentistry. *J Dent Res*. 2019 Nov;98(12):1294-1304. doi: 10.1177/0022034519875450.
36. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater*. 2011 Jan;27(1):29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020.
37. Perdigão J, Lopes M. Dentin bonding--state of the art 1999. *Compend Contin Educ Dent*. 1999 Dec;20(12):1151-8, 1160-2; quiz 1164.
38. Chinelatti MA, Tirapelli C, Corona SAM, Jasinevicius RG, Peitl O, Zanotto ED, Pires-de-Souza FCP. Effect of a Bioactive Glass Ceramic on the Control of Enamel and Dentin Erosion Lesions. *Braz Dent J*. 2017 Jul-Aug;28(4):489-497. doi: 10.1590/0103-6440201601524.
39. Tirapelli C, Panzeri H, Lara EH, Soares RG, Peitl O, Zanotto ED. The effect of a novel crystallised bioactive glass-ceramic powder on dentine hypersensitivity: a long-term clinical study. *J Oral Rehabil*. 2011 Apr;38(4):253-62. doi: 10.1111/j.1365-2842.2010.02157.x.
40. Saads Carvalho T, Lussi A. Chapter 9: Acidic Beverages and Foods Associated with Dental Erosion and Erosive Tooth Wear. *Monogr Oral Sci*. 2020;28:91-98. doi: 10.1159/000455376.

41. Colon P, Lussi A. Minimal intervention dentistry: part 5. Ultra-conservative approach to the treatment of erosive and abrasive lesions. *Br Dent J.* 2014 Apr;216(8):463-8. doi: 10.1038/sj.bdj.2014.328.
42. Bartlett D, O'Toole S. Tooth wear and aging. *Aust Dent J.* 2019 Jun;64 Suppl 1:S59-S62. doi: 10.1111/adj.12681.
43. Russell MD. The distinction between physiological and pathological attrition: a review. *J Ir Dent Assoc.* 1987;33(1):23-31.
44. Turner KA, Missirlian DM. Restoration of the extremely worn dentition. *J Prosthet Dent.* 1984 Oct;52(4):467-74. doi: 10.1016/0022-3913(84)90326-3.
45. Levrini L, Di Benedetto G, Raspanti M. Dental wear: a scanning electron microscope study. *Biomed Res Int.* 2014;2014:340425. doi: 10.1155/2014/340425.
46. Brady JM, Woody RD. Scanning microscopy of cervical erosion. *J Am Dent Assoc.* 1977 Apr;94(4):726-9. doi: 10.14219/jada.archive.1977.0345.
47. Levitch LC, Bader JD, Shugars DA, Heymann HO. Non-carious cervical lesions. *J Dent.* 1994 Aug;22(4):195-207. doi: 10.1016/0300-5712(94)90107-4.
48. Addy M. Tooth brushing, tooth wear and dentine hypersensitivity--are they associated? *J Ir Dent Assoc.* 2006 Spring;51(5):226-31.
49. Bartlett DW, Shah P. A critical review of non-carious cervical (wear) lesions and the role of abfraction, erosion, and abrasion. *J Dent Res.* 2006 Apr;85(4):306-12. doi: 10.1177/154405910608500405.
50. Scheutzel P. Etiology of dental erosion--intrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996 Apr;104(2 ( Pt 2)):178-90. doi: 10.1111/j.1600-0722.1996.tb00066.x.
51. Li Y, Yu F, Niu L, Hu W, Long Y, Tay FR, Chen J. Associations among Bruxism, Gastroesophageal Reflux Disease, and Tooth Wear. *J Clin Med.* 2018 Nov 6;7(11):417. doi: 10.3390/jcm7110417.
52. Zero DT. Etiology of dental erosion--extrinsic factors. *Eur J Oral Sci.* 1996 Apr;104(2 ( Pt 2)):162-77. doi: 10.1111/j.1600-0722.1996.tb00065.x.

53. Featherstone JDB, Lussi A. Understanding the chemistry of dental erosion. *Monogr Oral Sci.* 2006;20:66-76. doi: 10.1159/000093351.
54. Lussi A, Jaeggi T. Erosion--diagnosis and risk factors. *Clin Oral Investig.* 2008 Mar;12 Suppl 1(Suppl 1):S5-13. doi: 10.1007/s00784-007-0179-z.
55. Amaechi BT, Higham SM. Eroded enamel lesion remineralization by saliva as a possible factor in the site-specificity of human dental erosion. *Arch Oral Biol.* 2001 Aug;46(8):697-703. doi: 10.1016/s0003-9969(01)00034-6.
56. Kinney JH, Balooch M, Haupt DL Jr, Marshall SJ, Marshall GW Jr. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J Dent Res.* 1995 May;74(5):1179-84. doi: 10.1177/00220345950740050601.
57. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res.* 2011;45 Suppl 1:2-12. doi: 10.1159/000325915.
58. Attin T, Buchalla W, Putz B. In vitro evaluation of different remineralization periods in improving the resistance of previously eroded bovine dentine against tooth-brushing abrasion. *Arch Oral Biol.* 2001 Sep;46(9):871-4. doi: 10.1016/s0003-9969(01)00039-5.
59. Schlueter N, Jaeggi T, Lussi A. Is dental erosion really a problem? *Adv Dent Res.* 2012 Sep;24(2):68-71. doi: 10.1177/0022034512449836.
60. O'Toole S, Bernabé E, Moazzez R, Bartlett D. Timing of dietary acid intake and erosive tooth wear: A case-control study. *J Dent.* 2017 Jan;56:99-104. doi: 10.1016/j.jdent.2016.11.005.
61. O'Toole S, Newton T, Moazzez R, Hasan A, Bartlett D. Randomised Controlled Clinical Trial Investigating The Impact of Implementation Planning on Behaviour Related to The Diet. *Sci Rep.* 2018 May 23;8(1):8024. doi: 10.1038/s41598-018-26418-0.
62. Ganss C, Klimek J, Schäffer U, Spall T. Effectiveness of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in vitro. *Caries Res.* 2001 Sep-Oct;35(5):325-30. doi: 10.1159/000047470.

63. Magalhães AC, Rios D, Moino AL, Wiegand A, Attin T, Buzalaf MA. Effect of different concentrations of fluoride in dentifrices on dentin erosion subjected or not to abrasion in situ/ex vivo. *Caries Res.* 2008;42(2):112-6. doi: 10.1159/000117807.
64. Hara AT, Kelly SA, González-Cabezas C, Eckert GJ, Barlow AP, Mason SC, Zero DT. Influence of fluoride availability of dentifrices on eroded enamel remineralization in situ. *Caries Res.* 2009;43(1):57-63. doi: 10.1159/000201591.
65. Ganss C, Lussi A, Grunau O, Klimek J, Schlueter N. Conventional and anti-erosion fluoride toothpastes: effect on enamel erosion and erosion-abrasion. *Caries Res.* 2011;45(6):581-9. doi: 10.1159/000334318.
66. Austin RS, Rodriguez JM, Dunne S, Moazzez R, Bartlett DW. The effect of increasing sodium fluoride concentrations on erosion and attrition of enamel and dentine in vitro. *J Dent.* 2010 Oct;38(10):782-7. doi: 10.1016/j.jdent.2010.06.009.
67. O'Toole S, Mistry M, Mutahar M, Moazzez R, Bartlett D. Sequence of stannous and sodium fluoride solutions to prevent enamel erosion. *J Dent.* 2015 Dec;43(12):1498-503. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.003.
68. Bayne SC, Heymann HO, Swift EJ Jr. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc.* 1994 Jun;125(6):687-701. doi: 10.14219/jada.archive.
69. Mahalick JA, Knap FJ, Weiter EJ. Occusal wear in prosthodontics. *J Am Dent Assoc.* 1971 Jan;82(1):154-9. doi: 10.14219/jada.archive.1971.0018.
70. Loomans B, Opdam N. A guide to managing tooth wear: the Radboud philosophy. *Br Dent J.* 2018 Mar 9;224(5):348-356. doi: 10.1038/sj.bdj.2018.164.
71. Smales RJ, Berekally TL. Long-term survival of direct and indirect restorations placed for the treatment of advanced tooth wear. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2007 Mar;15(1):2-6.
72. Bertassoni LE. Dentin on the nanoscale: Hierarchical organization, mechanical behavior and bioinspired engineering. *Dent Mater.* 2017 Jun;33(6):637-649. doi: 10.1016/j.dental.2017.03.008.

73. Lee A, He LH, Lyons K, Swain MV. Tooth wear and wear investigations in dentistry. *J Oral Rehabil.* 2012 Mar;39(3):217-25. doi: 10.1111/j.1365-2842.2011.02257.x.
74. Wilson AD, Kent BE. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *Br Dent J.* 1972 Feb 15;132(4):133-5. doi: 10.1038/sj.bdj.4802810.
75. Imparato JC, Garcia A, Bonifácio CC, Scheidt L, Raggio DP, Mendes FM, Vedovello Filho M. Color stability of esthetic ion-releasing restorative materials subjected to pH variations. *J Dent Child (Chic).* 2007 Sep-Dec;74(3):189-93.
76. Bonifácio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RC, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust Dent J.* 2009 Sep;54(3):233-7. doi: 10.1111/j.1834-7819.2009.01125.x.
77. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 2016 Jun 28;7(3):16. doi: 10.3390/jfb7030016.
78. Salas CF, Guglielmi CA, Raggio DP, Mendes FM. Mineral loss on adjacent enamel glass ionomer cements restorations after cariogenic and erosive challenges. *Arch Oral Biol.* 2011 Oct;56(10):1014-9. doi: 10.1016/j.archoralbio.2011.03.005.
79. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Inoue S, Munck J, Landuyt K, Lambrechts P. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. *J Den.* 2006 Sep;34(8):615-17. doi: 10.1016/j.jdent.2006.01.018.
80. Fukuda R, Yoshida Y, Nakayama Y, Okazaki M, Inoue S, Sano H, Suzuki K, Shintani H, Van Meerbeek B. Bonding efficacy of polyalkenoic acids to hydroxyapatite, enamel and dentin. *Biomaterials.* 2003 May;24(11):1861-7. doi: 10.1016/s0142-9612(02)00575-6.
81. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellems L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res.* 2000 Feb;79(2):709-14. doi: 10.1177/00220345000790020301.
82. Thomas RZ, Ruben JL, ten Bosch JJ, Fidler V, Huysmans MC. Approximal secondary caries lesion progression, a 20-week in situ study. *Caries Res.* 2007;41(5):399-405. doi: 10.1159/000104799.

83. Nicholson JW, Czarnecka B, Limanowska-Shaw H. The long-term interaction of dental cements with lactic acid solutions. *J Mater Sci Mater Med*. 1999 Aug;10(8):449-52. doi: 10.1023/a:1008991422909.
84. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Koliniotou-Koubia E, Tolidis K. Inhibition of demineralization in vitro around fluoride releasing materials. *J Oral Rehabil*. 2003 Dec;30(12):1216-22. doi: 10.1111/j.1365-2842.2003.01079.x.
85. Pin ML, Abdo RC, Machado MA, da Silva SM, Pavarini A, Marta SN. In vitro evaluation of the cariostatic action of esthetic restorative materials in bovine teeth under severe cariogenic challenge. *Oper Dent*. 2005 May-Jun;30(3):368-75.
86. Yaman SD, Er O, Yetmez M, Karabay GA. In vitro inhibition of caries-like lesions with fluoride-releasing materials. *J Oral Sci*. 2004 Mar;46(1):45-50. doi: 10.2334/josnurd.46.45.
87. Hicks J, Garcia-Godoy F, Flaitz C. Biological factors in dental caries: role of remineralization and fluoride in the dynamic process of demineralization and remineralization (part 3). *J Clin Pediatr Dent*. 2004 Spring;28(3):203-14. doi: 10.17796/jcpd.28.3.w06104271746j34n.
88. Nicholson JW, Braybrook JH, Wasson EA. The biocompatibility of glass-poly(alkenoate) (Glass-Ionomer) cements: a review. *J Biomater Sci Polym Ed*. 1991;2(4):277-85. doi: 10.1163/156856291x00179.
89. Leinfelder KF. New developments in resin restorative systems. *J Am Dent Assoc*. 1997 May;128(5):573-81. doi: 10.14219/jada.archive.1997.0256.
90. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*. 2002 Apr;87(4):364-79. doi: 10.1067/mpr.2002.123400.
91. Chen MH. Update on dental nanocomposites. *J Dent Res*. 2010 Jun;89(6):549-60. doi: 10.1177/0022034510363765.
92. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent*. 2013 Nov-Dec;38(6):618-25. doi: 10.2341/12-395-L.

93. Hirayama S, Iwai H, Tanimoto Y. Mechanical evaluation of five flowable resin composites by the dynamic micro-indentation method. *J Dent Biomech*. 2014 May 2;5:1758736014533983. doi: 10.1177/1758736014533983.
94. Senawongse P, Pongprueksa P. Surface roughness of nanofill and nanohybrid resin composites after polishing and brushing. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(5):265-73; discussion 274-5. doi: 10.1111/j.1708-8240.2007.00116.x.
95. Curtis AR, Palin WM, Fleming GJ, Shortall AC, Marquis PM. The mechanical properties of nanofilled resin-based composites: the impact of dry and wet cyclic pre-loading on bi-axial flexure strength. *Dent Mater*. 2009 Feb;25(2):188-97. doi: 10.1016/j.dental.2008.06.003.
96. Kwon TY, Bagheri R, Kim YK, Kim KH, Burrow MF. Cure mechanisms in materials for use in esthetic dentistry. *J Investig Clin Dent*. 2012 Feb;3(1):3-16. doi: 10.1111/j.2041-1626.2012.00114.x.
97. Feng L, Suh BI. The effect of curing modes on polymerization contraction stress of a dual cured composite. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006 Jan;76(1):196-202. doi: 10.1002/jbm.b.30355.
98. Park YJ, Chae KH, Rawls HR. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. *Dent Mater*. 1999 Mar;15(2):120-7. doi: 10.1016/s0109-5641(99)00021-4. Erratum in: *Dent Mater* 1999 Jul;15(4):301.
99. Stansbury JW. Curing dental resins and composites by photopolymerization. *J Esthet Dent*. 2000;12(6):300-8. doi: 10.1111/j.1708-8240.2000.tb00239.x.
100. Neumann MG, Miranda WG Jr, Schmitt CC, Rueggeberg FA, Correa IC. Molar extinction coefficients and the photon absorption efficiency of dental photoinitiators and light curing units. *J Dent*. 2005 Jul;33(6):525-32. doi: 10.1016/j.jdent.2004.11.013.
101. Rueggeberg FA, Giannini M, Arrais CAG, Price RBT. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res*. 2017 Aug 28;31(suppl 1):e61. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0061.
102. Santini A, Gallegos IT, Felix CM. Photoinitiators in dentistry: a review. *Prim Dent J*. 2013 Oct;2(4):30-3. doi: 10.1308/205016814809859563.

103. Beolchi RS, Moura-Netto C, Palo RM, Rocha Gomes Torres C, Pelissier B. Changes in irradiance and energy density in relation to different curing distances. *Braz Oral Res.* 2015;29:S1806-83242015000100257. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2015.vol29.0060.
104. Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. *J Dent.* 2014 Feb;42(2):129-39. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.014.
105. Shimokawa CA, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl.* 2016 Dec 1;69:1036-42. doi: 10.1016/j.msec.2016.07.033.
106. Kimyai S, Lotfipour F, Pourabbas R, Sadr A, Nikazar S, Milani M. Effect of two prophylaxis methods on adherence of *Streptococcus mutans* to microfilled composite resin and giomer surfaces. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011 Jul 1;16(4):e561-7. doi: 10.4317/medoral.16.e561.
107. Sunico MC, Shinkai K, Kato Y. Two-year clinical performance of occlusal and cervical giomer restorations. *Oper Dent.* 2005 May-Jun;30(3):282-9.
108. Deliperi S, Bardwell DN, Wegley C, Congiu MD. In vitro evaluation of gomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: self-etch vs total-etch adhesives. *Oper Dent.* 2006 Mar-Apr;31(2):227-32. doi: 10.2341/05-16.
109. Colceriu Burtea L, Prejmerean C, Prodan D, Baldea I, Vlassa M, Filip M, Moldovan M, Moldovan ML, Antoniac A, Prejmerean V, Ambrosie I. New Pre-reacted Glass Containing Dental Composites (gomers) with Improved Fluoride Release and Biocompatibility. *Materials (Basel).* 2019 Dec 3;12(23):4021. doi: 10.3390/ma12234021.
110. Tay FR, Pashley EL, Huang C, Hashimoto M, Sano H, Smales RJ, Pashley DH. The glass-ionomer phase in resin-based restorative materials. *J Dent Res.* 2001 Sep;80(9):1808-12. doi: 10.1177/00220345010800090701.
111. van Dijken JW. A 6-year prospective evaluation of a one-step HEMA-free self-etching adhesive in Class II restorations. *Dent Mater.* 2013 Nov;29(11):1116-22. doi: 10.1016/j.dental.2013.08.205.

112. Ikemura K, Tay FR, Endo T, Pashley DH. A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater J*. 2008 May;27(3):315-39. doi: 10.4012/dmj.27.315.
113. Gonulol N, Ozer S, Sen Tunc E. Water Sorption, Solubility, and Color Stability of Giomer Restoratives. *J Esthet Restor Dent*. 2015 Sep-Oct;27(5):300-6. doi: 10.1111/jerd.12119.
114. BUONOCORE MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res*. 1955 Dec;34(6):849-53. doi: 10.1177/00220345550340060801.
115. Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: a critical review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2009 Feb;88(2):558-78. doi: 10.1002/jbm.b.31253.
116. Sofan E, Sofan A, Palaia G, Tenore G, Romeo U, Migliau G. Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Ann Stomatol (Roma)*. 2017 Jul 3;8(1):1-17. doi: 10.11138/ads/2017.8.1.001.
117. Perdigão J. New developments in dental adhesion. *Dent Clin North Am*. 2007 Apr;51(2):333-57, viii. doi: 10.1016/j.cden.2007.01.001.
118. Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, Coutinho E, Suzuki K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*. 2007 Sep;28(26):3757-85. doi: 10.1016/j.biomaterials.2007.04.044.
119. Susin AH, Vasconcellos WA, Saad JR, Oliveira Junior OB. Tensile bond strength of self-etching versus total-etching adhesive systems under different dentinal substrate conditions. *Braz Oral Res*. 2007 Jan-Mar;21(1):81-6. doi: 10.1590/s1806-83242007000100014.
120. Perdigão J. Dentin bonding-variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater*. 2010 Feb;26(2):e24-37. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.149.
121. Bowen RL, Eick JD, Henderson DA, Anderson DW. Smear layer: removal and bonding considerations. *Oper Dent Suppl*. 1984;3:30-4.

122. Price RB, Dérand T, Andreou P, Murphy D. The effect of two configuration factors, time, and thermal cycling on resin to dentin bond strengths. *Biomaterials*. 2003 Mar;24(6):1013-21. doi: 10.1016/s0142-9612(02)00441-6.
123. Van Meerbeek B, Inokoshi S, Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Morphological aspects of the resin-dentin interdiffusion zone with different dentin adhesive systems. *J Dent Res*. 1992 Aug;71(8):1530-40. doi: 10.1177/00220345920710081301.
124. Pashley DH, Tay FR, Breschi L, Tjäderhane L, Carvalho RM, Carrilho M, Tezvergil-Mutluay A. State of the art etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater*. 2011 Jan;27(1):1-16. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.016.
125. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G. The clinical performance of adhesives. *J Dent*. 1998 Jan;26(1):1-20. doi: 10.1016/s0300-5712(96)00070-x.
126. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechts P, Vanherle G. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003 May-Jun;28(3):215-35.
127. Bedran-Russo A, Leme-Kraus AA, Vidal CMP, Teixeira EC. An Overview of Dental Adhesive Systems and the Dynamic Tooth-Adhesive Interface. *Dent Clin North Am*. 2017 Oct;61(4):713-731. doi: 10.1016/j.cden.2017.06.001.
128. Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res*. 1994 Jun;73(6):1212-20. doi: 10.1177/00220345940730061301.
129. Kanca J 3rd. Resin bonding to wet substrate. 1. Bonding to dentin. *Quintessence Int*. 1992 Jan;23(1):39-41.
130. Yeşilyurt C, Bulucu B. Bond strength of total-etch and self-etch dentin adhesive systems on peripheral and central dentinal tissue: a microtensile bond strength test. *J Contemp Dent Pract*. 2006 May 1;7(2):26-36.
131. Betancourt DE, Baldion PA, Castellanos JE. Resin-Dentin Bonding Interface: Mechanisms of Degradation and Strategies for Stabilization of the Hybrid Layer. *Int J Biomater*. 2019 Feb 3;2019:5268342. doi: 10.1155/2019/5268342.

132. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. *J Esthet Dent*. 1991 Jul-Aug;3(4):133-8. doi: 10.1111/j.1708-8240.1991.tb00985.x.
133. Cardoso MV, de Almeida Neves A, Mine A, Coutinho E, Van Landuyt K, De Munck J, Van Meerbeek B. Current aspects on bonding effectiveness and stability in adhesive dentistry. *Aust Dent J*. 2011 Jun;56 Suppl 1:31-44. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01294.x.
134. Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaise M, Braem M, Lambrechts P, VanHerle G. Comparative SEM and TEM examination of the ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res*. 1993 Feb;72(2):495-501. doi: 10.1177/00220345930720020501.
135. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res*. 1982 May;16(3):265-73. doi: 10.1002/jbm.820160307.
136. McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE, Schultheisz CR. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials*. 2002 Sep;23(17):3603-8. doi: 10.1016/s0142-9612(02)00089-3.
137. Cadenaro M, Maravic T, Comba A, Mazzoni A, Fanfoni L, Hilton T, Ferracane J, Breschi L. The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dent Mater*. 2019 Jan;35(1):e1-e22. doi: 10.1016/j.dental.2018.11.012.
138. Zhang K, Zhang N, Weir MD, Reynolds MA, Bai Y, Xu HHK. Bioactive Dental Composites and Bonding Agents Having Remineralizing and Antibacterial Characteristics. *Dent Clin North Am*. 2017 Oct;61(4):669-687. doi: 10.1016/j.cden.2017.05.002.
139. Rios D, Honório HM, Francisoni LF, Magalhães AC, de Andrade Moreira Machado MA, Buzalaf MA. In situ effect of an erosive challenge on different restorative materials and on enamel adjacent to these materials. *J Dent*. 2008 Feb;36(2):152-7. doi: 10.1016/j.jdent.2007.11.013.
140. Heath JR, Wilson HJ. Abrasion of restorative materials by toothpaste. *J Oral Rehabil*. 1976 Apr;3(2):121-38. doi: 10.1111/j.1365-2842.1976.tb00936.x.

141. Wu W, McKinney JE. Influence of chemicals on wear of dental composites. *J Dent Res*. 1982 Oct;61(10):1180-3. doi: 10.1177/00220345820610101501.

142. Jaeggi T, Grüniger A, Lussi A. Restorative therapy of erosion. *Monogr Oral Sci*. 2006;20:200-214. doi: 10.1159/000093364.

143. Silva RC, Zuanon AC, Esberard RR, Candido MS, Machado JS. In vitro microhardness of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med*. 2007 Jan;18(1):139-42. doi: 10.1007/s10856-006-0672-y.

144. Gallagher RR, Balooch M, Balooch G, Wilson RS, Marshall SJ, Marshall GW. Coupled Nanomechanical and Raman Microspectroscopic Investigation of Human Third Molar DEJ. *J Dent Biomech*. 2010;2010:256903. doi: 10.4061/2010/256903.

145. Watson TF, Atmeh AR, Sajini S, Cook RJ, Festy F. Present and future of glass-ionomers and calcium-silicate cements as bioactive materials in dentistry: biophotonics-based interfacial analyses in health and disease. *Dent Mater*. 2014 Jan;30(1):50-61. doi: 10.1016/j.dental.2013.08.202.

146. McCoy T. Fluoride-Releasing Restorative Materials. *J Vet Dent*. 2015 Fall;32(3):196-7. doi: 10.1177/089875641503200312.

147. Garberoglio R, Brännström M. Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Arch Oral Biol*. 1976;21(6):355-62. doi: 10.1016/s0003-9969(76)80003-9.

148. Magalhães AC, Wiegand A, Rios D, Buzalaf MAR, Lussi A. Fluoride in dental erosion. *Monogr Oral Sci*. 2011;22:158-170. doi: 10.1159/000325167.

149. Kinney JH, Gladden JR, Marshall GW, Marshall SJ, So JH, Maynard JD. Resonant ultrasound spectroscopy measurements of the elastic constants of human dentin. *J Biomech*. 2004 Apr;37(4):437-41. doi: 10.1016/j.jbiomech.2003.09.028.

150. Sakaguchi RL, Powers JM. CRAIG. *Materiais Dentários Restauradores* 13<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2012. 416 p.

151. Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N, Stansbury JW, Cadenaro M, Ferracane JL. Academy of Dental Materials guidance-Resin composites: Part I-Mechanical properties. *Dent Mater*. 2017 Aug;33(8):880-894. doi: 10.1016/j.dental.2017.04.013.

152. Heintze SD, Reichl FX, Hickel R. Wear of dental materials: Clinical significance and laboratory wear simulation methods -A review. *Dent Mater J.* 2019 Jun 1;38(3):343-353. doi: 10.4012/dmj.2018-140.
153. Mair LH, Stolarski TA, Vowles RW, Lloyd CH. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. *J Dent.* 1996 Jan-Mar;24(1-2):141-8. doi: 10.1016/0300-5712(95)00043-7.
154. Nayyer M, Zahid S, Hassan SH, Mian SA, Mehmood S, Khan HA, Kaleem M, Zafar MS, Khan AS. Comparative abrasive wear resistance and surface analysis of dental resin-based materials. *Eur J Dent.* 2018 Jan-Mar;12(1):57-66. doi: 10.4103/ejd.ejd\_380\_17.
155. Cao L, Zhao X, Gong X, Zhao S. An in vitro investigation of wear resistance and hardness of composite resins. *Int J Clin Exp Med.* 2013 Jun 26;6(6):423-30.
156. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Short and long term effects of additional post curing and polishing systems on the color change of dental nano-composites. *Dent Mater J.* 2013;32(1):107-14. doi: 10.4012/dmj.2012-251.
157. Jefferies SR. The art and science of abrasive finishing and polishing in restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 1998 Oct;42(4):613-27.
158. Schlueter N, Hara A, Shellis RP, Ganss C. Methods for the measurement and characterization of erosion in enamel and dentine. *Caries Res.* 2011;45 Suppl 1:13-23. doi: 10.1159/000326819.
159. Field J, Waterhouse P, German M. Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *J Dent.* 2010 Mar;38(3):182-90. doi: 10.1016/j.jdent.2010.01.002.
160. Cabibbo M, Ricci P, Cecchini R, Rymuza Z, Sullivan J, Dub S, Cohen S. An international round-robin calibration protocol for nanoindentation measurements. *Micron.* 2012 Feb;43(2-3):215-22. doi: 10.1016/j.micron.2011.07.016.
161. Kinney JH, Balooch M, Marshall SJ, Marshall GW Jr, Weihs TP. Hardness and Young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. *Arch Oral Biol.* 1996 Jan;41(1):9-13. doi: 10.1016/0003-9969(95)00109-3.

162. Mahoney E, Beattie J, Swain M, Kilpatrick N. Preliminary in vitro assessment of erosive potential using the ultra-micro-indentation system. *Caries Res.* 2003 May-Jun;37(3):218-24. doi: 10.1159/000070448.
163. Schweizer-Hirt CM, Schait A, Schmid R, Imfeld T, Lutz F, Mühlemann HR. Erosion und Abrasion des Schmelzes Eine experimentelle Studie [Erosion and abrasion of the dental enamel. Experimental study]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd.* 1978 May;88(5):497-529. German.
164. Barbour ME, Parker DM, Allen GC, Jandt KD. Human enamel dissolution in citric acid as a function of pH in the range 2.30 < or = pH < or = 6.30--a nanoindentation study. *Eur J Oral Sci.* 2003 Jun;111(3):258-62. doi: 10.1034/j.1600-0722.2003.00039.x.
165. Joiner A, Pickles MJ, Tanner C, Weader E, Doyle P. An in situ model to study the toothpaste abrasion of enamel. *J Clin Periodontol.* 2004 Jun;31(6):434-8. doi: 10.1111/j.1600-051X.2004.00497.x.
166. de Carvalho FG, Puppin-Rontani RM, Soares LE, Santo AM, Martin AA, Nociti-Junior FH. Mineral distribution and CLSM analysis of secondary caries inhibition by fluoride/MDPB-containing adhesive system after cariogenic challenges. *J Dent.* 2009 Apr;37(4):307-14. doi: 10.1016/j.jdent.2008.12.006.
167. Viana Í, Alania Y, Feitosa S, Borges AB, Braga RR, Scaramucci T. Bioactive Materials Subjected to Erosion/Abrasion and Their Influence on Dental Tissues. *Oper Dent.* 2020 May/June;45(3):E114-E123. doi: 10.2341/19-102-L.
168. Lima LC, Viana ÍEL, Paz SLPD, Bezerra SJC, João-Souza SH, Carvalho TS, Scaramucci T. Role of desensitizing/whitening dentifrices in enamel wear. *J Dent.* 2020 Aug;99:103390. doi: 10.1016/j.jdent.2020.103390.
169. Kuguimiya RN, Rode KM, Carneiro PM, Aranha AC, Turbino ML. Influence of Curing Units and Indirect Restorative Materials on the Hardness of Two Dual-curing Resin Cements Evaluated by the Nanoindentation Test. *J Adhes Dent.* 2015 Jun;17(3):243-8. doi: 10.3290/j.jad.a34399.
170. Abe AT, Youssef MN, Turbino ML. Effect of Bleaching Agents on the Nanohardness of Tooth Enamel, Composite Resin, and the Tooth-Restoration Interface. *Oper Dent.* 2016 Jan-Feb;41(1):44-52. doi: 10.2341/14-153-L.

171. Senawongse P, Otsuki M, Tagami J, Mjör I. Age-related changes in hardness and modulus of elasticity of dentine. *Arch Oral Biol.* 2006 Jun;51(6):457-63. doi: 10.1016/j.archoralbio.2005.11.006.
172. Beltrame APCA, Suchyta D, Abd Alraheem I, Mohammed A, Schoenfisch M, Walter R, Almeida ICS, Souza LC, Miguez PA. Effect of Phosphorylated Chitosan on Dentin Erosion: An in vitro Study. *Caries Res.* 2018;52(5):378-386. doi: 10.1159/000486521.
173. Attin T, Wegehaupt FJ. Methods for assessment of dental erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:123-42. doi: 10.1159/000360355.
174. Turssi CP, Hara AT, Domiciano SJ, Serra MC. Study on the potential inhibition of root dentine wear adjacent to fluoride-containing restorations. *J Mater Sci Mater Med.* 2008 Jan;19(1):47-51. doi: 10.1007/s10856-007-3140-4. 158
175. Alghilan MA, Cook NB, Platt JA, Eckert GJ, Hara AT. Susceptibility of restorations and adjacent enamel/dentine to erosion under different salivary flow conditions. *J Dent.* 2015 Dec;43(12):1476-82. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.007.
176. Scaramucci T, João-Souza SH, Lippert F, Eckert GJ, Aoki IV, Hara AT. Influence of Toothbrushing on the Antierosive Effect of Film-Forming Agents. *Caries Res.* 2016;50(2):104-10. doi: 10.1159/000443619.
177. Cochrane NJ, Cai F, Huq NL, Burrow MF, Reynolds EC. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res.* 2010 Nov;89(11):1187-97. doi: 10.1177/0022034510376046.
178. Reis C, De-Deus G, Leal F, Azevedo E, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: an assessment with co-site optical microscopy and ESEM. *Dent Mater.* 2008 Dec;24(12):1608-15. doi: 10.1016/j.dental.2008.03.027.
179. Breschi L, Gobbi P, Mazzotti G, Falconi M, Ellis TH, Stangel I. High resolution SEM evaluation of dentin etched with maleic and citric acid. *Dent Mater.* 2002 Jan;18(1):26-35. doi: 10.1016/s0109-5641(01)00017-3.
180. Marshall GW Jr, Inai N, Wu-Magidi IC, Balooch M, Kinney JH, Tagami J, Marshall SJ. Dentin demineralization: effects of dentin depth, pH and different acids. *Dent Mater.* 1997 Nov;13(6):338-43. doi: 10.1016/s0109-5641(97)80104-2

181. Wiegand A, Stock A, Attin R, Werner C, Attin T. Impact of the acid flow rate on dentin erosion. *J Dent*. 2007 Jan;35(1):21-7. doi: 10.1016/j.jdent.2006.04.002
182. Sterrett JD, Bankey T, Murphy HJ. Dentin demineralization. The effects of citric acid concentration and application time. *J Clin Periodontol*. 1993 May;20(5):366-70. doi: 10.1111/j.1600-051x.1993.tb00374.x
183. Li H, Liu MC, Deng M, Moazzez R, Bartlett DW. An experiment on the attrition of acid demineralized dentine in vitro. *Aust Dent J*. 2011 Mar;56(1):63-7. doi: 10.1111/j.1834-7819.2010.01303.x.
184. Sehmi H, Olley RC. The effect of toothbrush abrasion force on dentine hypersensitivity in-vitro. *J Dent*. 2015 Dec;43(12):1442-7. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.014.
185. Ganss C, Hardt M, Blazek D, Klimek J, Schlueter N. Effects of toothbrushing force on the mineral content and demineralized organic matrix of eroded dentine. *Eur J Oral Sci*. 2009 Jun;117(3):255-60. doi: 10.1111/j.1600-0722.2009.00617.x.
186. Ganss C, Lussi A, Schlueter N. The histological features and physical properties of eroded dental hard tissues. *Monogr Oral Sci*. 2014;25:99-107. doi: 10.1159/000359939.
187. Shellis RP, Barbour ME, Jones SB, Addy M. Effects of pH and acid concentration on erosive dissolution of enamel, dentine, and compressed hydroxyapatite. *Eur J Oral Sci*. 2010 Oct;118(5):475-82. doi: 10.1111/j.1600-0722.2010.00763.x.
188. Kleter GA, Damen JJ, Everts V, Niehof J, Ten Cate JM. The influence of the organic matrix on demineralization of bovine root dentin in vitro. *J Dent Res*. 1994 Sep;73(9):1523-9. doi: 10.1177/00220345940730090701.
189. Hara AT, Ando M, Cury JA, Serra MC, González-Cabezas C, Zero DT. Influence of the organic matrix on root dentine erosion by citric acid. *Caries Res*. 2005 Mar-Apr;39(2):134-8. doi: 10.1159/000083159.
190. Perera D, Yu SCH, Zeng H, Meyers IA, Walsh LJ. Acid Resistance of Glass Ionomer Cement Restorative Materials. *Bioengineering (Basel)*. 2020 Nov 22;7(4):150. doi: 10.3390/bioengineering7040150.

191. O'Toole S, Bartlett D. The relationship between dentine hypersensitivity, dietary acid intake and erosive tooth wear. *J Dent*. 2017 Dec;67:84-87. doi: 10.1016/j.jdent.2017.10.002.
192. da Silva RC, Zuanon AC. Surface roughness of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment (ART). *Braz Dent J*. 2006;17(2):106-9. doi: 10.1590/s0103-64402006000200004.
193. Soares LES, Melo TMTC, de Sá Brandim A, de Oliveira IR. Chemical and morphological evaluation of enamel and dentin near cavities restored with conventional and zirconia modified glass ionomer subjected to erosion-abrasion. *Microsc Res Tech*. 2019 Jul;82(7):1114-1126. doi: 10.1002/jemt.23259.
194. Rajavardhan K, Sankar A, Kumar M, Kumar K, Pranitha K, Kishore K. Erosive potential of cola and orange fruit juice on tooth colored restorative materials. *Ann Med Health Sci Res*. 2014 Sep;4(Suppl 3):S208-12. doi: 10.4103/2141-9248.141960.
195. Briso AL, Caruzo LP, Guedes AP, Catelan A, dos Santos PH. In vitro evaluation of surface roughness and microhardness of restorative materials submitted to erosive challenges. *Oper Dent*. 2011 Jul-Aug;36(4):397-402. doi: 10.2341/10-356-L.
196. Han L, Okamoto A, Fukushima M, Okiji T. Evaluation of flowable resin composite surfaces eroded by acidic and alcoholic drinks. *Dent Mater J*. 2008 May;27(3):455-65. doi: 10.4012/dmj.27.455.
197. Ilie N, Hickel R. Resin composite restorative materials. *Aust Dent J*. 2011 Jun;56 Suppl 1:59-66. doi: 10.1111/j.1834-7819.2010.01296.x.
198. Al Khuraif AA. An in vitro evaluation of wear and surface roughness of particulate filler composite resin after tooth brushing. *Acta Odontol Scand*. 2014 Nov;72(8):977-83. doi: 10.3109/00016357.2014.933251.
199. Aker JR. New composite resins: comparison of their resistance to toothbrush abrasion and characteristics of abraded surfaces. *J Am Dent Assoc*. 1982 Oct;105(4):633-35. doi: 10.14219/jada.archive.1982.0443.
200. Sarac D, Sarac YS, Kulunk S, Ural C, Kulunk T. The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *J Prosthet Dent*. 2006 Jul;96(1):33-40. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.04.012

201. Park JW, Song CW, Jung JH, Ahn SJ, Ferracane JL. The effects of surface roughness of composite resin on biofilm formation of *Streptococcus mutans* in the presence of saliva. *Oper Dent*. 2012 Sep-Oct;37(5):532-9. doi: 10.2341/11-371-L
202. Ionescu A, Brambilla E, Wastl DS, Giessibl FJ, Cazzaniga G, Schneider-Feyrer S, Hahnel S. Influence of matrix and filler fraction on biofilm formation on the surface of experimental resin-based composites. *J Mater Sci Mater Med*. 2015 Jan;26(1):5372. doi: 10.1007/s10856-014-5372-4.
203. Yip HK, Lam WT, Smales RJ. Surface roughness and weight loss of esthetic restorative materials related to fluoride release and uptake. *J Clin Pediatr Dent*. 1999 Summer;23(4):321-6.
204. Geiger S, Ravchanukayev M, Liberman R. Surface roughness evaluation of resin modified glass-ionomers polished utilizing poly(acrylic acid) gel. *J Oral Rehabil*. 1999 Sep;26(9):704-9. doi: 10.1046/j.1365-2842.1999.00443.x.
205. Lu H, Roeder LB, Lei L, Powers JM. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2005;17(2):102-8; discussion 109. doi: 10.1111/j.1708-8240.2005.tb00094.x
206. Kocaagaoglu H, Aslan T, Gürbulak A, Albayrak H, Taşdemir Z, Gumus H. Efficacy of polishing kits on the surface roughness and color stability of different composite resins. *Niger J Clin Pract*. 2017 May;20(5):557-565. doi: 10.4103/1119-3077.181387.
207. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*. 1997 Jul;13(4):258-69. doi: 10.1016/s0109-5641(97)80038-3.
208. Warren DP, Colescott TD, Henson HA, Powers JM. Effects of four prophylaxis pastes on surface roughness of a composite, a hybrid ionomer, and a compomer restorative material. *J Esthet Restor Dent*. 2002;14(4):245-51. doi: 10.1111/j.1708-8240.2002.tb00170.x.
209. Fritz UB, Finger WJ, Uno S. Resin-modified glass ionomer cements: bonding to enamel and dentin. *Dent Mater*. 1996 May;12(3):161-6. doi: 10.1016/s0109-5641(96)80015-7.

210. Yip HK, Tay FR, Ngo HC, Smales RJ, Pashley DH. Bonding of contemporary glass ionomer cements to dentin. *Dent Mater*. 2001 Sep;17(5):456-70. doi: 10.1016/s0109-5641(01)00007-0.

211. Yu H, Wegehaupt FJ, Wiegand A, Roos M, Attin T, Buchalla W. Erosion and abrasion of tooth-colored restorative materials and human enamel. *J Dent*. 2009 Dec;37(12):913-22. doi: 10.1016/j.jdent.2009.07.006.

212. Paing SY, Tichy A, Hosaka K, Nagano D, Nakajima M, Tagami J. Effect of smear layer deproteinization with HOCl solution on the dentin bonding of conventional and resin-modified glass-ionomer cements. *Eur J Oral Sci*. 2020 Jun;128(3):255-262. doi: 10.1111/eos.12694.

213. Toledano M, Osorio R, Cabello I, Osorio E, Toledano-Osorio M, Aguilera FS. Oral Function Improves Interfacial Integrity and Sealing Ability Between Conventional Glass Ionomer Cements and Dentin. *Microsc Microanal*. 2017 Feb;23(1):131-144. doi: 10.1017/S1431927617000010.

214. Bala O, Arisu HD, Yikilgan I, Arslan S, Gullu A. Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *Eur J Dent*. 2012 Jan;6(1):79-86.

215. Garcia FC, Wang L, D'Alpino PH, Souza JB, Araújo PA, Mondelli RF. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. *Braz Oral Res*. 2004 Apr-Jun;18(2):156-61. doi: 10.1590/s1806-83242004000200012.

216. Rusnac ME, Gasparik C, Irimie AI, Grecu AG, Mesaroş AŞ, Ducea D. Gionomers in dentistry - at the boundary between dental composites and glass-ionomers. *Med Pharm Rep*. 2019 Apr;92(2):123-128. doi: 10.15386/mpr-1169.

217. Fujimoto Y, Iwasa M, Murayama R, Miyazaki M, Nagafuji A, Nakatsuka T. Detection of ions released from S-PRG fillers and their modulation effect. *Dent Mater J*. 2010 Aug;29(4):392-7. doi: 10.4012/dmj.2010-015.

218. Naoum S, Ellakwa A, Martin F, Swain M. Fluoride release, recharge and mechanical property stability of various fluoride-containing resin composites. *Oper Dent*. 2011 Jul-Aug;36(4):422-32. doi: 10.2341/10-414-L.

219. Kuhn AT, Wilson AD. The dissolution mechanisms of silicate and glass-ionomer dental cements. *Biomaterials*. 1985 Nov;6(6):378-82. doi: 10.1016/0142-9612(85)90096-1.
220. Mandikos MN, McGivney GP, Davis E, Bush PJ, Carter JM. A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. *J Prosthet Dent*. 2001 Apr;85(4):386-95. doi: 10.1067/mpr.2001.114267.
221. Wongkhantee S, Patanapiradej V, Maneenut C, Tantbirojn D. Effect of acidic food and drinks on surface hardness of enamel, dentine, and tooth-coloured filling materials. *J Dent*. 2006 Mar;34(3):214-20. doi: 10.1016/j.jdent.2005.06.003.
222. Kawai K, Heaven TJ, Retief DH. In vitro dentine fluoride uptake from three fluoride-containing composites and their acid resistance. *J Dent*. 1997 May-Jul;25(3-4):291-6. doi: 10.1016/s0300-5712(96)00045-0.
223. Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, Riley JL 3rd. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. *J Am Dent Assoc*. 2014 Oct;145(10):1036-43. doi: 10.14219/jada.2014.57.
224. Ganss C, Klimek J, Starck C. Quantitative analysis of the impact of the organic matrix on the fluoride effect on erosion progression in human dentine using longitudinal microradiography. *Arch Oral Biol*. 2004 Nov;49(11):931-5. doi: 10.1016/j.archoralbio.2004.05.010.
225. Ganss C, Hardt M, Lussi A, Cocks AK, Klimek J, Schlueter N. Mechanism of action of tin-containing fluoride solutions as anti-erosive agents in dentine - an in vitro tin-uptake, tissue loss, and scanning electron microscopy study. *Eur J Oral Sci*. 2010 Aug;118(4):376-84. doi: 10.1111/j.1600-0722.2010.00742.x.
226. Spencer P, Ye Q, Park J, Topp EM, Misra A, Marangos O, Wang Y, Bohaty BS, Singh V, Sene F, Eslick J, Camarda K, Katz JL. Adhesive/Dentin interface: the weak link in the composite restoration. *Ann Biomed Eng*. 2010 Jun;38(6):1989-2003. doi: 10.1007/s10439-010-9969-6.
227. Choi JW, Lee MJ, Oh SH, Kim KM. Changes in the physical properties and color stability of aesthetic restorative materials caused by various beverages. *Dent Mater J*. 2019 Feb 8;38(1):33-40. doi: 10.4012/dmj.2017-247.

228. Kirsten GA, Takahashi MK, Rached RN, Giannini M, Souza EM. Microhardness of dentin underneath fluoride-releasing adhesive systems subjected to cariogenic challenge and fluoride therapy. *J Dent*. 2010 Jun;38(6):460-8. doi: 10.1016/j.jdent.2010.02.006.
229. Chowdhury AFMA, Saikaew P, Alam A, Sun J, Carvalho RM, Sano H. Effects of Double Application of Contemporary Self-Etch Adhesives on Their Bonding Performance to Dentin with Clinically Relevant Smear Layers. *J Adhes Dent*. 2019;21(1):59-66. doi: 10.3290/j.jad.a41986.
230. Bagheri R, Taha NA, Azar MR, Burrow MF. Effect of G-Coat Plus on the mechanical properties of glass-ionomer cements. *Aust Dent J*. 2013 Dec;58(4):448-53. doi: 10.1111/adj.12122.
231. Wan AC, Yap AU, Hastings GW. Acid-base complex reactions in resin-modified and conventional glass ionomer cements. *J Biomed Mater Res*. 1999;48(5):700-4. doi: 10.1002/(sici)1097-4636(1999)48:5<700::aid-jbm15>3.0.co;2-1.
232. De Moor RJ, Verbeeck RM. Changes in surface hardness of conventional restorative glass ionomer cements. *Biomaterials*. 1998 Dec;19(24):2269-75. doi: 10.1016/s0142-9612(98)00135-5.
233. Jafarpour D, Mese A, Ferooz M, Bagheri R. The effects of nanofilled resin-based coatings on the physical properties of glass ionomer cement restorative materials. *J Dent*. 2019 Oct;89:103177. doi: 10.1016/j.jdent.2019.07.015.
234. Turssi CP, Hara AT, Serra MC, Rodrigues AL Jr. Effect of storage media upon the surface micromorphology of resin-based restorative materials. *J Oral Rehabil*. 2002 Sep;29(9):864-71. doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00926.x.
235. Kooi TJ, Tan QZ, Yap AU, Guo W, Tay KJ, Soh MS. Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Oper Dent*. 2012 Nov-Dec;37(6):665-71. doi: 10.2341/11-419-L.
236. Lim BS, Ferracane JL, Condon JR, Adey JD. Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites. *Dent Mater*. 2002 Jan;18(1):1-11. doi: 10.1016/s0109-5641(00)00103-2.

237. Leung RL, Adishian SR, Fan PL. Postirradiation comparison of photoactivated composite resins. *J Prosthet Dent.* 1985 Nov;54(5):645-9. doi: 10.1016/0022-3913(85)90240-9.
238. Hamza B, Tanner M, Körner P, Attin T, Wegehaupt FJ. Effect of toothbrush bristle stiffness and toothbrushing force on the abrasive dentine wear. *Int J Dent Hyg.* 2021 Nov;19(4):355-359. doi: 10.1111/idh.12536.
239. Schlueter N, Luka B. Erosive tooth wear - a review on global prevalence and on its prevalence in risk groups. *Br Dent J.* 2018 Mar 9;224(5):364-370. doi: 10.1038/sj.bdj.2018.167.
240. Wiegand A, Attin T. Occupational dental erosion from exposure to acids: a review. *Occup Med (Lond).* 2007 May;57(3):169-76. doi: 10.1093/occmed/kql163.
241. Jaeggi T, Lussi A. Prevalence, incidence and distribution of erosion. *Monogr Oral Sci.* 2014;25:55-73. doi: 10.1159/000360973.
242. West NX, Hughes JA, Addy M. The effect of pH on the erosion of dentine and enamel by dietary acids in vitro. *J Oral Rehabil.* 2001 Sep;28(9):860-4. doi: 10.1046/j.1365-2842.2001.00778.x.
243. Wiegand A, Gutsche M, Attin T. Effect of olive oil and an olive-oil-containing fluoridated mouthrinse on enamel and dentin erosion in vitro. *Acta Odontol Scand.* 2007 Nov;65(6):357-61. doi: 10.1080/00016350701771843.
244. Lippert F, Arrageg MA, Eckert GJ, Hara AT. Interaction between toothpaste abrasivity and toothbrush filament stiffness on the development of erosive/abrasive lesions in vitro. *Int Dent J.* 2017 Dec;67(6):344-350. doi: 10.1111/idj.12305.
245. Giles A, Claydon NC, Addy M, Hughes N, Sufi F, West NX. Clinical in situ study investigating abrasive effects of two commercially available toothpastes. *J Oral Rehabil.* 2009 Jul;36(7):498-507. doi: 10.1111/j.1365-2842.2009.01965.x.
246. Franzò D, Philpotts CJ, Cox TF, Joiner A. The effect of toothpaste concentration on enamel and dentine wear in vitro. *J Dent.* 2010 Dec;38(12):974-9. doi: 10.1016/j.jdent.2010.08.010.

247. Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature. *J Oral Sci.* 2011 Sep;53(3):273-82. doi: 10.2334/josnugd.53.273.
248. Bicalho AA, Valdívia AD, Barreto BC, Tantbirojn D, Versluis A, Soares CJ. Incremental filling technique and composite material--part II: shrinkage and shrinkage stresses. *Oper Dent.* 2014 Mar-Apr;39(2):E83-92. doi: 10.2341/12-442-L.
249. Soares CJ, Faria-E-Silva AL, Rodrigues MP, Vilela ABF, Pfeifer CS, Tantbirojn D, Versluis A. Polymerization shrinkage stress of composite resins and resin cements - What do we need to know? *Braz Oral Res.* 2017 Aug 28;31(suppl 1):e62. doi: 10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0062.
250. Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, Lee IB. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *J Dent.* 2015 Apr;43(4):430-9. doi: 10.1016/j.jdent.2015.02.002.
251. Segal P, Sap D, Ben-Amar A, Levartovsky S, Matalon S. A comparison of temperature increases produced by "premium" and "standard" diamond burs: An in-vitro study. *Quintessence Int.* 2016 Feb;47(2):161-6. doi: 10.3290/j.qi.a34978.
252. Cardoso MV, Coutinho E, Ermis RB, Poitevin A, Van Landuyt K, De Munck J, Carvalho RC, Van Meerbeek B. Influence of dentin cavity surface finishing on micro-tensile bond strength of adhesives. *Dent Mater.* 2008 Apr;24(4):492-501. doi: 10.1016/j.dental.2007.04.011.
253. Matos AB, Oliveira DC, Vieira SN, Netto NG, Powers JM. Influence of oil contamination on in vitro bond strength of bonding agents to dental substrates. *Am J Dent.* 2008 Apr;21(2):101-4.
254. Marshall GW Jr, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997 Nov;25(6):441-58. doi: 10.1016/s0300-5712(96)00065-6.
255. Hashimoto M, Fujita S, Endo K, Ohno H. Effect of dentinal water on bonding of self-etching adhesives. *Dent Mater J.* 2009 Sep;28(5):634-41. doi: 10.4012/dmj.28.634.
256. Pashley DH, Carvalho RM. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997 Sep;25(5):355-72. doi: 10.1016/s0300-5712(96)00057-7.

257. Higashi C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD, Gomes OM, Gomes JC. Impact of adhesive application and moisture on the mechanical properties of the adhesive interface determined by the nano-indentation technique. *Oper Dent*. 2009 Jan-Feb;34(1):51-7. doi: 10.2341/08-36.
258. Mohamed-Tahir MA, Tan HY, Woo AA, Yap AU. Effects of pH on the microhardness of resin-based restorative materials. *Oper Dent*. 2005 Sep-Oct;30(5):661-6.
259. Yap AU, Lim LY, Yang TY, Ali A, Chung SM. Influence of dietary solvents on strength of nanofill and ormocer composites. *Oper Dent*. 2005 Jan-Feb;30(1):129-33.
260. Moldovan M, Balazsi R, Soanca A, Roman A, Sarosi C, Prodan D, Vlassa M, Cojocaru I, Saceleanu V, Cristescu I. Evaluation of the Degree of Conversion, Residual Monomers and Mechanical Properties of Some Light-Cured Dental Resin Composites. *Materials (Basel)*. 2019 Jun 30;12(13):2109. doi: 10.3390/ma12132109.
261. Peutzfeldt A. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci*. 1997 Apr;105(2):97-116. doi: 10.1111/j.1600-0722.1997.tb00188.x.
262. Shimokawa C, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of Curing Light and Exposure Time on the Polymerization of Bulk-Fill Resin-Based Composites in Molar Teeth. *Oper Dent*. 2020 May/Jun;45(3):E141-E155. doi: 10.2341/19-126-L.
263. Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, Braga RR, Price RB. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites. *Dent Mater*. 2018 Aug;34(8):1211-1221. doi: 10.1016/j.dental.2018.05.002.
264. Attin T, Becker K, Roos M, Attin R, Paqué F. Impact of storage conditions on profilometry of eroded dental hard tissue. *Clin Oral Investig*. 2009 Dec;13(4):473-8. doi: 10.1007/s00784-009-0253-9.



APÊNDICE A – Valores originais obtidos pela análise da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) em dentina e restauração após realização do desafio erosivo

GRUPO ESPÉCIME	G1		G2		G3		G4		G5	
	DENTINA	RESTAURAÇÃO								
1	27.4334	0.2608	31.2169	0.3295	20.9469	0.2471	32.9308	0.3752	25.3940	2.2507
2	22.3626	0.6515	24.0223	0.2143	29.0564	0.7682	23.4254	0.2766	19.4159	2.5495
3	29.4547	0.4760	25.6011	0.6163	26.0979	0.3622	29.8454	0.8883	24.1178	2.0374
4	29.1890	0.2822	29.8586	0.7706	25.6583	0.3610	27.8964	0.8585	21.9215	6.7244
5	29.3146	0.4911	25.9975	0.2934	29.4650	0.4398	22.9817	0.2598	25.2713	1.4290
6	26.9557	0.7939	25.3382	0.4252	31.2432	0.3581	27.8347	0.2651	24.0159	3.2199
7	28.2287	0.9125	31.6248	0.1456	25.6834	0.5899	29.4913	0.4011	30.5213	3.8540
8	23.8329	0.4212	25.1961	0.2219	32.0764	0.5500	20.0091	0.2327	26.5712	2.3206
9	24.3603	0.7057	23.8269	0.2333	23.5369	0.7783	25.5616	0.5108	22.9356	5.6387
10	25.8654	0.2507	27.8943	0.2047	29.7478	0.5769	30.8802	0.2175	23.8467	3.6448
11	29.5700	0.8388	26.6513	0.2308	27.5601	0.2399	26.6917	0.2802	23.7360	1.2631
12	26.7654	0.4878	20.7338	0.1792	29.1001	0.2737	21.9157	0.2916	16.1242	3.0597
13	26.8925	0.5542	24.2717	0.3052	27.2081	0.4662	30.2980	0.4858	25.8040	3.0880
14	21.7536	0.4672	28.8483	0.2808	32.6876	0.3317	24.6988	0.6635	23.1120	4.6786
15	21.3108	0.3847	22.9017	0.6861	22.1561	0.2902	25.3408	0.2836	23.2634	1.5853



APÊNDICE B – Valores originais obtidos pela análise da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) em dentina e restauração antes e depois da realização do desafio erosivo

GRUPO SUBSTRATO ESPECÍME	G1				G2				G3				G4				G5			
	DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS																
1	0.1363	1.0051	0.2776	0.2827	0.1557	0.8069	0.2113	0.4659	0.1164	0.6132	0.1596	0.1758	0.1605	0.9479	0.1736	0.6013	0.1375	0.8725	0.3951	1.7749
	0.1517	0.8016	0.2675	0.2289	0.1671	0.7591	0.2097	0.6442	0.1166	0.6112	0.1452	0.1500	0.1639	0.8543	0.1569	0.4511	0.1770	0.8135	0.2551	1.5535
	0.1495	0.6070	0.2731	0.2482	0.1486	0.7166	0.2151	0.4415	0.1319	0.6311	0.1558	0.1438	0.1650	0.8538	0.1503	0.4012	0.1699	0.8695	0.2330	1.4291
	0.1532	0.8619	0.2459	0.2734	0.1536	0.8257	0.2185	0.3993	0.1817	0.9803	0.1573	0.2509	0.1122	0.7254	0.1298	0.3680	0.1483	0.5351	0.5609	1.6526
2	0.1410	1.1174	0.2428	0.2274	0.1582	0.8308	0.2318	0.4177	0.1643	1.3359	0.1727	0.2076	0.1224	0.7649	0.1233	0.3435	0.1316	0.5800	0.4113	2.4731
	0.1350	0.9320	0.2399	0.2364	0.1579	0.6965	0.1843	0.5344	0.1526	0.8338	0.1525	0.2024	0.1132	0.7565	0.1791	0.3364	0.1683	0.5291	0.3459	3.8537
	0.1335	1.0201	0.1926	0.1844	0.1925	0.8465	0.2002	0.5142	0.1113	0.7339	0.1294	0.1451	0.1594	0.6571	0.4062	0.4422	0.1530	0.8349	0.8321	1.4977
	0.1312	0.8786	0.1981	0.1784	0.1676	0.9957	0.2014	0.4433	0.1027	0.8867	0.1338	0.1508	0.1566	0.6562	0.4319	0.4632	0.1512	0.7092	0.8291	1.7465
3	0.1332	0.9936	0.2046	0.1840	0.1549	0.9531	0.1954	0.3918	0.1024	0.7108	0.1494	0.1634	0.1599	0.6315	0.4790	0.3943	0.1652	0.7064	0.8838	1.8234
	0.1105	0.8365	0.1517	0.1746	0.1708	0.7706	0.1838	0.4491	0.1463	0.8510	0.2605	0.3044	0.1683	0.6159	0.2666	0.3765	0.1591	0.7174	0.4557	1.7495
	0.1103	0.6126	0.1522	0.1914	0.1432	0.6378	0.1724	0.4884	0.1604	0.7788	0.2341	0.2626	0.1712	0.7334	0.2523	0.4063	0.1470	0.6645	0.2585	4.3403
	0.1233	0.7487	0.1557	0.1767	0.1639	0.7102	0.1761	0.4864	0.1408	0.6075	0.2352	0.2476	0.1800	0.6663	0.2512	0.3706	0.1530	0.7863	0.4757	2.4903
4	0.1114	0.8530	0.1404	0.1774	0.1284	0.7743	0.1959	0.5156	0.1674	0.7992	0.1694	0.1949	0.1395	0.5265	0.2097	0.3910	0.1713	0.7937	0.2711	2.3953
	0.1117	0.8993	0.1698	0.2112	0.1243	0.9420	0.1650	0.4817	0.1592	0.9910	0.1906	0.1995	0.1474	0.6289	0.2202	0.4544	0.1867	0.8275	0.2781	1.8859
	0.1156	0.8967	0.1489	0.1591	0.1238	1.0177	0.1686	0.5699	0.1640	0.7763	0.1746	0.2164	0.1353	0.5547	0.2202	0.3893	0.1831	0.7344	0.3015	1.4028
	0.1311	0.7228	0.1423	0.1990	0.1292	1.1827	0.1915	0.5864	0.2094	0.9026	0.1745	0.1557	0.1406	0.7690	0.1950	0.4824	0.1563	1.0669	0.4476	1.8402
5	0.1335	1.0508	0.1458	0.1840	0.1684	1.2288	0.1744	0.4282	0.1709	0.9178	0.1707	0.1898	0.1400	0.7003	0.2067	0.5845	0.1541	0.8359	0.4244	1.7729
	0.1241	1.0390	0.1377	0.1846	0.1245	1.3159	0.1659	0.4487	0.1916	0.9099	0.1798	0.1711	0.1492	0.6436	0.1905	0.5328	0.1429	0.9529	0.4125	1.9373
	0.1209	0.7549	0.1259	0.1868	0.1799	0.8233	0.2139	0.4209	0.1400	1.2463	0.2637	0.1509	0.1586	0.8057	0.2099	0.5037	0.1496	0.6269	0.2449	1.4483
	0.1310	0.8420	0.1285	0.1946	0.1857	0.8857	0.1907	0.4902	0.1324	0.8997	0.2430	0.1581	0.1521	0.6941	0.1991	0.5084	0.1684	0.6106	0.4447	1.4946
6	0.1432	0.8857	0.1295	0.2015	0.1786	0.8018	0.1780	0.3536	0.1383	0.9225	0.2285	0.1648	0.1506	0.7536	0.1788	0.4889	0.1564	0.7225	0.2364	1.9274
	0.1662	0.7701	0.1974	0.1556	0.1360	0.8523	0.1641	0.4050	0.1269	1.0040	0.1804	0.2571	0.1248	0.7448	0.1788	0.4889	0.1665	1.1464	0.4063	4.7404
	0.1691	0.9889	0.2044	0.1484	0.1434	0.7924	0.1823	0.4046	0.1285	1.0349	0.1622	0.2367	0.1177	0.5688	0.1255	0.4931	0.1556	1.0111	0.4324	2.4168
	0.1732	0.7964	0.2814	0.1627	0.1369	0.7976	0.1732	0.3940	0.1248	1.0065	0.1599	0.2445	0.1165	0.7637	0.1306	0.5014	0.1732	1.2059	0.3680	2.4759

9	0.1286	0.9128	0.7187	0.1351	0.1166	0.2038	0.8580	0.2208	0.4054	0.1135	0.7579	0.1555	0.1886	0.1024	0.7616	0.1354	0.4571	0.1381	0.6138	0.4106	1.5309
	0.1201	0.7315	0.1441	0.2044	0.1688	0.2394	0.7844	0.2218	0.4791	0.1174	0.8184	0.1395	0.1616	0.1075	0.5608	0.1338	0.5438	0.1209	0.5728	0.2330	2.4782
	0.1429	0.8783	0.1485	0.1505	0.1483	0.1483	0.7979	0.1776	0.4705	0.1132	0.7376	0.1331	0.1674	0.1115	0.6924	0.1499	0.4826	0.1202	0.7785	0.5608	2.7628
10	0.1433	1.0193	1.0193	0.1473	0.1474	0.1475	1.0536	0.1722	0.4732	0.1341	0.8196	0.1944	0.2253	0.1130	0.7099	0.1297	0.4206	0.1581	0.8744	0.2815	3.3366
	0.1456	1.0464	1.0464	0.1488	0.1719	0.1668	0.9029	0.1714	0.4078	0.1415	0.8478	0.2097	0.2185	0.1198	0.7231	0.1582	0.4088	0.1505	0.7217	0.2628	1.9748
	0.1317	1.2773	1.2773	0.1723	0.1865	0.1123	0.7615	0.1078	0.4346	0.1381	0.8709	0.2025	0.2196	0.2513	0.6391	0.2324	0.4050	0.1949	0.6108	0.2392	1.1156
11	0.1197	0.8091	0.8091	0.1646	0.1796	0.1106	0.9440	0.2305	0.4245	0.1527	0.8788	0.2098	0.2162	0.2180	0.6153	0.2408	0.3810	0.2091	0.6802	0.4260	1.3824
	0.1212	0.7751	0.7751	0.1814	0.1616	0.1039	0.7178	0.1333	0.7331	0.1469	0.9325	0.1976	0.2373	0.2496	0.7607	0.2276	0.3784	0.1973	0.6647	0.2893	1.9690
	0.1216	1.0427	1.0427	0.1243	0.2569	0.1647	0.6609	0.1459	0.4803	0.1376	0.7913	0.1836	0.2147	0.1260	0.8752	0.1886	0.4665	0.1496	0.6227	1.1203	1.2358
12	0.1206	0.7400	0.7400	0.1288	0.1708	0.1305	0.6502	0.1836	0.4391	0.1518	0.6945	0.1917	0.2155	0.1034	0.7868	0.1897	0.4246	0.1473	0.7100	2.5115	2.3657
	0.1315	0.7703	0.7703	0.1372	0.1831	0.1326	0.7916	0.2166	0.4094	0.1498	0.7598	0.1854	0.2165	0.1134	0.9637	0.1800	0.4312	0.1419	0.8901	1.3216	1.8923
	0.1267	0.8419	0.8419	0.1632	0.1731	0.1490	0.7845	0.2778	0.6867	0.1271	0.7377	0.1821	0.2717	0.2425	0.7293	0.4098	0.5289	0.1318	0.8233	0.2974	1.6523
13	0.1224	0.7355	0.7355	0.1670	0.1736	0.1549	0.7335	0.2740	0.4920	0.1373	0.6790	0.1813	0.2602	0.2367	0.7477	0.4226	0.5996	0.1344	0.8008	0.3518	1.8946
	0.1356	0.7047	0.7047	0.1830	0.1675	0.1545	0.9113	0.2641	0.4368	0.1477	0.6670	0.1736	0.2547	0.2295	0.6742	0.4490	0.4778	0.1294	0.8134	0.3588	3.2455
	0.1285	0.8060	0.8060	0.1633	0.1250	0.1426	0.8166	0.1887	0.6872	0.1782	1.2303	0.2746	0.2401	0.1430	0.6737	0.1962	0.4590	0.1165	1.0605	0.3280	2.3684
14	0.1908	0.6610	0.6610	0.2104	0.1331	0.1478	0.8105	0.1779	0.5678	0.1853	0.9320	0.2618	0.2390	0.1304	0.6113	0.1915	0.5282	0.1221	0.8613	0.2011	1.8630
	0.1627	0.8943	0.8943	0.1517	0.1603	0.1406	0.7751	0.1666	0.3374	0.1797	0.8240	0.2363	0.2392	0.1465	0.6581	0.1960	0.4593	0.1169	0.8683	0.2297	2.3442
	0.1581	1.0632	1.0632	0.2108	0.1751	0.1366	0.8675	0.1593	0.3823	0.1724	0.8684	0.2571	0.2774	0.1495	0.8989	0.1665	0.4476	0.1767	0.6105	0.2886	1.8672
15	0.1717	0.9555	0.9555	0.1647	0.1800	0.1361	0.8815	0.1592	0.5090	0.1792	0.7791	0.2636	0.1972	0.1495	0.7195	0.1621	0.5095	0.1882	0.6473	0.2415	1.4929
	0.1360	1.2315	1.2315	0.1681	0.1891	0.1395	1.0043	0.1607	0.3861	0.1567	0.8366	0.2400	0.1964	0.1724	0.7810	0.1577	0.4348	0.1871	0.7059	0.2405	2.0068

APÊNDICE C – Valores originais obtidos pela análise da dureza superficial (kg/mm<sup>2</sup>) em dentina, interface adesiva e restauração antes e depois da realização do desafio erosivo

GRUPO	G1			G2			G3			G4			G5															
	DENTINA ANTES	DENTINA DEPOIS	RESTAURAÇÃO ANTES DEPOIS	DENTINA ANTES DEPOIS	DENTINA DEPOIS	RESTAURAÇÃO ANTES DEPOIS	DENTINA ANTES DEPOIS	DENTINA DEPOIS	RESTAURAÇÃO ANTES DEPOIS	DENTINA ANTES DEPOIS	DENTINA DEPOIS	RESTAURAÇÃO ANTES DEPOIS	DENTINA ANTES DEPOIS	DENTINA DEPOIS	RESTAURAÇÃO ANTES DEPOIS													
1	36.314	8.229	19.752	20.661	44.461	32.083	37.517	11.037	23.592	18.303	62.812	38.111	21.902	46.604	48.618	35.359	8.410	25.918	14.413	61.229	38.972	59.898	4.421	65.380	31.507			
	33.404	7.916	20.841	23.934	41.673	49.240	62.714	13.235	26.874	16.042	71.073	36.140	39.640	10.797	26.777	24.030	49.753	38.537	37.361	5.852	22.919	10.929	54.440	35.359	56.622	4.963	70.433	31.831
	35.554	7.076	19.063	19.035	44.673	46.072	63.843	12.231	24.332	17.973	66.727	35.611	39.486	10.910	12.327	24.416	41.483	39.645	64.694	6.033	18.703	17.182	52.672	36.245	63.430	3.729	55.950	31.836
	34.505	8.113	27.112	18.474	39.034	51.866	60.242	14.200	28.648	18.335	68.110	42.530	61.110	12.327	24.416	27.992	41.955	39.645	64.694	5.991	24.973	17.673	57.857	30.437	63.096	3.935	73.367	33.735
	36.613	12.766	23.010	18.482	33.983	31.544	61.125	11.330	33.274	18.080	39.341	35.702	60.336	9.804	28.743	26.710	35.290	49.303	64.710	5.317	23.600	10.307	53.857	35.217	57.984	4.281	53.335	33.542
	34.273	15.588	22.649	15.747	44.613	46.030	56.732	8.866	23.531	17.476	67.416	32.634	43.462	6.436	23.891	24.994	37.733	30.336	63.369	10.137	18.862	17.397	64.843	38.358	39.879	9.312	70.337	34.025
2	30.733	13.173	21.563	20.100	40.809	41.133	38.538	8.227	27.373	12.603	63.990	36.633	30.460	4.305	23.900	23.056	35.799	36.230	67.339	11.828	23.761	15.135	63.857	47.336	36.619	8.159	82.236	31.770
	30.646	13.541	22.733	20.366	30.761	43.983	33.767	8.662	24.964	19.386	60.018	28.675	36.437	4.714	27.952	21.434	33.337	32.825	63.792	9.188	20.251	20.333	61.833	34.439	40.941	9.329	79.160	31.904
	36.477	16.383	22.269	19.668	41.910	47.621	64.872	8.668	29.951	19.017	60.132	37.238	30.172	4.093	24.317	22.861	40.077	30.630	62.651	13.614	22.933	21.769	57.126	40.971	40.338	8.891	78.348	31.298
	31.113	14.917	24.357	23.236	31.937	43.328	64.174	13.419	30.112	16.633	66.023	39.420	31.703	5.194	26.046	21.058	32.524	33.333	36.676	11.513	22.149	17.833	64.714	37.771	43.415	9.688	61.095	33.009
	37.518	11.137	16.075	30.230	41.504	52.317	46.344	13.033	19.428	17.472	61.743	32.522	64.144	4.335	26.492	17.023	41.770	37.793	37.854	7.167	21.549	14.303	57.436	33.100	36.222	6.993	33.874	33.713
	39.718	14.183	15.666	29.072	41.043	47.639	51.979	12.107	19.091	13.153	38.329	36.162	60.489	3.271	23.633	19.250	22.395	39.903	36.332	6.875	30.540	19.130	38.765	32.945	36.974	5.210	64.137	47.584
61.242	10.234	16.304	28.663	38.707	34.099	50.279	14.739	19.197	17.198	35.996	33.924	47.409	3.035	23.694	20.733	40.398	31.120	33.767	9.130	27.833	15.564	57.313	34.353	33.497	4.809	67.433	34.420	
3	36.143	12.313	16.732	20.145	40.842	31.844	53.107	13.407	18.800	16.314	60.706	39.247	35.321	3.030	26.226	20.797	49.212	30.482	35.746	7.312	33.049	17.371	61.586	37.426	46.411	3.530	60.160	32.936
	39.720	10.494	20.254	19.692	44.894	31.790	54.570	13.336	17.264	14.009	51.842	34.610	35.745	5.733	26.942	22.427	44.229	33.731	34.390	6.007	31.010	13.676	74.977	31.915	38.516	3.006	61.762	30.487
	68.284	8.136	21.923	14.670	34.760	36.153	53.724	21.223	26.566	26.605	43.273	40.324	37.541	9.906	27.276	22.751	33.387	37.704	32.337	6.763	26.233	14.136	52.360	39.267	62.436	6.718	38.113	36.601
	62.989	10.672	21.923	16.638	39.869	30.912	56.976	24.739	26.470	24.100	54.711	32.386	35.597	10.933	26.440	21.718	44.456	37.433	30.908	6.813	31.127	14.220	53.936	34.113	37.633	5.867	32.767	43.675
	64.307	8.686	16.433	15.700	37.260	41.709	53.197	17.983	23.297	26.400	59.460	41.306	36.832	7.029	27.681	18.343	43.873	33.938	37.454	6.822	24.271	12.406	67.990	39.922	61.894	3.704	37.773	32.921
	61.743	7.303	19.052	17.334	31.643	49.330	31.160	24.484	26.380	30.123	33.343	33.713	35.633	8.436	23.010	19.635	48.166	36.137	36.370	3.340	27.006	10.062	33.468	36.127	32.104	6.146	33.899	47.604
4	63.537	6.747	19.441	15.644	32.334	43.172	36.084	19.437	26.226	29.169	33.394	32.011	60.609	11.333	22.412	19.073	43.352	33.918	38.690	5.425	24.308	13.371	36.773	37.602	66.154	3.966	39.376	48.088
	33.960	13.163	29.333	20.290	43.496	33.337	49.671	16.316	34.803	15.480	34.990	33.280	61.697	6.732	23.213	27.030	47.177	48.727	49.547	5.738	31.216	14.896	70.737	40.733	37.204	3.022	61.113	41.148
	35.314	11.389	26.733	20.134	44.838	43.918	54.149	10.163	25.012	16.038	33.013	34.317	37.831	6.744	23.805	23.263	44.691	32.449	31.402	4.182	34.296	24.870	64.703	41.840	36.433	4.302	79.513	43.771
	34.699	11.222	26.764	20.314	41.823	44.869	34.043	9.233	30.108	14.360	60.383	32.981	64.393	5.827	24.976	25.734	33.349	43.929	30.936	4.182	34.296	24.870	70.640	44.007	38.064	6.363	73.441	43.389
	35.351	11.510	27.780	20.239	40.136	43.174	37.743	11.376	33.038	16.491	61.043	31.910	69.043	6.435	23.733	31.932	39.635	47.880	30.124	8.792	33.212	16.342	66.736	30.714	63.836	6.779	64.026	47.409
	30.800	13.299	29.621	19.618	45.148	43.711	34.416	16.617	31.013	15.329	33.743	39.709	63.623	6.344	23.568	32.969	37.033	43.892	32.314	3.339	29.997	23.486	69.970	40.739	63.090	6.735	62.731	42.384
5	34.702	10.971	23.515	23.346	42.923	36.206	36.436	17.868	19.134	26.331	61.671	40.289	35.627	3.243	20.874	22.307	38.044	40.845	63.333	9.419	31.037	19.444	67.915	46.717	68.684	9.172	35.361	33.421
	34.365	13.130	23.334	21.107	46.106	33.133	33.789	16.676	19.606	30.670	36.387	37.273	47.331	5.203	23.423	20.951	39.014	43.131	60.962	9.014	32.219	16.415	73.823	42.033	61.071	9.309	32.651	30.484
	34.213	8.994	30.292	20.403	49.173	32.333	60.899	18.914	21.248	29.650	60.319	33.854	49.877	6.329	23.341	23.973	38.733	46.310	55.617	9.184	32.216	19.047	70.943	33.923	62.079	6.854	30.378	32.162
	62.173	11.911	24.020	21.122	44.794	31.219	36.277	22.899	29.700	22.018	54.100	37.583	30.356	4.231	20.676	23.156	40.793	34.397	33.530	5.369	28.533	16.018	63.533	42.984	66.846	9.810	53.309	27.177
	39.344	7.072	31.939	20.626	43.974	33.043	60.468	23.042	22.786	26.442	62.732	43.744	30.023	6.298	19.900	27.703	38.693	43.334	60.349	8.606	33.884	13.080	31.403	36.433	35.390	9.042	30.001	23.863
	39.344	7.072	31.939	20.626	43.974	33.043	60.468	23.042	22.786	26.442	62.732	43.744	30.023	6.298	19.900	27.703	38.693	43.334	60.349	8.606	33.884	13.080	31.403	36.433	35.390	9.042	30.001	23.863

7	30.517	6.035	20.545	18.372	30.795	41.635	64.600	44.333	64.535	57.326	28.166	23.876	34.614	36.855	30.061	9.022	24.715	21.423	65.783	42.738	59.218	4.207	51.876	28.306						
	36.827	7.584	16.498	25.684	30.691	37.631	61.905	14.296	24.422	16.442	16.442	37.035	42.130	60.522	8.207	20.044	29.555	19.529	63.030	41.247	62.731	4.417	52.373	28.617						
	33.174	6.535	16.005	21.622	31.965	34.930	63.936	14.056	33.974	21.827	21.827	49.956	48.164	66.600	8.941	26.272	24.646	40.745	36.790	51.261	36.769	61.191	3.617	51.136	31.164					
	31.417	7.088	16.461	27.622	33.300	34.859	38.875	14.056	33.974	21.827	21.827	49.956	48.164	66.600	8.941	26.272	24.646	40.745	36.790	51.261	36.769	61.191	3.617	51.136	31.164					
	45.951	6.030	23.213	15.178	37.375	39.913	60.926	14.333	30.398	25.361	25.361	38.123	41.733	61.165	9.739	25.736	27.338	40.907	30.980	56.613	12.360	25.772	14.133	61.660	41.070	33.792	5.403	49.683	29.032	
	37.125	14.991	23.175	25.175	46.051	40.713	34.942	32.179	24.860	35.523	30.443	79.357	34.942	42.525	30.824	37.349	18.619	29.205	42.525	30.824	37.349	18.619	29.205	24.989	58.013	41.676	59.276	8.846	52.057	30.136
	63.556	17.634	23.826	21.740	49.796	39.579	30.669	15.031	36.372	28.921	28.921	37.433	34.710	71.093	6.396	25.015	20.102	39.652	33.648	39.337	10.850	24.012	24.012	62.033	45.454	60.201	11.400	37.346	34.333	
	37.445	15.621	22.171	27.377	32.308	39.703	31.373	34.839	29.182	35.158	35.400	69.165	6.022	26.606	22.210	34.528	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854	36.854
	64.409	15.350	28.879	23.296	33.606	34.727	36.696	14.926	33.829	26.824	60.994	34.444	63.997	8.565	27.811	30.372	41.948	38.286	13.256	33.359	22.174	58.907	48.355	60.000	8.698	33.998	31.978			
	47.031	9.196	14.743	23.859	22.024	46.761	48.373	54.732	12.136	29.906	24.832	39.156	38.132	72.733	9.722	29.834	18.180	36.298	44.534	35.815	11.775	33.344	23.642	62.073	42.464	58.373	8.786	54.259	33.204	
47.971	7.779	14.545	30.322	33.015	38.643	38.103	13.931	15.123	15.688	38.383	34.804	34.197	7.612	23.448	19.538	33.190	33.421	45.804	9.583	22.107	25.463	63.956	49.331	58.159	11.737	70.923	38.406			
47.949	5.704	14.645	30.140	34.171	38.071	35.357	15.137	29.740	15.408	36.026	33.317	32.070	5.610	22.744	20.414	32.926	34.095	44.270	10.981	26.102	27.500	73.990	51.556	55.544	11.056	83.127	33.302			
67.996	13.959	15.910	26.715	41.576	43.385	61.090	17.912	15.959	22.933	61.134	38.607	17.721	13.633	29.394	23.807	35.801	37.612	35.353	12.096	21.859	21.088	79.950	35.248	56.062	11.389	99.144	37.362			
11	51.517	14.233	26.449	16.445	30.670	36.771	48.981	10.153	20.293	28.754	69.332	36.026	48.646	11.274	29.333	25.613	39.533	31.583	49.812	9.922	23.433	23.008	62.930	47.135	53.489	7.735	45.568	31.339		
48.529	12.453	24.244	16.615	40.874	45.859	46.710	10.619	20.617	26.595	64.065	36.113	48.098	15.899	13.246	28.749	38.429	42.227	47.039	12.892	26.349	30.345	62.053	44.684	33.709	6.962	44.578	27.428			
47.534	11.459	29.749	16.302	31.450	49.614	46.321	8.925	20.879	25.987	63.425	32.866	44.932	15.449	23.072	32.979	38.339	37.286	32.145	7.810	38.760	26.867	59.038	43.573	57.859	6.656	36.193	29.942			
30.628	11.972	22.302	16.745	33.999	42.099	48.932	11.099	29.823	19.904	65.603	35.292	45.831	15.490	17.770	23.104	38.989	41.174	37.318	9.208	33.911	26.162	65.932	47.737	63.699	6.516	48.988	25.632			
30.371	13.022	25.120	16.330	39.931	48.893	44.082	10.496	32.591	23.391	62.256	39.443	32.850	13.562	16.228	32.598	31.956	30.129	55.873	12.600	27.468	26.907	65.934	50.682	54.015	7.207	47.701	27.642			
31.056	11.620	18.459	24.372	33.612	31.112	33.096	12.809	25.330	26.236	59.041	36.834	37.347	3.135	29.214	20.026	43.861	36.419	68.395	15.794	27.379	24.131	62.021	39.010	37.443	11.388	79.833	43.992			
35.449	15.293	20.076	25.338	36.641	41.891	48.189	13.543	25.612	25.038	38.461	41.292	35.014	4.411	25.675	13.943	44.217	31.292	65.232	11.760	25.692	34.738	54.983	39.748	38.115	11.166	74.420	31.013			
31.075	12.598	15.407	25.076	37.231	45.235	48.104	14.033	26.203	21.726	69.598	37.333	60.978	5.797	27.845	19.640	37.334	32.069	77.630	13.339	39.772	30.432	59.947	49.472	51.478	15.000	69.513	32.119			
48.300	10.244	17.583	22.085	36.981	52.224	45.308	14.669	24.028	17.933	38.398	36.889	34.030	6.367	30.171	14.735	45.108	36.808	71.298	13.333	23.727	23.960	52.473	37.996	50.284	9.013	73.175	37.689			
48.334	15.898	14.173	22.079	35.498	51.300	48.877	17.229	23.875	19.135	39.368	31.381	60.435	9.882	27.853	15.351	37.764	47.436	78.618	11.462	22.606	23.279	47.499	39.742	35.677	9.645	73.275	35.427			
61.407	13.319	17.334	23.592	43.224	49.031	43.026	36.542	16.692	22.169	17.599	66.343	38.015	44.074	4.948	29.945	36.634	33.660	69.946	10.992	18.918	18.126	63.963	41.431	55.260	1.544	33.039	32.316			
67.791	12.770	18.030	26.213	43.831	46.687	39.715	16.797	19.401	26.032	39.335	34.738	32.866	3.203	23.339	13.389	33.219	39.037	64.832	10.773	25.017	20.652	66.139	42.180	33.383	3.122	68.934	32.330			
65.993	11.196	15.035	22.396	47.201	46.416	36.947	15.831	22.475	24.539	62.934	42.959	35.193	6.134	24.625	15.427	42.792	37.677	64.803	11.053	29.534	18.210	71.634	44.065	37.626	1.961	62.732	35.187			
36.210	12.997	16.798	24.412	46.201	44.113	36.575	16.641	23.333	19.603	60.478	34.006	31.700	6.071	27.236	19.226	35.992	38.545	61.056	7.229	21.106	14.699	68.376	37.856	51.123	1.686	68.331	37.932			
54.506	10.716	15.041	18.238	31.634	48.487	35.258	8.360	23.343	18.586	59.640	29.371	31.545	3.021	28.324	25.993	33.309	47.684	39.401	15.160	30.437	20.141	66.722	33.326	39.824	6.500	43.817	48.901			
35.295	12.185	15.791	22.611	38.737	48.776	63.046	9.044	24.971	16.788	61.049	34.748	37.043	31.541	6.932	20.211	41.990	44.783	38.941	10.338	29.878	20.710	66.186	38.930	39.771	7.131	48.747	37.341			
35.363	18.433	16.605	25.859	42.359	51.218	60.234	11.939	29.354	20.067	43.363	31.203	34.403	4.778	22.464	25.333	41.778	47.473	56.328	17.300	25.142	23.103	63.968	37.667	60.698	6.848	49.938	35.692			
35.125	10.359	17.209	25.016	48.326	49.273	64.241	7.511	21.211	29.200	54.472	33.130	34.513	5.014	26.175	15.137	40.425	43.502	62.058	13.993	31.239	20.775	48.909	56.229	38.911	6.036	33.459	42.362			
37.723	8.387	28.725	21.447	39.329	42.689	65.393	7.629	28.885	27.900	66.603	35.132	60.245	9.161	28.417	19.739	44.621	47.369	36.799	15.349	22.973	26.618	65.272	40.792	36.686	4.140	86.704	30.118			
35.067	8.761	23.444	21.857	49.812	65.875	54.551	11.838	24.832	30.970	66.811	37.837	34.362	11.838	19.773	14.773	42.251	47.169	69.489	6.338	21.937	24.926	63.186	40.860	56.478	1.311	66.667	32.300			
31.855	10.366	23.513	24.101	48.875	49.834	67.327	7.433	28.524	34.967	67.964	37.138	37.782	9.407	23.645	24.967	42.251	46.162	56.619	16.833	23.021	28.736	64.472	41.229	37.335	3.973	89.277	47.462			
37.247	7.094	24.434	22.460	41.711	48.199	70.415	7.300	27.669	25.298	65.899	32.902	36.405	8.327	30.905	22.379	40.941	40.068	64.152	17.369	22.890	23.460	67.266	31.861	59.201	3.884	0.3405	33.864			

APÊNDICE D – Valores originais obtidos pela análise da perda de superfície ( $\mu\text{m}$ ) em dentina e restauração após realização do desafio erosivo-abrasivo

GRUPO ESPÉCIME	G1		G2		G3		G4		G5	
	DENTINA	RESTAURAÇÃO								
1	15.9180	0.2818	17.0075	0.8489	12.6585	0.5396	10.1775	0.3735	12.5607	6.6000
2	17.6329	0.2666	19.1569	0.4891	4.8237	0.9454	8.7452	0.3764	9.1392	3.0850
3	19.0309	0.2996	15.6906	1.7132	2.9683	0.3427	11.6246	0.2983	11.6068	3.9583
4	15.9678	0.4541	13.2964	1.1210	6.0467	0.3465	12.7903	0.5660	11.7838	1.9250
5	10.0509	0.7546	16.4156	0.3605	9.6361	1.1645	9.6335	0.5481	11.2120	1.6257
6	12.8380	0.8792	15.4915	0.4218	11.1522	0.7938	16.9808	0.4533	10.1706	1.4501
7	15.6341	0.3749	14.2663	0.3908	8.6376	0.5861	16.5507	0.3717	7.9273	1.4631
8	15.0320	1.7108	16.8326	0.4395	6.9815	0.6190	12.9693	0.3401	9.2167	1.8644
9	19.4395	0.3522	18.5127	0.6262	7.8677	1.0927	12.1818	0.8248	11.4195	2.8553
10	20.3635	0.3179	15.7979	0.3105	5.2233	0.3533	16.4797	0.3957	8.8353	2.4675
11	15.6860	0.4489	19.3377	0.3673	9.8030	0.4045	9.1958	0.7087	9.5963	2.8397
12	18.5388	0.5987	14.2745	0.5566	12.6889	0.2500	14.7932	0.3812	12.3173	2.0749
13	17.6591	0.5820	12.6846	0.3923	2.6076	0.7368	16.4756	0.4748	12.5999	3.6202
14	14.9271	0.3683	20.4874	1.4182	3.7660	0.2988	19.0290	0.9389	10.1148	5.5566
15	16.6992	1.0942	14.5975	0.5403	7.6006	0.6641	18.0712	0.6990	7.3755	2.3672



APÊNDICE E – Valores originais obtidos pela análise da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) em dentina e restauração antes e depois da realização do desafio erosivo-abrasivo

GRUPO SUBSTRATO ESPÉCIME	G1				G2				G3				G4				G5			
	DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO		DENTINA		RESTAURAÇÃO	
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS																
1	0.1402	0.7546	0.2137	0.2446	0.1742	0.6480	0.2332	0.3675	0.1306	0.7538	0.1678	0.1973	0.1390	0.7575	0.1211	0.4133	0.1566	1.3934	0.2443	3.0744
	0.1363	0.7144	0.2116	0.2625	0.1945	0.7017	0.2005	0.3639	0.1388	0.7626	0.1721	0.1982	0.1323	0.8429	0.1266	0.4358	0.1564	1.3759	0.2222	4.5201
	0.1262	0.7194	0.2443	0.2608	0.2047	0.5799	0.1933	0.4370	0.1620	0.5524	0.1726	0.1931	0.1373	0.9397	0.1224	0.4719	0.1537	1.1094	0.2218	3.7257
	0.2367	0.5475	0.3018	0.3158	0.1577	0.5440	0.2297	0.3878	0.1308	1.1863	0.1758	0.2300	0.1396	0.4984	0.2190	0.3532	0.1267	0.7365	0.2473	2.6543
2	0.2420	0.6961	0.2803	0.3070	0.1677	0.5546	0.2240	0.3793	0.1339	1.1066	0.1755	0.2440	0.1470	0.5775	0.2027	0.3162	0.1233	0.7929	0.2157	3.4402
	0.2467	0.5559	0.2976	0.2926	0.1718	0.5764	0.2254	0.3092	0.1348	1.0483	0.1987	0.2221	0.1410	0.7709	0.1941	0.3449	0.1251	0.8900	0.2256	2.4818
	0.1681	0.3958	0.2068	0.2349	0.1644	0.3349	0.2083	0.5824	0.2323	0.3930	0.2343	0.3859	0.1695	0.3851	0.2348	0.3438	0.1731	0.8993	0.3212	2.7960
	0.1708	0.6130	0.2006	0.2524	0.1560	0.3130	0.1983	0.4728	0.2477	0.3682	0.2246	0.4202	0.1644	0.4626	0.2318	0.4314	0.1748	0.9860	0.3239	3.3243
3	0.1771	0.6001	0.1786	0.2098	0.1490	0.3845	0.2006	0.4808	0.2531	0.5010	0.2411	0.4276	0.1489	0.4447	0.1997	0.3914	0.1791	1.0488	0.3188	3.5502
	0.1552	0.5394	0.2160	0.2144	0.1910	0.6937	0.2132	0.4810	0.1907	0.6322	0.2220	0.2522	0.1606	0.5053	0.2775	0.4635	0.2229	1.4409	0.3563	2.1528
	0.1346	0.8172	0.2086	0.1929	0.1863	0.8939	0.1950	0.5151	0.1988	0.7092	0.2252	0.2256	0.1674	0.5302	0.2638	0.3777	0.2347	1.3328	0.3036	4.7955
	0.1321	0.7326	0.1993	0.2135	0.1794	0.8979	0.2032	0.3853	0.1920	0.7720	0.2232	0.2291	0.1689	0.5915	0.2803	0.4185	0.2449	1.1481	0.2777	2.1614
5	0.1333	0.7444	0.1713	0.2093	0.1322	0.5638	0.1684	0.2950	0.2570	0.5281	0.2857	0.3423	0.1407	0.4253	0.2199	0.5746	0.2077	0.7685	0.3874	1.8010
	0.1420	0.6747	0.1703	0.1932	0.1320	0.6027	0.1624	0.3268	0.2783	0.5208	0.2603	0.3362	0.1420	0.5936	0.2049	0.3924	0.2239	0.7736	0.3671	1.7149
	0.1617	0.8064	0.1714	0.1900	0.1344	0.6509	0.1631	0.2783	0.2650	0.4244	0.2824	0.3526	0.1430	0.6693	0.1990	0.4182	0.2259	0.8727	0.3636	1.8365
	0.1396	0.5674	0.2023	0.2149	0.1409	0.6778	0.1542	0.3610	0.2155	0.7111	0.2861	0.4202	0.2135	0.6810	0.1967	0.3968	0.1763	0.9115	0.2407	2.4666
6	0.1357	0.5746	0.2354	0.2179	0.1346	0.7316	0.1467	0.3824	0.2063	0.7708	0.3175	0.3633	0.1896	0.6506	0.1928	0.3997	0.1626	0.8577	0.2248	2.1461
	0.1422	0.6682	0.2289	0.2076	0.1277	0.7110	0.1507	0.5901	0.2048	0.7552	0.2325	0.3631	0.1715	0.6101	0.1882	0.3910	0.1722	0.9395	0.2347	4.0033
	0.1565	0.4583	0.2161	0.3624	0.1845	0.5864	0.2143	0.3825	0.2318	0.8462	0.2871	0.3064	0.1436	0.6566	0.1749	0.5309	0.2236	0.8254	0.2912	2.2715
	0.1485	0.5302	0.2113	0.3487	0.1871	0.7027	0.2268	0.4608	0.2378	0.7136	0.2935	0.2930	0.1487	0.6620	0.1836	0.3642	0.2085	0.8978	0.2754	4.4560
7	0.1501	0.5088	0.2086	0.3605	0.1843	0.7001	0.2231	0.3150	0.2377	0.8180	0.2707	0.3030	0.1455	0.5851	0.1864	0.3234	0.1951	0.8807	0.2724	4.5541

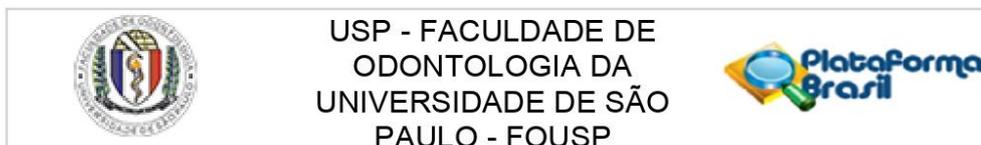
8	0.1771	0.6368	0.2432	0.2514	0.1697	0.8525	0.1977	0.4847	0.2205	0.7040	0.3460	0.2264	0.2203	0.4405	0.1449	0.3675	0.1574	1.1609	0.3779	2.3658
	0.1818	0.6438	0.2388	0.2609	0.1610	0.8259	0.1962	0.4242	0.2173	0.8854	0.3763	0.2837	0.2235	0.4841	0.1344	0.2603	0.1913	0.9709	0.4010	3.3471
	0.1820	0.9730	0.2605	0.2474	0.1594	0.6107	0.2117	0.4028	0.2242	0.8275	0.3550	0.2359	0.2155	0.5784	0.1370	0.3843	0.1808	0.8617	0.3699	1.8700
	0.1311	0.6747	0.2113	0.1972	0.1415	0.6618	0.1588	0.4628	0.1751	0.8947	0.2786	0.2562	0.2177	0.6029	0.2412	0.3443	0.1960	0.8532	0.4248	2.2561
9	0.1240	0.7245	0.2410	0.2273	0.1317	0.7144	0.1511	0.4062	0.1859	0.6357	0.2516	0.2656	0.2076	0.5082	0.2254	0.3799	0.1901	0.9591	0.4299	3.6619
	0.1278	0.8885	0.2501	0.2619	0.1333	0.6413	0.1424	0.5903	0.1972	0.9212	0.3258	0.2680	0.1991	0.6446	0.2446	0.4330	0.2008	1.1162	0.4252	3.5277
	0.1490	0.4622	0.2049	0.1909	0.1674	0.9813	0.1790	0.4473	0.1765	0.7987	0.1802	0.1988	0.1649	0.5024	0.1530	0.5585	0.1774	0.7953	0.3520	4.2730
	0.1503	0.3872	0.1926	0.1949	0.1668	0.9388	0.1616	0.5707	0.1875	0.8706	0.1906	0.2103	0.1574	0.4514	0.1700	0.5142	0.1672	0.8021	0.3313	4.5522
10	0.1396	0.5850	0.1878	0.1886	0.1680	0.8230	0.1750	0.4311	0.1736	0.9283	0.1802	0.2067	0.1622	0.5691	0.1678	0.4069	0.1799	0.8133	0.3402	3.0815
	0.1336	0.5894	0.2505	0.3388	0.1678	0.5567	0.2187	0.3055	0.1855	0.6382	0.2574	0.2548	0.2910	0.5307	0.1855	0.3200	0.1914	0.7340	0.2743	1.9230
	0.1344	0.4914	0.2414	0.2264	0.1684	0.6715	0.2141	0.3124	0.1888	0.5523	0.2633	0.2583	0.2807	0.5497	0.1865	0.3732	0.1904	0.7531	0.2606	2.3240
	0.1291	0.6253	0.2263	0.2248	0.1714	0.5920	0.2083	0.3402	0.1822	0.5343	0.3758	0.2920	0.2627	0.4574	0.1991	0.3936	0.1813	0.6699	0.2859	3.9439
11	0.1477	0.5519	0.2356	0.2367	0.1641	0.5755	0.1427	0.3749	0.1580	0.6314	0.2206	0.2396	0.1582	0.6330	0.2263	0.4513	0.1279	0.6972	0.2053	1.8224
	0.1446	0.7229	0.2358	0.2225	0.1713	0.5189	0.1208	0.2635	0.1689	0.9249	0.2295	0.2292	0.1666	0.6585	0.2064	0.5086	0.1224	0.7415	0.2107	1.3929
	0.1537	0.8459	0.2281	0.2176	0.1700	0.5826	0.1332	0.3857	0.1723	0.8252	0.2423	0.2253	0.1751	0.6133	0.1825	0.3710	0.1228	0.8013	0.1981	1.6434
	0.1413	0.4907	0.1959	0.2594	0.1932	0.7311	0.1896	0.3957	0.1737	0.7915	0.1910	0.2300	0.1635	0.3813	0.1610	0.3284	0.1480	0.7891	0.3048	3.2986
12	0.1533	0.6794	0.1977	0.2166	0.1984	0.7936	0.1680	0.2907	0.1726	0.7636	0.1960	0.2203	0.1675	0.5460	0.1572	0.3941	0.1306	0.8007	0.2875	3.3742
	0.1403	0.7068	0.2074	0.2140	0.1829	1.0286	0.1621	0.3240	0.1642	0.8957	0.1740	0.2002	0.1618	0.6243	0.1514	0.3003	0.1354	0.6203	0.2939	3.0921
	0.1646	0.4052	0.2693	0.2173	0.1604	0.5707	0.2037	0.3996	0.1276	0.6403	0.1512	0.2787	0.1485	0.6877	0.1415	0.4714	0.1619	0.7722	0.2814	1.8722
	0.1583	0.4173	0.2809	0.2237	0.1629	0.6383	0.2230	0.4144	0.1229	0.6597	0.1631	0.2859	0.1488	0.8274	0.1372	0.2905	0.1465	0.7525	0.2429	1.9668
13	0.1477	0.5754	0.2640	0.2270	0.1559	0.7670	0.2416	0.4854	0.1236	0.7374	0.1839	0.2187	0.1578	0.8396	0.1329	0.4112	0.1605	0.6903	0.2773	1.9212
	0.1987	0.4156	0.2772	0.3239	0.2070	0.5310	0.2663	0.4259	0.1534	0.6753	0.2078	0.2017	0.1652	0.5918	0.1370	0.3394	0.2377	1.4528	0.2536	2.8983
	0.2050	0.5639	0.2702	0.3073	0.2116	0.7191	0.2655	0.4188	0.1538	0.7393	0.2147	0.2210	0.1638	0.6664	0.1228	0.5264	0.2081	1.2052	0.2451	4.1150
	0.2121	0.5887	0.2815	0.2632	0.2077	0.4956	0.2446	0.3193	0.1399	0.7467	0.2119	0.2027	0.1697	0.6856	0.1317	0.4154	0.2156	1.1772	0.2306	4.9749

APÊNDICE F – Valores originais obtidos pela análise da dureza superficial (kg/mm<sup>2</sup>) em dentina, interface adesiva e restauração antes e depois da realização do desafio erosivo-abrasivo

GRUPO SUBSTRATO ESPECÍME	G1			G2			G3			G4			G5															
	DENTINA		INTERFAÇ. ADESIVA																									
	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS	ANTES	DEPOIS												
1	64.607	11.025	19.865	27.703	43.969	33.680	52.985	10.151	15.286	19.782	46.648	39.821	69.399	8.985	21.132	26.145	33.373	34.220	55.300	13.583	22.931	10.455	46.622	36.905	37.150	13.261	59.721	22.461
	66.395	15.784	27.881	21.636	37.629	33.109	74.884	14.540	15.715	20.063	44.045	31.744	65.967	8.626	20.382	24.724	34.048	30.695	54.119	10.977	28.937	12.928	46.742	43.046	63.884	20.889	52.660	30.990
	59.467	12.829	23.423	25.346	47.972	31.921	66.905	14.226	15.566	20.054	42.089	32.917	72.226	8.796	19.679	26.462	33.016	32.945	54.527	10.885	22.924	10.922	49.734	37.660	61.284	12.966	47.333	20.043
	60.563	16.822	21.094	27.638	32.961	37.330	59.836	15.844	15.601	21.133	38.552	41.422	69.076	9.800	21.463	22.746	34.626	36.885	59.943	9.359	21.437	14.389	41.692	45.354	60.291	12.270	50.913	37.975
	63.704	11.532	28.357	22.864	42.659	32.920	64.042	14.251	15.053	20.199	47.548	38.649	64.366	13.212	22.467	25.466	29.610	34.949	52.245	9.966	19.983	15.973	40.656	35.537	62.766	16.709	58.263	36.456
	57.496	16.442	27.690	30.240	38.776	40.812	61.853	7.378	16.041	16.439	52.910	31.576	52.001	7.117	20.665	27.379	33.352	41.399	54.441	8.433	26.428	15.917	61.901	35.177	57.913	15.764	56.639	24.228
2	56.378	16.397	22.658	30.451	36.598	42.044	56.819	10.596	16.761	15.636	55.421	30.174	50.775	6.738	21.473	20.199	37.311	42.381	55.604	9.180	22.493	14.749	60.724	32.188	53.900	10.310	55.969	24.208
	65.810	16.537	21.859	29.621	35.366	41.723	57.334	9.592	16.163	15.001	59.450	30.652	52.577	7.489	25.603	20.188	30.037	46.316	53.634	11.943	23.774	19.379	62.571	31.721	56.688	15.431	43.030	37.996
	66.590	15.785	23.534	27.823	45.638	42.578	55.212	9.682	15.621	13.964	58.226	38.182	55.333	8.632	27.572	20.632	32.054	44.377	53.300	13.589	22.929	18.434	66.133	33.327	56.523	15.697	59.330	36.303
	70.309	15.304	23.317	25.102	37.990	32.430	68.864	10.493	24.869	18.885	66.017	38.686	43.740	6.188	12.384	24.272	32.449	30.397	56.159	9.652	19.847	10.115	41.652	34.885	63.101	18.595	69.045	37.769
	69.726	15.816	21.089	25.160	36.406	43.931	62.961	8.264	21.892	19.161	62.709	42.954	44.482	7.955	13.835	24.165	34.273	31.340	55.902	6.258	24.652	19.068	43.352	37.838	69.249	21.234	61.469	31.855
	56.220	15.790	21.985	25.907	43.616	47.240	68.851	15.853	27.770	18.201	66.533	40.933	50.636	6.844	11.419	23.979	33.718	31.852	54.496	6.236	17.723	19.576	43.135	35.632	62.183	12.358	64.839	28.401
3	61.731	15.073	23.115	23.439	43.226	44.962	61.749	14.096	23.009	20.174	69.917	39.353	52.647	9.570	11.200	20.844	35.069	28.316	59.084	6.288	17.985	13.845	41.262	42.207	61.493	16.510	63.149	33.108
	50.031	14.699	20.348	25.159	49.203	48.138	60.140	18.405	18.512	18.063	64.258	48.055	51.713	11.067	16.383	20.329	33.820	37.742	54.064	10.509	20.780	11.858	56.652	43.206	49.213	19.807	52.292	36.919
	56.323	13.623	19.831	25.069	36.008	47.960	63.063	15.672	19.690	18.184	61.262	37.088	52.228	14.061	24.469	19.588	33.790	30.645	49.410	15.475	26.130	19.189	48.496	39.327	47.541	24.451	52.338	28.762
	54.330	13.924	18.625	25.103	40.730	47.321	59.847	12.936	21.336	19.922	60.340	42.443	56.061	10.589	16.551	17.705	29.866	38.614	53.340	17.709	22.916	11.096	50.746	40.595	53.346	18.104	56.189	31.146
	55.590	13.625	20.886	24.946	47.377	47.163	57.853	17.864	22.978	16.847	60.426	47.583	53.405	12.243	24.119	17.576	38.455	38.992	50.094	12.905	20.489	18.479	50.878	46.783	51.475	17.542	51.968	28.547
	53.250	13.254	24.059	24.686	45.040	48.550	53.772	12.352	20.165	20.790	65.079	46.380	54.275	13.842	19.029	17.143	30.948	41.527	51.355	11.464	19.582	19.912	45.564	41.444	58.629	24.703	53.701	31.463
4	58.528	11.138	21.687	24.908	42.078	37.325	65.911	18.759	26.026	10.519	59.963	43.506	58.273	15.114	25.612	20.526	33.943	37.750	71.581	15.452	28.075	13.143	66.332	41.143	51.687	12.234	61.843	38.450
	52.900	9.386	20.216	21.719	42.171	38.032	68.402	17.134	20.947	12.903	60.369	41.190	58.168	17.502	21.188	20.359	31.426	38.673	74.124	13.148	28.971	18.305	66.886	41.540	54.527	13.651	66.707	37.127
	54.092	10.165	19.003	23.038	47.958	36.747	70.443	13.621	26.507	12.570	63.085	30.054	59.537	15.574	17.088	19.796	32.684	39.214	67.289	13.638	29.339	18.878	61.410	42.471	56.442	14.157	59.052	26.869
	48.630	7.760	20.408	23.031	47.638	42.267	68.069	13.149	20.495	14.704	62.190	38.435	65.766	15.086	17.532	20.342	33.326	38.474	68.960	12.495	21.302	20.557	67.259	46.359	55.527	13.399	67.335	38.606
	61.729	7.474	21.795	23.412	36.388	41.543	73.653	15.090	24.558	20.159	61.574	39.420	61.072	14.594	16.216	20.311	32.768	38.570	66.199	17.471	20.359	16.179	69.129	44.328	51.756	14.694	56.557	34.527
	67.754	11.288	22.301	23.786	48.777	40.556	57.292	13.329	22.403	14.954	62.247	38.444	71.464	10.462	26.621	18.620	34.150	50.065	61.171	8.822	27.748	17.411	66.188	37.511	49.789	13.141	71.745	37.625
5	71.300	12.698	26.744	21.654	33.894	43.767	58.653	14.956	29.371	16.580	61.638	38.129	66.107	11.561	27.978	22.409	38.441	38.259	60.300	9.216	21.326	16.528	62.198	38.173	50.511	13.237	62.643	27.967
	79.349	12.320	30.848	23.105	35.336	38.178	56.420	13.592	29.673	14.246	67.846	32.038	62.577	7.956	23.973	21.398	31.164	34.953	59.290	9.962	20.574	14.835	60.898	35.632	50.766	19.912	76.009	28.648
	71.517	12.008	29.276	27.641	36.047	33.224	60.018	11.640	29.377	14.642	63.895	40.507	68.200	7.996	21.962	18.008	43.415	34.963	63.985	8.226	25.853	18.592	60.839	40.959	52.049	20.920	63.604	30.143
	58.353	13.808	21.314	24.928	38.254	36.155	66.747	10.014	24.505	13.203	41.094	46.352	58.894	26.523	20.372	36.768	45.769	47.369	5.727	21.430	23.267	64.819	40.529	44.201	15.057	56.297	35.464	
	49.244	10.890	25.053	26.020	39.506	42.009	65.229	9.242	24.297	17.707	40.528	45.428	58.666	17.953	20.381	23.075	41.528	46.365	65.464	6.997	19.948	24.613	66.151	48.005	47.837	17.022	61.681	29.960
	54.808	11.986	24.118	24.503	38.666	40.639	61.874	8.718	21.967	16.377	49.966	39.772	61.401	16.888	27.467	23.417	41.127	43.391	66.335	5.607	22.860	20.154	66.151	31.799	44.856	15.957	60.132	35.970
6	58.428	13.107	25.141	25.188	39.115	33.141	60.376	9.976	21.038	15.817	45.510	37.092	51.965	12.683	29.204	22.007	34.929	58.708	7.995	23.922	18.894	66.109	33.732	44.444	18.288	63.226	30.086	
	56.963	15.646	25.652	26.887	34.109	36.084	59.128	12.881	19.624	16.045	55.632	38.122	61.955	14.449	27.583	27.004	39.138	41.478	69.148	8.638	27.108	22.151	65.447	46.293	44.444	17.173	59.270	28.388

59.844	11.921	25.203	20.293	46.890	59.448	12.312	14.029	58.672	38.499	58.009	18.955	17.477	14.700	44.609	37.555	56.752	12.095	19.352	17.156	40.738	48.392	64.238	11.233	67.690	27.601	
57.556	9.972	25.816	23.807	49.914	49.337	10.956	16.777	10.840	30.467	55.112	18.471	17.654	17.218	44.421	44.351	61.399	10.652	22.908	18.056	44.301	33.579	64.918	19.380	63.972	29.609	
55.318	8.000	25.275	23.202	45.629	62.306	11.234	10.866	65.284	40.735	50.554	10.296	17.872	18.303	41.448	33.924	55.728	11.956	26.761	16.807	42.844	34.075	65.494	15.706	67.489	30.637	
53.550	8.929	25.957	23.195	39.313	47.524	59.929	16.736	13.128	68.566	47.213	54.243	17.008	18.859	42.838	44.543	51.942	10.947	21.813	22.344	40.225	39.158	62.096	15.279	50.742	27.446	
55.474	10.365	26.350	30.485	35.376	51.306	56.287	13.562	21.852	64.728	33.530	56.068	19.074	18.228	39.535	40.407	56.126	10.247	22.762	22.753	44.344	35.110	61.841	11.115	65.661	35.472	
65.129	19.964	29.240	25.736	52.896	48.097	70.895	13.642	23.568	69.729	42.193	57.919	19.161	16.430	39.151	38.455	73.767	13.214	22.638	19.602	66.272	33.271	64.018	12.808	76.841	34.567	
73.854	13.674	28.637	24.786	38.334	48.455	71.880	11.054	21.772	66.980	37.908	57.795	19.672	16.669	32.787	43.289	73.589	12.811	26.874	19.873	71.923	35.172	64.411	12.278	65.712	37.300	
69.936	10.779	27.623	20.928	39.996	46.778	63.574	12.512	21.613	66.880	37.068	57.795	19.672	16.669	32.787	43.289	73.589	12.811	26.874	19.873	71.923	35.172	64.411	12.278	65.712	37.300	
72.634	13.549	28.671	21.315	46.652	47.152	71.424	10.434	21.857	67.096	37.168	58.497	19.334	18.334	20.563	36.769	78.849	10.126	23.040	17.737	63.539	39.394	62.668	12.747	69.578	32.220	
67.288	11.975	28.612	20.000	35.039	43.909	65.620	14.544	21.991	69.238	31.890	60.905	12.662	18.647	28.630	36.415	39.325	74.335	8.937	24.140	22.319	70.123	31.752	61.291	12.896	59.411	33.145
73.742	11.045	17.584	23.245	51.062	33.133	64.881	10.079	20.356	27.590	40.908	72.718	17.530	23.626	25.548	38.590	38.152	47.060	9.146	26.539	14.245	45.074	40.456	61.165	27.484	56.009	31.353
61.954	7.779	17.810	23.425	48.027	32.890	57.244	11.311	21.531	71.913	34.843	68.103	19.120	22.179	24.517	33.850	39.221	45.748	10.981	23.988	11.333	50.900	35.742	59.921	29.017	52.037	32.071
58.151	8.207	17.593	22.494	50.000	33.742	60.964	11.577	23.430	24.002	70.341	48.001	68.168	14.680	21.916	33.291	38.293	50.945	8.611	18.305	17.756	46.059	32.501	61.517	23.443	56.738	39.199
65.956	7.396	16.729	22.136	50.193	39.415	56.835	10.301	23.276	70.559	42.303	64.444	12.276	23.026	19.403	32.009	44.271	53.275	5.312	26.899	16.265	56.645	48.840	60.390	21.708	56.075	30.950
63.416	7.532	17.762	23.390	32.031	33.886	63.896	15.111	23.719	68.543	31.063	67.700	14.424	25.534	23.816	30.185	40.806	46.471	9.974	18.948	15.871	45.295	38.247	63.574	18.642	59.536	33.684
62.187	8.121	22.554	26.133	45.961	33.614	64.971	19.863	29.984	65.083	39.231	54.885	8.392	22.534	24.454	39.251	39.013	61.488	8.837	21.213	16.213	45.295	38.247	63.574	18.642	59.536	33.684
63.122	7.068	21.960	24.312	49.068	38.895	71.017	11.414	29.771	64.658	43.329	63.715	10.657	16.962	18.150	34.052	42.393	62.465	8.853	20.460	16.089	66.810	31.810	70.365	11.985	54.496	30.880
63.222	5.681	24.450	25.894	40.851	38.182	60.527	13.855	29.761	69.312	42.213	61.447	14.364	16.613	23.451	33.032	33.854	56.974	8.711	22.491	19.399	60.039	34.207	64.902	17.705	52.942	30.567
61.646	5.426	27.570	26.951	41.978	33.379	67.021	16.807	28.550	70.012	33.252	60.811	12.616	21.278	33.649	42.706	49.150	8.189	22.435	21.100	67.222	39.511	62.200	15.651	50.256	30.006	
56.289	17.232	29.006	19.470	49.456	43.203	65.541	11.532	26.865	60.376	34.676	61.142	11.566	20.256	25.986	39.216	41.299	66.724	19.519	16.231	17.930	46.764	37.288	58.880	21.770	62.967	39.448
51.263	14.627	27.199	20.390	52.314	43.453	63.035	8.131	28.204	56.220	37.449	65.051	8.902	26.857	29.453	40.354	45.952	66.639	18.116	25.040	16.308	47.666	35.579	61.190	12.981	65.766	35.105
52.544	12.724	26.863	19.383	43.528	38.438	66.123	10.974	25.176	60.442	39.665	70.916	10.217	27.759	22.489	36.281	39.230	64.970	14.966	20.924	16.285	46.062	36.701	60.386	22.005	65.910	39.567
56.362	12.800	25.422	19.815	39.715	45.757	64.936	11.641	23.474	45.905	35.762	64.650	13.313	19.934	29.790	37.062	49.119	58.855	16.104	23.032	13.591	44.832	31.510	56.391	17.773	63.519	37.227
59.954	13.394	26.163	19.856	46.688	35.286	64.773	6.923	24.016	46.884	35.510	61.250	10.168	21.398	22.226	40.105	47.271	66.615	15.261	24.615	11.915	45.632	33.582	61.488	12.329	67.668	33.972
70.277	16.142	23.870	29.733	45.129	44.948	69.143	15.445	20.833	63.890	39.376	56.182	9.021	25.204	21.975	36.487	42.326	64.231	9.548	21.634	15.383	47.773	40.504	61.706	19.789	67.987	37.338
66.139	12.071	26.922	29.068	44.338	47.842	69.543	12.592	21.265	65.009	39.619	56.571	11.462	21.523	19.969	36.394	36.306	64.478	8.697	23.027	18.594	49.315	40.326	73.143	16.549	62.005	30.576
64.026	14.699	24.507	25.458	49.554	47.394	68.547	13.472	19.232	63.610	30.162	56.041	11.333	25.574	18.726	36.075	36.709	72.291	9.474	18.889	17.894	48.551	45.884	76.806	19.215	77.801	38.249
68.404	13.344	22.052	27.055	44.451	45.249	63.368	15.771	26.710	64.304	34.271	58.468	14.005	26.753	22.970	37.670	38.561	65.235	6.393	23.752	12.126	46.526	34.618	72.688	18.113	66.711	34.998
68.873	12.032	22.100	21.888	47.579	47.945	66.616	19.171	25.496	64.339	39.279	53.689	12.348	26.970	17.935	32.881	43.229	66.901	6.646	17.479	15.774	48.818	33.902	73.273	23.107	64.670	36.966
63.570	10.130	23.917	26.800	50.746	45.463	55.579	8.078	23.396	53.818	43.738	61.321	13.725	19.975	21.678	38.231	36.859	65.659	17.222	22.182	21.405	64.783	37.476	65.285	15.927	61.098	31.734
59.392	12.171	21.583	27.764	43.223	53.565	68.759	8.082	22.605	54.989	39.443	60.843	9.256	21.387	15.726	41.333	45.173	62.075	14.606	15.636	61.048	61.048	31.870	62.915	21.103	59.542	31.032
59.177	10.972	22.319	26.498	37.045	52.383	68.200	7.082	21.651	54.855	43.808	62.893	12.073	21.088	15.053	35.484	48.004	69.710	11.920	17.840	15.488	64.248	33.109	64.393	23.251	79.820	33.903
59.977	10.612	22.002	29.563	43.532	43.636	61.912	9.330	20.275	43.312	43.475	56.517	12.110	21.720	12.454	37.075	42.764	60.284	11.320	19.350	16.530	65.920	39.135	65.184	18.125	71.698	34.116
57.593	10.528	21.014	21.566	41.760	47.752	63.196	8.601	26.596	44.691	31.510	58.884	10.653	29.214	17.438	44.869	45.746	60.035	14.319	25.440	17.696	62.225	37.632	63.732	16.197	60.477	35.379
63.078	16.915	25.090	20.886	50.628	54.618	70.280	19.311	19.664	69.720	37.447	60.309	7.851	25.263	15.331	35.208	30.163	65.377	18.316	22.961	15.503	65.558	37.072	56.661	20.212	66.337	24.872
64.461	17.847	27.939	16.493	47.863	42.817	71.703	19.065	19.756	69.940	36.274	59.336	4.978	27.819	17.297	31.548	33.100	66.963	18.233	21.091	12.663	70.258	34.331	57.328	18.576	66.360	26.960
62.488	12.518	24.620	25.180	46.047	45.453	69.622	16.021	20.069	65.612	38.165	54.918	7.252	26.673	19.317	36.150	34.945	61.800	10.968	20.931	13.766	66.630	39.251	60.152	20.043	70.461	23.960
67.209	11.786	26.874	25.976	41.699	54.476	69.021	12.547	20.225	67.844	37.036	62.993	9.701	23.124	15.868	35.425	33.523	59.856	11.722	19.691	19.777	64.793	45.235	61.286	19.325	76.368	23.168
66.531	11.786	29.291	23.129	43.037	52.091	68.601	16.871	22.032	61.711	31.724	55.334	8.164	24.435	23.129	39.772	30.523	64.863	14.226	17.840	21.723	65.546	47.904	51.014	16.082	70.830	27.462

## ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa 4971904



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AÇÃO DOS DESAFIOS EROSIVO E EROSIVO-ABRASIVO SOBRE A SUPERFÍCIE DE DENTINA E DE DIFERENTES SISTEMAS RESTAURADORES

**Pesquisador:** Olivia Vieira Aires

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 51306621.7.0000.0075

**Instituição Proponente:** Universidade de São Paulo - Faculdade de Odontologia

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 4.971.904

**Apresentação do Projeto:**

Projeto de pesquisa de doutorado direto onde o estudo in vitro seguirá um delineamento experimental totalmente aleatorizado, utilizando dentina humana hígida (n=75), contendo dois fatores de variação: tratamento superficial e sistemas restauradores. O primeiro fator, possui dois níveis de variação - erosão e erosão-abrasão; o segundo fator, sistemas restauradores, possui cinco níveis - RIVA Self Cure (SDI®), Amaris® (Voco™)/Clearfil™ SE Bond 2 (Kuraray Co.), Amaris® (Voco™)/FL-Bond II (Shofu™), Beautifil® II (Shofu™)/Clearfil™ SE Bond 2 (Kuraray Co.), Beautifil® II (Shofu™)/FL-Bond II (Shofu™). As variáveis de respostas serão perda de superfície (m), rugosidade superficial (m) e dureza superficial (GPa) dos espécimes.

**Objetivo da Pesquisa:**

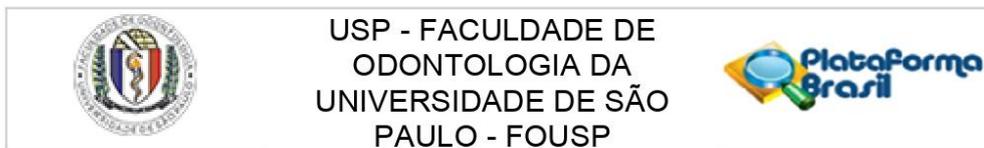
- Objetivo Geral:

Avaliar os efeitos dos desafios erosivo e erosivo-abrasivo na superfície dentinária (adjacente à restauração) e sobre a superfície dos sistemas restauradores e da interface adesiva, por meio da avaliação das propriedades de perda de superfície, da rugosidade e nanodureza superficial.

Objetivos específicos:

1) Avaliar a perda de superfície, a rugosidade e nanodureza superficial dos materiais restauradores e dentina hígida adjacente à restauração após desafio químico (erosivo: ácido cítrico 1%) e após desafio químico-mecânico (erosivo-abrasivo: ácido cítrico 1% + escovação mecânica);

**Endereço:** Av Prof Lineu Prestes 2227 - 1º andar, sala 02 da administração  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7960 **E-mail:** cepfo@usp.br



Continuação do Parecer: 4.971.904

- 2) Avaliar a dureza superficial da interface adesiva após desafio químico (erosivo: ácido cítrico 1%) e após desafio químico-mecânico (erosivo-abrasivo: ácido cítrico 1% + escovação mecânica)e,
- 3) Avaliar a ação e a estabilidade dos materiais restauradores bioativos frente aos desafios propostos.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

- RISCOS: os riscos são mínimos, pois trata-se de pesquisa com material biológico cedido pelo Biobanco de dentes, sem possibilidade de identificação e contato direto com o cedente.

- BENEFÍCIOS: não há benefícios direto para o participante da pesquisa, uma vez que o material de estudo é do Biobanco. Esta pesquisa poderá contribuir academicamente com a área de conhecimento (Dentística e materiais dentários).

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa visa simular uma condição agressiva de desgastes superficiais a partir do tratamento superficial dos espécimes, por meio de desafios que simulam o desgaste erosivo (desafio químico – ácido cítrico 1%) e o desgaste erosivo-abrasivo (desafio químico e mecânico - ácido cítrico 1% e escovação mecânica), investigando os efeitos desses tratamentos nas propriedades físicas de perda de superfície, rugosidade e nanodureza superficiais de diferentes sistemas restauradores e na relação da dentina hígida adjacente à restauração com o material restaurador.

1\_ Estudo Nacional Unicêntrico

2\_ Doutorado Direto

3\_ País de Origem: Brasil

4\_ Pesquisa com molares humanos hígidos (n=75) oriundas do Biobanco da FOUSP

5\_ Não haverá armazenamento de amostras em banco de material biológico no Brasil e nem no exterior

6\_ Previsão de início: 08/10/2021 e término: 05/11/2021

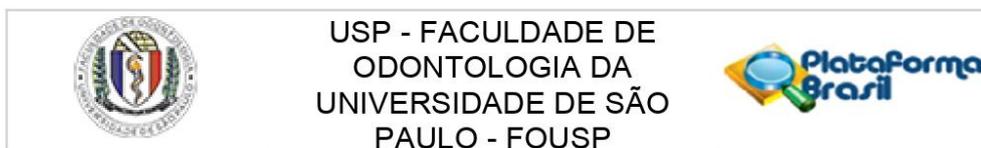
7\_ Financiamento próprio

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os seguintes documentos foram analisados:

PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_1794557.pdf

<b>Endereço:</b> Av Prof Lineu Prestes 2227 - 1º andar , sala 02 da administração			
<b>Bairro:</b> Cidade Universitária		<b>CEP:</b> 05.508-900	
<b>UF:</b> SP	<b>Município:</b> SAO PAULO		
<b>Telefone:</b> (11)3091-7960	<b>Fax:</b> (11)3091-7960	<b>E-mail:</b> cepfo@usp.br	



Continuação do Parecer: 4.971.904

Projeto\_detalhado\_Olivia\_Vieira\_Aires.pdf  
 Carta\_Biobanco\_FOUSB\_Olivia\_Vieira\_Aires.pdf  
 Plataforma\_Brasil\_Olivia\_Vieira\_Aires.pdf

**Recomendações:**

Vide o campo "Considerações Finais a Critério do CEP" (abaixo).

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciados no CEP, conforme Norma Operacional CNS nº 001/13, item XI.2.d. Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "EMENDA", por meio da Plataforma Brasil, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação (Norma Operacional 001/2013 – letra H).

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1794557.pdf	27/08/2021 17:26:20		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_Olivia_Vieira_Aires.pdf	27/08/2021 17:24:40	Olivia Vieira Aires	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	Carta_Biobanco_FOUSB_Olivia_Vieira_Aires.pdf	27/08/2021 17:23:24	Olivia Vieira Aires	Aceito
Folha de Rosto	Plataforma_Brasil_Olivia_Vieira_Aires.pdf	27/08/2021 17:21:16	Olivia Vieira Aires	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Endereço:** Av Prof Lineu Prestes 2227 - 1º andar , sala 02 da administração  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7960 **E-mail:** cepfo@usp.br



USP - FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO  
PAULO - FOU SP



Continuação do Parecer: 4.971.904

**Necessita Apreciação da CONEP:**  
Não

SAO PAULO, 13 de Setembro de 2021

---

**Assinado por:**  
**Alyne Simões Gonçalves**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av Prof Lineu Prestes 2227 - 1º andar , sala 02 da administração  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7960 **E-mail:** cepfo@usp.br

ANEXO B – Carta de autorização para uso do material biológico cedido pelo Biobanco de Dentes da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo



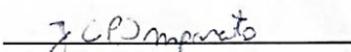
**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

**BIOBANCO DA FOUSP**

**AUTORIZAÇÃO**

O **Biobanco da FOUSP** – Banco de dentes compromete-se a fornecer 75 do material biológico dentes molares superiores e/ou inferiores, para a execução do trabalho de pesquisa intitulado: "AÇÃO DOS DESAFIOS EROSIVO E EROSIVO-ABRASIVO SOBRE A SUPERFÍCIE DE DENTINA E DE DIFERENTES SISTEMAS RESTAURADORES" a ser realizado pelos pesquisadores Olívia Vieira Aires e Professora Doutora Míriam Lacalle Turbino, após a aprovação do protocolo de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São Paulo, 08 de junho de 2021.

  
Prof(a) Dr(a) José Carlos Patorossi Imparato  
Responsável Laboratório Banco de dentes

---

Informações importantes:

**Biobanco da FOUSP - (Registro CONEP B-044 – aprovado em 11/02/2016):**

- Laboratório de Biologia Celular da Disciplina de Patologia Bucal
- Laboratório de DNA Forense
- Centro de Pesquisa em Biologia Oral
- Laboratório de Patologia Molecular (LPM)
- Centro de Atendimento a Pacientes Especiais
- Biorepositório da Disciplina de Periodontia
- Laboratório de Antropologia e Odontologia Forense
- Banco de Dentes

**OBS: Documento elaborado em duas vias sendo: 1ª via-Biobanco da FOUSP – 2ª via Laboratório**

Biobanco da FOUSP-11/02/2016