



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

LYZIA VITÓRIA MENDES REZENDE

**Avaliação de propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina
bioativa submetida a ciclagem de pH - *in vitro*.**

Teresina - 2024

LYZIA VITÓRIA MENDES REZENDE

Avaliação de propriedades físico-químicas e mecânica de uma resina bioativa submetida a ciclagem de pH - *in vitro*.

Projeto de dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Ciências Odontológicas

Linha de Pesquisa: Biociências e Materiais Odontológicos

Orientador: Prof Dr Glauber Campos Vale

Teresina- 2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

LYZIA VITÓRIA MENDES REZENDE

Avaliação de propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina bioativa submetida a ciclagem de pH – *in vitro*.

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Piauí – UFPI, na área de Ciências Odontológicas, linha de pesquisa Biociências e Materiais Odontológicos, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr Glauber Campos Vale

Aprovada em _____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Glauber Campos Vale
Orientador

Prof. Dr. Jose Roberto de Oliveira Bauer
1° Examinador

Prof. Dr. Aryvelto Miranda Silva
2° Examinador

Profa. Dra. Aila Maria Cipriano Leal
Membro suplente

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais que desde cedo me ensinaram que a educação é o caminho propulsor de boas mudanças.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todas as pessoas que tornaram possível a realização deste sonho. Este trabalho representa o culminar de esforços, apoios e inspirações que enriqueceram significativamente minha jornada acadêmica.

Agradeço, primeiramente, à **Deus** pelo dom da vida e por ter me amparado em todos os momentos que fizeram parte dessa jornada árdua e desafiadora;

Aos meus pais, **Heloina e Rogério**, que nunca mediram esforços para que eu pudesse realizar meus sonhos. Sempre me senti amparada, amada e admirada por vocês, crucial para minha construção e evolução. Nossa família sempre foi prioridade e tudo sempre será por nós;

Ao meu irmão **Rogério Filho** por dividir comigo todos os momentos, me aconselhar e me incentivar. É um aprendizado diário ao seu lado. Ao meu namorado, **Carlos**, por todo apoio, amor e leveza entregues a mim;

Ao meu orientador **Glauber**, minha admiração e respeito só crescem. Sua orientação, paciência e dedicação foram essenciais para o meu crescimento pessoal e acadêmico;

A minha banca examinadora, **Dr. José Bauer, Dr. Aryvelto Miranda e Dra. Aila Cipriano** por dedicar seu tempo e conhecimento na correção desse trabalho;

A **CAPES** pelo auxílio financeiro através da bolsa de mestrado;

A minha **família e amigos**, expresse meu profundo agradecimento pelo incentivo constante, compreensão e encorajamento ao longo deste desafiador processo.

RESUMO

Introdução: As resinas bioativas podem reduzir as lesões de cárie nos dentes adjacentes, proporcionando a liberação de íons, como cálcio, fosfato, estrôncio, zinco, magnésio e flúor (F). Esse novo material combinou as vantagens de resinas compostas com cimentos de ionômero de vidro. **Objetivo:** Comparar propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina bioativa, uma resina convencional e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, submetidas a ciclagem de pH. **Material e método:** Trata-se de um estudo laboratorial - *in vitro*, no qual 30 blocos de provas foram preparados com os seguintes materiais: resina bioativa (Beautifil Flow Plus), cimento ionômero de vidro (Ionoseal) e grupo controle com resina convencional (Opallis Flow) que após divididos em três grupos, passaram por um processo de ciclagem de pH durante 5 dias. Após esse período foram analisadas propriedades químicas como a liberação de fluoretos, propriedades físicas (sorção e solubilidade) e mecânicas (dureza e rugosidade). O limite de significância adotado foi fixado em 5% e a análise estatística foi realizada por meio do software Graph pad Prism versão 10.0. **Resultados:** Na liberação cumulativa de F, a resina Beautifil apresentou resultados semelhantes ao Ionoseal e estatisticamente superiores a Opallis ($p < 0,05$). Observa-se uma maior liberação de F no meio ácido do que na saliva artificial em todas as amostras, ($p < 0,05$), exceto para a resina convencional. A resina bioativa apresentou perda de dureza de superfície semelhante a resina convencional e inferior ao Ionoseal ($p < 0,05$). Após a ciclagem de pH, a rugosidade de cada material aumentou significativamente ($p < 0,05$). Não houve diferença na sorção e solubilidade entre os materiais avaliados ($p > 0,05$). **Conclusão:** A resina bioativa Beautifil apresentou propriedades físico-químicas e mecânicas semelhantes a resina convencional Opallis, e liberação de fluoreto semelhante ao Ionoseal, ionômero de vidro modificado por resina, sendo uma opção de material restaurador bioativo.

Palavras-chave: Resina Bioativa; Fluoretos; Materiais Odontológicos.

ABSTRACT

Introduction: Bioactive resins can reduce caries lesions in adjacent teeth, providing the release of ions, such as calcium, phosphate, strontium, zinc, magnesium and fluorine (F). This new material combined the advantages of composite resins with glass ionomer cements. **Objective:** To compare physicochemical and mechanical properties of a bioactive resin, a conventional resin and a resin-modified glass ionomer cement, subjected to pH cycling. **Material and method:** This is a laboratory study - in vitro, in which 30 test blocks were prepared with the following materials: bioactive resin (Beautiful Flow Plus), glass ionomer cement (Ionoseal) and a control group with conventional resin (Opallis Flow) which, after being divided into three groups, underwent a pH cycling process for 5 days. After this period, chemical properties such as the release of fluorides, physical properties (sorption and solubility) and mechanical properties (hardness and roughness) were analyzed. The adopted significance limit was set at 5% and statistical analysis was performed using the Graph pad Prism software version 10.0. **Results:** In the cumulative release of F, the Beautiful resin presented results similar to Ionoseal and statistically superior to Opallis ($p < 0.05$). A greater release of F was observed in the acidic medium than in artificial saliva in all samples ($p < 0.05$), except for the conventional resin. The bioactive resin showed a loss of surface hardness similar to conventional resin and lower than Ionoseal ($p < 0.05$). After pH cycling, the roughness of each material increased significantly ($p < 0.05$). There was no difference in sorption and solubility between the materials evaluated ($p > 0.05$). **Conclusion:** The Beautiful bioactive resin presented physical-chemical and mechanical properties similar to the conventional Opallis resin, and fluoride release similar to Ionoseal, a resin-modified glass ionomer, being an option for a bioactive restorative material.

Key-words: Bioactive Resin; Fluorides; Dental Materials.

SUMÁRIO

1. REVISÃO DE LITERATURA	09
2. RESUMO	23
3. INTRODUÇÃO	24
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1 Desenho experimental	26
4.2 Estudo piloto	27
4.3 Preparo dos blocos	27
4.4 Ciclagem de pH	28
4.5 Análise das propriedades das resinas	28
4.5.1 Liberação de Fluoreto	29
4.5.2 Dureza	29
4.5.3 Rugosidade	29
4.5.4 Sorção e Solubilidade	29
4.6 Análise estatística	30
5. RESULTADOS	31
6. DISCUSSÃO	35
7. CONCLUSÃO	37
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE A- PRESS RELEASE	44
APÊNDICE B- ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	45
ANEXO 1 – NORMAS DO PERIÓDICO	47

REVISÃO DA LITERATURA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica na base de dados PubMed nos últimos 10 anos. Foram utilizados os descritores “Giomer”, “Bioactive Resin”, “Bioactivity”, “In vitro studies”, “Properties” e “Fluoride”. Esses descritores foram pesquisados individualmente e combinados utilizando o operador booleano AND. Foram selecionados 15 artigos com temáticas relevantes para o embasamento do projeto. Os artigos estão apresentados em ordem cronológica, de acordo com as normas do Programa de Pós-graduação em Odontologia da UFPI.

1. Abdel-karim, El-Eraky, Etman (2014), compararam o desempenho clínico de um material restaurador de giômero fluído e convencional após três anos. Foram utilizados 44 pares de restaurações (n=88) foram colocados em cavidades classe I com um giômero fluído (Beautifil Flow Plus - SHOFU) ou giômero convencional (Beautifil II-SHOFU) após aplicação de um adesivo dentinário. Após 3 anos, 39 pares de restaurações foram avaliadas com os critérios do Serviço de saúde pública dos Estados Unidos. Os parâmetros de avaliação foram: correspondência da cor, integridade marginal, descoloração marginal, retenção, formação de cárie secundária, forma anatômica, textura da superfície e sensibilidade. Nenhuma das restaurações apresentou perda de retenção, sensibilidade, cárie secundária ou alteração de cor. O desempenho do giômero convencional em termos de integridade e descoloração marginal e forma anatômica da superfície foi significativamente menor no período de 36 meses comparado ao inicial. O desempenho clínico de três anos de ambos os materiais restauradores foi muito bom e não significativamente diferente para qualquer um dos parâmetros avaliados.
2. Trevellin *et al.*, (2015) analisaram o potencial remineralizador de compostos com diferentes princípios bioativos no esmalte dental submetido a desafio erosivo. 40 espécimes de dentes bovinos foram submetidos ao desafio erosivo com ácido cítrico e a diferentes tratamentos remineralizadores com compostos bioativos, compondo os grupos experimentais: G1-sem tratamento; G2-fosfato de cálcio amorfo e fosfopeptídeo de caseína (RecaldentTM); G3- fosfato de cálcio nanoestruturado (NANO P); G4-flúor 1,23%. Os fragmentos foram analisados quantitativamente pelo método de

fluorescência do tecido dental (QLF) em 4 momentos: baseline, desafio erosivo, 1º dia e 7º dia. No primeiro dia de análise, os grupos G2 e G3 não apresentaram diferença estatística entre si. No sétimo dia de análise os menores valores foram apresentados pelo grupo G2 e os maiores pelo grupo G1. Os tratamentos realizados acarretaram diferentes graus de remineralização no esmalte dental submetido a desafio erosivo. O composto bioativo Recaldent™ mostrou melhor desempenho nos índices de remineralização após sete dias de tratamento.

3. Priyadarshini *et al.*, (2017) avaliaram o desempenho clínico de Ketac Nano (Ketac™ N100), RMGIC (Fuji Filling™ LC) e Giomer (Beautifil® II) em lesões cervicais não cáries (LCNCs). Um operador restaurou 120 LCNCs em 20 indivíduos, com pelo menos duas lesões restauradas com um dos materiais restauradores: RMGIC (grupo controle), Giomer e Ketac Nano (grupos experimentais). Dois observadores avaliaram retenção, descoloração marginal, adaptação marginal, correspondência de cores, rugosidade da superfície e sensibilidade pós-operatória usando critérios modificados dos Serviços de Saúde Pública dos Estados Unidos no início, 6 e 12 meses. Houve diferença significativa observada entre Giomer, Ketac Nano e RMGIC após 12 meses. Houve uma diminuição significativa nas taxas de retenção para Giomer, aumento da descoloração marginal e incompatibilidade de cores para Ketac Nano, aumento da rugosidade da superfície e incompatibilidade de cores com RMGIC desde a linha de base até 12 meses. Dentro das limitações deste ECR de 12 meses, as restaurações Ketac Nano e RMGIC foram melhor retidas em LCNCs, enquanto a correspondência de cor e acabamento superficial superiores foram observados com restaurações de Giomer.
4. Knežević *et al.*, (2018) avaliaram a citotoxicidade de dois materiais fotopolimerizáveis após aquecimento em diferentes temperaturas, avaliados através de CAD/CAM. Gradia Direct Posterior e Beautifil II foram aquecidos em uma unidade de aquecimento em três temperaturas diferentes (T1:37°C, T2:54°C, T3:68°C). Um grupo de amostras foi polimerizado diretamente, e o outro grupo por meio de 2mm de espessura CAD/CAM reforçado com cerâmica (CRP) e CAD/CAM sobreposição cerâmica de dissilicato de lítio (LDC) por 20 e 40 segundos. As amostras polimerizadas foram colocadas imediatamente após a cura em uma cultura de células de linfócitos. No caso de 20 segundos de polimerização, o maior número de células viáveis foi registrado quando os

materiais foram aquecidos a 37°C (T1), enquanto no caso de 40 segundos de polimerização, o maior número de células viáveis foi registrado quando os materiais foram aquecidos a 54°C (T2). As amostras polimerizadas através de overlays CAD/CAM apresentaram menor citotoxicidade do que as amostras polimerizadas diretamente. Além da composição do material, a viabilidade celular também foi influenciada pelo tempo de cura, temperatura de pré-aquecimento e padrão de polimerização.

5. ElReash *et al.*, (2019) compararam a biocompatibilidade de três materiais bioativos: resina bioativas - ACTIVA, cimento silicato de cálcio - iRoot BP Plus e o Agregado trióxido mineral (MTA) - Angelus-HP. Foram utilizados 75 ratos machos Wistar, sendo submetidos a implantes subcutâneos de tubos de polietileno com os respectivos materiais e um grupo controle. As amostras dos tecidos foram submetidas à análise histopatologia e imuno-histoquímica. O grupo ACTIVA apresentou inflamação mínima em comparação aos cimentos silicato de cálcio (grupos iRoot BP e MTA-HP). O grupo iRoot BP revelou significativamente uma inflamação crônica mais grave, em comparação aos outros grupos. O grupo ACTIVA apresentou regressão acentuada da inflamação e fibrose comparável ao controle, enquanto o grupo iRoot BP revelou fibrose e calcificação marcantes, com menor grau no grupo MTA-HP. Grupo ACTIVA apresentou maior grau de biocompatibilidade aos tecidos subcutâneos em comparação com os cimentos de iRoot BP e MTA-HP no que diz respeito a diminuição da intensidade da inflamação, com posterior remodelação do tecido conjuntivo fibroso e melhores padrões de cicatrização.
6. Mu *et al.*, (2020) observaram a capacidade de desgaste de uma resina Giomer comparada a uma resina universal para restaurações em dentes posteriores. Foram selecionados 108 dentes, estes foram restaurados com Giomer (Beautifil) ou resina (Filtek Z350) aleatoriamente. As restaurações foram avaliadas no início e após 6, 18, 48 meses usando os critérios do serviço de saúde pública dos Estados Unidos. Após 4 anos, 89,6% dos pacientes foram reconvocados. A taxa de sobrevivência de ambos materiais foi de 95,8%. Sete restaurações dos dois materiais falharam devido à perda da restauração, fratura em massa, cárie secundária e necrose pulpar. Ambos os materiais apresentaram um rápido desgaste nos primeiros 6 meses, em seguida, a taxa de desgaste foi diminuída. Dentro da limitação do estudo, após 4 anos, a taxa de sobrevivência e resistência ao desgaste da Giomer atendeu às diretrizes da American Dental Association para materiais restauradores de dentes posteriores. Quando os dois

materiais foram aplicados em áreas de contato oclusal, a resistência ao desgaste da Giomer foi ligeiramente inferior à da resina universal.

7. Garcia *et al.*, (2021) avaliaram o comportamento ao desgaste e a qualidade superficial de resinas bioativas odontológicas sob um modelo de mastigação simulada em comparação a uma resina sem agentes bioativos. Três resinas bioativas foram investigadas (Activa, BioCoat e Beautifil Flow-Plus), a resina sem agentes bioativos foi utilizada como grupo controle. Avaliou-se a rugosidade, altura e profundidade antes e após o modelo de simulação de mastigação. No geral, todos os grupos tiveram aumento da rugosidade da superfície após a simulação de mastigação e um padrão de semelhança entre os materiais foi observado. No entanto, na resina BioCoat observou-se parâmetros de rugosidade superficial aumentados. O material Beautifil Flow-Plus não apresentou diferenças em relação ao grupo controle e melhorou a microdureza. A adição de agentes bioativos pode influenciar as propriedades da superfície, prejudicando as propriedades funcionais e biológicas dos materiais resinosos.
8. Maru *et al.*, (2021) revisaram a literatura disponível sobre a citotoxicidade e bioatividade de vários materiais, incluindo MTAs e sua influência nas diferentes células em relação à sua composição e força. Esta revisão sistemática foi realizada buscando nas bases de dados: PubMed, Google Scholar e Cochrane, publicados entre 2000 e 2018. Sete estudos foram selecionados para avaliar a qualidade das evidências sobre a bioatividade de cimentos endodônticos bioativos (BECs) (1 linhagem celular humana, 2 linhagens celulares animais e 4 estudos *in vitro*, animais e humanos) e 13 estudos foram selecionados para revisar a qualidade das evidências sobre citotoxicidade (7 linhagens de células humanas, 4 linhagens de células animais e 2 estudos de modelo animal). Estudos muito limitados foram realizados sobre a bioatividade de outros materiais além do agregado trióxido mineral (MTA). O agregado de trióxido mineral é o cimento obturador mais utilizado e estudado, e as evidências da literatura corroboraram sua citotoxicidade reduzida e maior biodisponibilidade. Faltou evidência suficiente para chegar a um consenso sobre o material ideal com citotoxicidade mínima e bioatividade ideal.
9. Pássaro *et al.*, (2022) avaliaram a longevidade de restaurações ART oclusoproximais em molares decíduos utilizando um cimento de ionômero de vidro - CIV e uma resina

composta Giomer - GCR após 24 meses. Foram selecionadas aleatoriamente 182 crianças de quatro a oito anos de idade e as restaurações foram avaliadas após 3, 6, 12, 18 e 24 meses. Após 24 meses, a sobrevivência das restaurações foi CIV = 58,1% e GCR = 49,1%. A análise da intenção de tratar mostrou um sucesso de CIV= 61,1% e GCR= 52,2%. A hipótese de superioridade não foi comprovada em ambas as análises. GCR não apresentam longevidade superior ao CIV em restaurações ART oclusoproximais de molares decíduos.

10. Özgür *et al.*, (2022) avaliaram selantes à base de giômeros e resina convencional aplicados em primeiros molares permanentes (FPMs) acometidos por HMI. Cem FPMs com HMI indicados para selante de fissura não invasivo foram selecionados em 39 crianças. Foram randomizados em dois grupos; Grupo 1: Selante resinoso (Conceal F) e Grupo 2: Selante Giomer (BeautiSealant). A avaliação clínica foi realizada usando os critérios modificados do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos em 1, 3, 6 e 12 meses. Os selantes convencionais à base de resina apresentaram melhor desempenho clínico no período de avaliação de 12 meses do que os selantes gioméricos que foram aplicados com primer autocondicionante.
11. Ozer *et al.*, (2022) avaliaram e compararam o desempenho clínico de dois materiais restauradores de giômeros nano-híbridos após 5 anos. Quarenta e quatro pares de restaurações (total n = 88) de um giomero fluido (Beautifil Flow Plus F00; Shofu Inc., Kyoto, Japão) e um material restaurador de giomero nano-híbrido convencional (Beautifil II; Shofu Inc.) foram colocados em cavidades Classe I após a aplicação de um adesivo dentinário (FL-Bond II; Shofu Inc.) e um liner fluido (Beautifil Flow Plus F03; Shofu Inc.). Após 5 anos, 32 pares de restaurações foram avaliados utilizando os critérios modificados do Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos. Nenhuma das restaurações apresentou perda completa de retenção, sensibilidade pós-operatória, cárie secundária ou alteração de cor. Não houve alterações significativas em nenhum dos critérios clínicos para cada material durante o período de avaliação de 5 anos ($p > 0,05$) e não houve diferenças significativas entre os dois materiais em todos os parâmetros clínicos após 5 anos ($p > 0,05$).
12. Adeyeye *et al.*, (2023) avaliaram a microinfiltração marginal do Activa Kids Bioactive-Restorative usado com um agente adesivo (AB+) e compará-lo com a microinfiltração

de uma resina composta tradicional (CR), um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rmgic) e a Activa Kids Bioative-Restorative colocada sem o uso de um agente adesivo (AB-). As cavidades padrão da classe I foram preparadas em 200 molares permanentes extraídos e livres de cárie, que foram então restaurados com 1 dos 4 materiais restauradores (n = 50 cada). Os resultados mostraram que o AB+ teve uma taxa média de microinfiltração comparável à do RC tradicional. Além disso, o AB+ exibiu uma menor taxa de microinfiltração médias que o RMGIC. Neste estudo, AB+ exibiu uma taxa média de microinfiltração significativamente menor que AB-. Portanto, este material bioativo deve ser usado com um agente adesivo.

13. Ahmed *et al.*, (2023) compararam a resistência de união ao microcissalhamento (μ SBS) de resina bioativa e ionômero de vidro modificado por resina (RMGI) à dentina e resina composta. O esmalte de 11 dentes molares posteriores foi removido para expor a dentina e depois colocado em blocos de acrílico. Cada amostra recebeu três tubos microcilíndricos Tygon preenchidos com resina bioativa (Activa Bioactive (Pulpdent, MA, EUA)), RMGI (Riva light cure SDI LTD, Bayswater, Austrália) e resina composta (Filtek Z350xt, MN, EUA). Foram confeccionados discos (n = 11) a partir de resina composta nanoparticulada (Filtek Z350xt) e posteriormente fixados em blocos de acrílico. Cada amostra recebeu dois tubos microcilíndricos Tygon preenchidos Activa Bioactive e Riva RMGI. A resina composta nanoparticulada Filtek Z350xt apresentou os maiores valores de μ SBS. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre Activa Bioactive e Riva RMGI.
14. Vidal *et al.*, (2023) compararam a liberação fluoreto de materiais restauradores dentários liberadores de íons. Sete grupos experimentais foram preparados utilizando os seguintes seis materiais diferentes: alcasita (Cention Forte), cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Fuji II LC), compósito bioativo (ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE), compósito nano-híbrido contendo flúor (Luminos UN), híbrido de vidro sem revestimento (EQUIA Forte HT), híbrido de vidro com aplicação de revestimento (EQUIA Forte HT) e cimento de ionômero de vidro (Fuji IX). Um total de 40 amostras para cada grupo (n=40) foram preparadas em moldes de Teflon (8 mm x 2 mm) e colocadas em frascos de polietileno com 5 ml de água deionizada. A liberação de flúor foi medida após 6, 24, 48 horas e durante 5 semanas usando um eletrodo íon-seletivo. O EQUIA Forte HT sem revestimento teve a maior liberação geral de flúor, enquanto o

Cention Forte demonstrou o maior aumento ao longo do tempo. ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE exibiu a menor liberação de flúor neste estudo.

15. Toz-Akalin *et al.*, (2023) avaliaram o desempenho clínico de uma resina composta bioativa de baixa contração em comparação com uma resina composta convencional nanohíbrida. 35 pacientes receberam, aleatoriamente, 35 pares de restaurações com material bioativo de baixa contração Giomer (Beautiful II LS, Shofu Inc, Kyoto , Japão) ou resina composta nanohíbrida convencional (Clearfil Majesty Posterior, Kuraray, Japão) em cavidades Classe I e Classe II. Dois operadores realizaram todas as restaurações utilizando as resinas adesivas correspondentes e conforme instruções de cada fabricante. Dois operadores calibrados avaliaram as restaurações duas semanas após a colocação (linha de base), aos seis meses e aos um e dois anos usando critérios FDI (pontuações 1-5). Para o grupo restaurado com resina composta nanohíbrida, uma lesão secundária de cárie pequena e localizada foi observada e monitorada nos acompanhamentos de um e dois anos. Uma restauração no grupo restaurador Giomer de baixa contração houve falha devido à perda de retenção. Ao longo do acompanhamento de dois anos, o desempenho das restaurações de resina composta Giomer e nanohíbrida foi clinicamente aceitável.

Quadro 01: Resumos dos estudos publicados sobre materiais bioativos.

Referência	Produtos utilizados	Tipo de estudo	Amostra (n)	Principais achados
Abdelkarim, El-Eraky, Etman (2014)	Beautifil II (SHOFU), Beautifil Flow Plus. F00 (SHOFU) e FL-Bond II	In vivo	88 restaurações	O desempenho clínico de três anos de ambos os materiais restauradores foi muito bom e não significativamente diferente para qualquer um dos parâmetros avaliados.
Trevellin <i>et al.</i> (2015)	Recaldent™, NANO P, Flutop Gel 1,23%, Desensibilize NanoP e MI Paste Plus	In vitro	40 espécimes	Os tratamentos realizados acarretaram diferentes graus de remineralização no esmalte dental submetido a desafio erosivo. O composto bioativo Recaldent™ mostrou melhor desempenho nos índices de remineralização após sete dias de tratamento.
Priyadarshini <i>et al.</i> (2017)	Ketac Nano (Ketac™ N100), RMGIC (Fuji Filling™ LC) e Giomer (Beautifil® II)	Ensaio clínico randomizado	20 indivíduos	Dentro das limitações deste ECR de 12 meses, as restaurações Ketac Nano e RMGIC foram melhor retidas em LCNCs, enquanto a correspondência de cor e acabamento superficial superiores foram observados com restaurações de Giomer.

Knežević <i>et al.</i> , (2018)	Gradia Direct Posterior e Beautifil II	In vitro	11 espécimes	As amostras polimerizadas através de overlays CAD/CAM apresentaram menor citotoxicidade do que as amostras polimerizadas diretamente. Além da composição do material, a viabilidade celular também foi influenciada pelo tempo de cura, temperatura de pré-aquecimento e padrão de polimerização.
ElReash <i>et al.</i> (2019)	Mineral trioxide aggregate High Plasticity (MTA-HP), iRoot BP Plus e ACTIVA Bioactive Restorative	In vivo	75 ratos	Grupo ACTIVA apresentou maior grau de biocompatibilidade aos tecidos subcutâneos em comparação com os cimentos de iRoot BP e MTA-HP no que diz respeito a diminuição da intensidade da inflamação, com posterior remodelação do tecido conjuntivo fibroso e melhores padrões de cicatrização.
Mu <i>et al.</i> (2020)	Beautifil e Filtek Z350	In vivo	108 dentes	Quando os dois materiais foram aplicados em áreas de contato oclusal, a resistência ao desgaste da Giomer foi ligeiramente inferior à da resina universal. Nenhuma diferença significativa foi encontrada quando eles foram aplicados em áreas de contato oclusal.
Garcia <i>et al.</i> (2021)	TPH 3 Flow, Activa BioRestorative, BioCoat e Beautifil Flow Plus	In vitro	10 dentes	A adição de agentes bioativos pode influenciar as propriedades da superfície, prejudicando as propriedades funcionais e biológicas dos materiais resinosos.

Maru <i>et al.</i> (2021)	Cimentos endodônticos bioativos (BECs) e agregado trióxido mineral (MTA)	Revisão sistemática	13 estudos	Faltou evidência suficiente para chegar a um consenso sobre o material ideal com citotoxicidade mínima e bioatividade ideal.
Pássaro <i>et al.</i> (2022)	Equia Forte”– GC Corp e Beautifil Bulk Restorative” – Shofu Inc	Ensaio clínico randomizado	182 crianças	GCR não tem longevidade superior ao GIC em restaurações ART oclusoproximais de molares decíduos.
Özgür <i>et al.</i> , (2022)	Conceal F e BeautiSealant	Ensaio clínico randomizado	100 dentes	Os selantes convencionais à base de resina apresentaram melhor desempenho clínico no período de avaliação de 12 meses do que os selantes gioméricos que foram aplicados com primer autocondicionante.
Ozer <i>et al.</i> , (2022)	Beautifil Flow Plus F00 e Beautifil II	Ensaio clínico randomizado	88 restaurações	O desempenho clínico de cinco anos de ambos os materiais restauradores de giômeros nano-híbridos foi comparativamente aceitável e não significativamente diferente para nenhum dos parâmetros avaliados.
Adeyeye <i>et al.</i> , (2023)	Activa Kids Bioactive-Restorative, cimento de ionômero de vidro modificado por resina (Rmgic)	In vivo	200 dentes	Os resultados mostraram que o AB+ teve uma taxa média de microinfiltração comparável à do RC tradicional. Além disso, AB+ exibiu uma taxa média de microinfiltração menor que RMGIC.

Ahmed <i>et al.</i> , (2023)	Activa Bioactive RMGI (Riva light cure) e resina composta (Filtek Z350xt).	In vivo	11 molares	A resina composta nanoparticulada Filtek Z350xt apresentou os maiores valores de μ SBS. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre Activa Bioactive e Riva RMGI.
Vidal <i>et al.</i> , (2023)	Cention Forte, Fuji II LC, ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE, EQUIA Forte HT	In vitro	40 amostras	O EQUIA Forte HT sem revestimento teve a maior liberação geral de flúor, enquanto o Cention Forte demonstrou o maior aumento ao longo do tempo. ACTIVA BioACTIVE-RESTORATIVE exibiu a menor liberação de flúor neste estudo.
Toz-Akalin <i>et al.</i> , (2023)	Beautifil II LS e Clearfil Majesty Posterior	Ensaio clínico randomizado	35 pacientes	Para uma restauração do grupo Clearfil Majesty Posterior uma lesão secundária pequena e localizada foi observada e monitorada nos acompanhamentos de um e dois anos. Uma restauração no grupo Beautifil houve falha devido à perda de retenção.

REFERÊNCIAS

1. U.M. Abdel-karim, M. El-Eraky, W.M. Etman. Three-year clinical evaluation of two nano-hybrid giomer restorative composites, Tanta Dental Journal, Volume 11. doi:10.1016/j.tdj.2014.10.004
2. Trevellin, L; Shimaoka, A; Carvalho, R; Andrade, A. Capacidade remineralizadora de princípios bioativos no esmalte dental submetido a desafio erosivo. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.* [online]. 2015, vol.69, n.2, pp. 148-155. ISSN 0004-5276.
3. Priyadarshini BI, Jayaprakash T, Nagesh B, Sunil CR, Sujana V, Deepa VL. One-year comparative evaluation of Ketac Nano with resin-modified glass ionomer cement and Giomer in noncarious cervical lesions: A randomized clinical trial. *J Conserv Dent.* 2017 May-Jun;20(3):204-209. doi: 10.4103/0972-0707.218305. PMID: 29279627; PMCID: PMC5706324.
4. Knežević A, Želježić D, Kopjar N, Duarte S Jr, Tarle Z. *In Vitro* Biocompatibility of Preheated Giomer and Microfilled-Hybrid Composite. *Acta Stomatol Croat.* 2018 Dec;52(4):286-297. doi: 10.15644/asc52/4/2. PMID: 30666059; PMCID: PMC6336444.
5. Abou ElReash A, Hamama H, Abdo W, Wu Q, Zaen El-Din A, Xiaoli X. Biocompatibility of new bioactive resin composite versus calcium silicate cements: an animal study. *BMC Oral Health.* 2019 Aug 22;19(1):194. doi: 10.1186/s12903-019-0887-1. PMID: 31438924; PMCID: PMC6704669.
6. Mu HL, Tian FC, Wang XY, Gao XJ. [Evaluation of wear property of Giomer and universal composite *in vivo*]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* 2020 Dec 21;53(1):120-125. Chinese. doi: 10.19723/j.issn.1671-167X.2021.01.018. PMID: 33550345; PMCID: PMC7867993.
7. Garcia IM, Balhaddad AA, Aljuboori N, Ibrahim MS, Mokeem L, Ogubunka A, Collares FM and Melo de MAS (2021) Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions. *Front. Oral. Health* 2:628026. doi: 10.3389/froh.2021.628026.
8. Maru V, Dixit U, Patil RSB, Parekh R. Cytotoxicity and Bioactivity of Mineral Trioxide Aggregate and Bioactive Endodontic Type Cements: A Systematic Review. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2021 Jan-Feb;14(1):30-39. doi: 10.5005/jp-journals-10005-1880. PMID: 34326580; PMCID: PMC8311779.
9. Pássaro AL, Olegário IC, Laux CM, Oliveira RC, Tedesco TK, Raggio DP. Giomer composite compared to glass ionomer in occlusoproximal ART restorations of primary

- molars: 24-month RCT. *Aust Dent J*. 2021 Dec 13. doi: 10.1111/adj.12894. Epub ahead of print. PMID: 34904247.
10. Özgür B, Kargın ST, Ölmez MS. Clinical evaluation of giomer- and resin-based fissure sealants on permanent molars affected by molar-incisor hypomineralization: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2022 Jul 5;22(1):275. doi: 10.1186/s12903-022-02298-9. PMID: 35790955.
 11. Ozer F, Patel R, Yip J, Yakymiv O, Saleh N, Blatz MB. Five-year clinical performance of two fluoride-releasing giomer resin materials in occlusal restorations. *J Esthet Restor Dent*. 2022 Dec;34(8):1213-1220. doi: 10.1111/jerd.12948. Epub 2022 Aug 7. PMID: 35934807.
 12. Adeyeye A, Spivey V, Stoeckel D, Welch D. Comparison of the marginal microleakage of a bioactive composite resin and traditional dental restorative materials. *Gen Dent*. 2023 May-Jun;71(3):52-56. PMID: 37083614.
 13. Ahmed B, Hamama HH, Mahmoud SH. Microshear Bond Strength of Bioactive Materials to Dentin and Resin Composite. *Eur J Dent*. 2023 Jul;17(3):917-923. doi: 10.1055/s-0042-1756692. Epub 2022 Oct 28. PMID: 36307111; PMCID: PMC10569854.
 14. Banic Vidal LS, Veček NN, Šalinović I, Miletić I, Klarić E, Jukić Krmek S. Short-Term Fluoride Release from Ion- Releasing Dental Materials. *Acta Stomatol Croat*. 2023 Sep;57(3):229-237. doi: 10.15644/asc57/3/3. PMID: 37808411; PMCID: PMC10557113.
 15. Toz-Akalin T, Öztürk-Bozkurt F, Kusdemir M, Özsoy A, Yüzbaşıoğlu E, Özcan M. Clinical Evaluation of Low-shrinkage Bioactive Material Giomer Versus Nanohybrid Resin Composite Restorations: A Two-year Prospective Controlled Clinical Trial. *Oper Dent*. 2023 Jan 1;48(1):10-20. doi: 10.2341/21-155-C. PMID: 36508717.

ARTIGO

Formatado de acordo com as normas do periódico: "Operative Dentistry".

Título: Avaliação de propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina bioativa submetida a ciclagem de pH – estudo *in vitro*.

Título Curto: Propriedades de uma resina bioativa submetida a ciclagem de pH.

Autores

1. Lyzia Vitória Mendes Rezende – Rezende, LVM – Universidade Federal do Piauí- UFPI
Orcid: 0000-0002-8644-0802
2. Gláuber Campos Vale – Vale, GC - Universidade Federal do Piauí – UFPI
Orcid: 0000-0002-6055-9493.

Descritores: Resina Bioativa; Fluoretos; Materiais Odontológicos.

Endereço para correspondência:

Prof. Dr. Glauber Campos Vale

Campus Universitário Ministro Petrônio Portella – Bloco 5 – Programa de Pós- Graduação em Odontologia, Bairro Ininga / CEP: 64049-550 Teresina - Piauí – Brasil

Fone: (86) 3237-1517/ e-mail: glauber@ufpi.edu.br

Declaração de interesses: Os autores declaram que não há conflito de interesses.

RESUMO

Introdução: As resinas bioativas podem reduzir as lesões de cárie nos dentes adjacentes, proporcionando a liberação de íons, como cálcio, fosfato, estrôncio, zinco, magnésio e flúor (F). Esse novo material combinou as vantagens de resinas compostas com cimentos de ionômero de vidro. **Objetivo:** Comparar propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina bioativa, uma resina convencional e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina, submetidas a ciclagem de pH. **Material e método:** Trata-se de um estudo laboratorial - *in vitro*, no qual 30 blocos de provas foram preparados com os seguintes materiais: resina bioativa (Beautifil Flow Plus), cimento ionômero de vidro (Ionoseal) e grupo controle com resina convencional (Opallis Flow) que após divididos em três grupos, passaram por um processo de ciclagem de pH durante 5 dias. Após esse período foram analisadas propriedades químicas como a liberação de fluoretos, propriedades físicas (sorção e solubilidade) e mecânicas (dureza e rugosidade). O limite de significância adotado foi fixado em 5% e a análise estatística foi realizada por meio do software Graph pad Prism versão 10.0. **Resultados:** Na liberação cumulativa de F, a resina Beautifil apresentou resultados semelhantes ao Ionoseal e estatisticamente superiores a Opallis ($p < 0,05$). Observa-se uma maior liberação de F no meio ácido do que na saliva artificial em todas as amostras, ($p < 0,05$), exceto para a resina convencional. A resina bioativa apresentou perda de dureza de superfície semelhante a resina convencional e inferior ao Ionoseal ($p < 0,05$). Após a ciclagem de pH, a rugosidade de cada material aumentou significativamente ($p < 0,05$). Não houve diferença na sorção e solubilidade entre os materiais avaliados ($p > 0,05$). **Conclusão:** A resina bioativa Beautiful apresentou propriedades físico-químicas e mecânicas semelhantes a resina convencional Opallis, e liberação de fluoreto semelhante ao Ionoseal, ionômero de vidro modificado por resina, sendo uma opção de material restaurador bioativo.

Palavras-chave: Resina Bioativa; Fluoretos; Materiais Odontológicos.

INTRODUÇÃO

Os materiais bioativos auxiliam no equilíbrio biodinâmico entre os dentes e a saliva (Paradella *et al.*, 2008; Kimyai 2011; Naoum *et al.*, 2011), reduzindo as lesões de cárie nos dentes adjacentes, proporcionando a liberação de íons, como cálcio, fosfato, flúor, zinco, magnésio e estrôncio (Garcia *et al.*, 2021). Além disso, proporcionam uma boa vedação contra microinfiltrações (Ahmed *et al.*, 2023). Esse novo material combinou as vantagens de resinas compostas com cimentos de ionômero de vidro (Özgür *et al.*, 2022). Muitos fabricantes adicionaram intencionalmente diferentes fontes de liberação de íons em uma faixa de tamanho e concentração como um componente anticárie (Harhash *et al.*, 2017). A variação na composição, solubilidade e permeabilidade da resina bioativa visa maximizar e sustentar a liberação de íons ao longo do tempo (Dorozhkin SV. 2013).

A liberação de fluoretos (F) dos materiais bioativos é uma de suas principais características (Rusnac *et al.*, 2018). Sabe-se que o uso de F é considerado uma estratégia importante para o controle da cárie dentária tanto em nível individual como comunitária (Tenuta & Cury, 2010). Seu mecanismo de ação é físico-químico e consiste na redução da desmineralização e no aumento da remineralização do esmalte dentário e dentina (Cury *et al.*, 2016). Para isso, o F deve estar presente, em baixos níveis, constantemente na cavidade oral (O'Mulane *et al.*, 2016). Isso levou ao aumento do desenvolvimento de materiais liberadores de flúor como estratégia na prevenção ou inibição do desenvolvimento e progressão da cárie. (Casaglia *et al.*, 2021).

A biodisponibilidade do F nos fluidos orais depende de vários fatores, como a forma de administração, solubilidade nas formulações, concentração, e fluxo salivar (Naumova *et al.*, 2012; Duckworth & Jones, 2015). A presença de fluoretos nos materiais restauradores auxilia a reposição de minerais nas estruturas adjacentes às restaurações, minimizando a ocorrência de lesões de cárie adjacentes a restaurações (Mickenautsch *et al.*, 2010). Além da propriedade de liberação de F, alguns materiais são ainda capazes de se recarregar com o fluoreto advindo do meio externo, tendendo a manter quantidade de flúor ótima próxima às restaurações (Attar & Onen, 2002; Preston *et al.*, 2003), como já foi observado em ionômeros de vidro (Rolim *et al.*, 2019).

Nesse contexto, recentes avanços têm emergido a fim de desenvolver biomateriais que estimulem a mais benéfica resposta tecidual de interesse no indivíduo, de maneira a potencializar a bioatividade e a biocompatibilidade, sem acarretar em efeitos danosos aos tecidos orais (Smith *et al.*, 2016). Entretanto, as propriedades físico-químicas e mecânicas

das resinas bioativas em comparação a resinas convencionais e cimentos de ionômero de vidro, ainda não se encontra consolidada na literatura. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar propriedades físico-químicas e mecânicas de uma resina bioativa submetida a ciclagem de pH.

MATERIAL E MÉTODO:

Desenho experimental

Esse estudo seguiu as diretrizes do Guidelines for reporting pre-clinical in vitro Studies on dental Materials (Faggion CM Jr. 2012). Foi realizado um estudo laboratorial - *in vitro* com três categorias de materiais restauradores estudados: resina bioativa (Beautifil Flow Plus), cimento de ionômero de vidro (Ionoseal) e uma resina odontológica sem materiais bioativos como grupo controle (Opallis Flow). A composição dos materiais está descrita na Tabela 1. Essas passaram por um processo de ciclagem de pH durante 5 dias. Após esse período foi analisado propriedades como: liberação de fluoretos e propriedades físico-químicas e mecânicas (dureza, rugosidade, sorção e solubilidade).

Tabela 1 – Composição e fabricante de resinas compostas bioativas, cimentos ionômero de vidro e do grupo controle fornecidos por cada fabricante

Identificação	Material/Fabricante	Composição
Resina Bioativa	Beautifil Flow Plus. Shofu Inc., San Marcos CA, USA (Lote: 112016)	Metacrilato de bisfenol A-glicidil (~15–25%), Dimetacrilatos de trietilenglicol (~12–14%), Vidro de aluminofluoro-borossilicato (~50–60%), Al ₂ O ₃ (1–2%), Canforoquinona.
Resina Convencional (Grupo Controle)	Opallis Flow FGM, Joinville, SC, Brasil (Lote: 010322)	Báριο-alumino silicato, dióxido de silício nanoparticulado, TEGDMA, Bis(EMA), Bis(GMA)], canforquinona, iniciadores, conservantes e pigmentos.

Cimento	de	Ionoseal.	Vidro fluoroaluminossilicato, Bis-
Ionômero	de	Voco GmbH, Cuxhaven, Germany	GMA, 1,6-
Vidro		(Lote: 2233538)	hexanodiilbismetacrilato 5%-
Modificado por			10%, TEDMA 2,5%-5%
Resina			

Estudo piloto

Foi realizado um estudo piloto com 18 corpos de provas (6 para cada resina), submetidas a uma ciclagem de pH por 3 dias para padronização, treinamento e ajustes da metodologia.

Preparo dos blocos

A confecção das amostras obedeceu à normatização NBR ISO 4287 (International Organization for Standardization). Para o cálculo amostral foi utilizado dados do estudo piloto realizado anteriormente, considerando os seguintes parâmetros: três grupos experimentais; estimativa de desvio padrão de 0,45; mínima diferença entre os grupos estipulada em 0,65; erro alfa fixado em 5% e erro beta em 20%, totalizando 30 corpos de prova. O cálculo foi realizado em plataforma online no endereço: http://calculoamostral.bauru.usp.br/calculoamostral/ta_diferenca_media_dependente.php Foram preparados por um único operador todos os 30 corpos de prova e divididos em três grupos. Dez amostras de cada material foram confeccionadas inserindo-se um único incremento do material. Foi utilizada uma matriz bipartida de teflon com seis perfurações circulares para produzir corpos de prova de dimensões de 4mm de diâmetro e 2mm de espessura. Os materiais restauradores foram proporcionados e manipulados em ambiente de laboratório, com temperatura controlada (26 ± 1 °C). O material restaurador foi aplicado com auxílio de uma espátula de manipulação em incremento único no interior da matriz. Imediatamente após a inserção do material, foi adaptado um pedaço de fio dental para auxiliar na suspensão do corpo de prova e este coberto com tira de poliéster (Quimidrol, Santa Catarina – Brasil) e placa de vidro (15x07x06mm) visando planificar a superfície e remover o excesso de material por pressão. As resinas foram fotoativadas pelos tempos recomendados pelos fabricantes por meio de um fotopolimerizador (Optilight LD MAX –

GNATUS, Ribeirão Preto, SP, Brasil) sob uma tira de poliéster. O fotopolimerizador passou por um teste com radiômetro, previamente. As amostras foram armazenadas individualmente durante 24h a 37 °C em umidade a 100% em estufa de demanda bioquímica de oxigênio - BOD (SPLabor, São Paulo, Brasil). Posteriormente, as amostras passaram pelos procedimentos de acabamento e polimento com discos com abrasividade decrescente (Sof-lex Pop On - 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA).

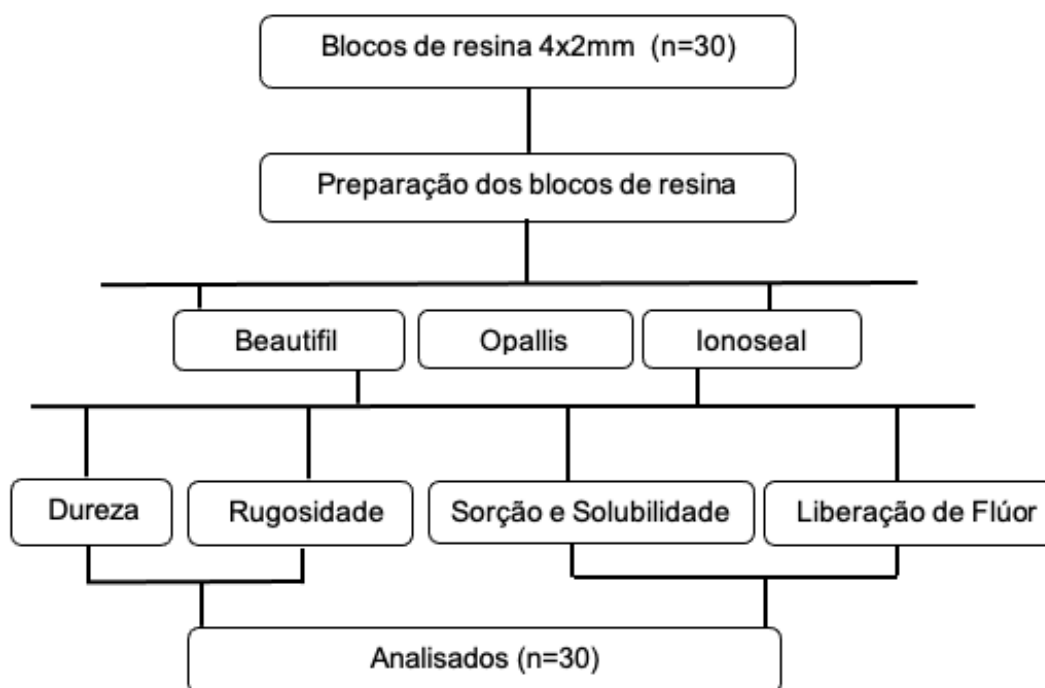


Figura 1. Fluxograma do delineamento experimental do estudo.

Ciclagem de pH

Foi utilizado um modelo de ciclagem de pH desenvolvido por Rebelato *et al.*, 2012 com modificações. A ciclagem de pH utilizada consistiu em 5 ciclos. Cada unidade foi acondicionada em placa de cultura contendo 1mL de solução ácida (sprite®, pH 3,6), permanecendo em estufa a 37 °C por 6 horas. A troca da solução foi realizada após o intervalo definido e os corpos de prova foram lavados com água destilada e acondicionados em 1 mL de saliva artificial, mantidos em estufa a 37°C por 18h. A composição da saliva artificial consistiu de 0,33g de KH₂PO₄, 0,34g de Na₂HPO₄, 1,27g de KCl, 0,16g de NaSCN, 0,58g de NaCl, 0,17g de CaCl₂, 0,16g de NH₄Cl, 0,2g de ureia, 0,03g de glicose e 0,002g de ácido ascórbico (Ionta *et al.*,2014). Essa etapa foi realizada durante 5 dias. O volume de soluções foi de 1 mL por bloco.

Análise das propriedades das resinas

4.1 Liberação de Fluoreto

Para leitura, em cada uma das placas contendo a solução ácida e a saliva artificial utilizadas na ciclagem de pH, foi adicionado 0,1 ml de TISAB III (Total IonicStrengthAdjustment Buffer Solution), para que ocorra a dissociação do fluoreto. O total de solução foi levado ao eletrodo para realizar a leitura da quantidade de íons flúor. Utilizou-se um eletrodo específico para detecção de flúor (Orion 9606 – Orion Research Inc., USA) acoplado a um potenciômetro mantendo a solução sob agitação em aparelho agitador magnético (Fisatom, São Paulo, Brasil). A curva de calibração foi realizada previamente à leitura, com concentrações variando entre 0,025 e 16 ppmF. A liberação cumulativa de F foi calculada pela soma dos valores liberados por cada bloco durante todos os dias da ciclagem de pH.

4.2 Dureza

A dureza de superfície inicial foi determinada com auxílio de um microdurômetro Leitz Wetzlar modelo Durimet4 (Wetzlar, Alemanha) pela realização de cinco endentações com ponta Vickers com uma carga de 50g por 5 segundos em diferentes regiões das amostras. Ao final da ciclagem, as amostras foram novamente mensuradas para obtenção da dureza final seguindo os mesmos parâmetros da dureza inicial. Além disso, foi realizado cálculo da porcentagem da perda de dureza de superfície (%PDS), utilizando o seguinte cálculo: $(\text{Dureza final} - \text{Dureza inicial} / \text{Dureza inicial} \times 100)$.

4.3 Rugosidade

Utilizou-se o rugosímetro (Surfcorder SE 1700 - Kosakalab), o qual possui uma ponta diamantada (sensibilidade V500) que percorre pela superfície do espécime, calculando uma medida a cada 0,250 mm, totalizando 1,250 mm (cinco medidas), a uma velocidade de 0,100 mm/s. Em cada espécime, foram realizadas três mensurações e, ao final, calculada uma média desses valores. A avaliação da rugosidade foi realizada antes e após a ciclagem de pH com os mesmos parâmetros.

4.4 Sorção e solubilidade

De acordo com a norma ISO 4049, os corpos de prova foram armazenados em dessecador de vidro (Vidrolabor, Campina, SP, Brasil) com sílica gel azul e após 24 horas, pesados em balança analítica (Shimadzu, Barueri, SP, Brasil) para obtenção do peso inicial estável. Esse ciclo repetiu-se por 24 horas até que uma massa constante (1) foi observada. Após estabilização da massa inicial, o diâmetro e a espessura dos corpos de prova foram medidos com paquímetro digital (DIGIMESS, São Paulo, Brasil) ($\pm 0,001$ mm). O diâmetro

de cada amostra foi medido em dois pontos perpendiculares um ao outro e o diâmetro médio calculado. A espessura de cada corpo de prova foi medida no centro em quatro pontos igualmente espaçados e a espessura média calculada. Para calcular o volume (V) do corpo de prova, utilizou-se a seguinte fórmula: $V = \pi \times r^2 \times h$, onde r é o raio da média (diâmetro/2) e h é a espessura média.

Após a determinação do volume dos corpos de prova, estes passaram pela ciclagem de pH. Após esse período, as amostras foram retiradas com pinça, lavadas abundantemente com água destilada e secas com papel toalha absorvente, mantidas em temperatura ambiente por 15 s, e novamente pesadas para obtenção da massa após imersão nas soluções (m_2). Em seguida, os espécimes foram recolocados em seus tubos e armazenados em dessecador com sílica gel. As medições durante a desidratação foram realizadas novamente usando a mesma metodologia descrita em ciclos de 24 horas para obter a massa constante recondicionada, denominada “ m_3 ”.

A sorção média e a solubilidade (mg/mm^3) de cada corpo de prova foram calculadas de acordo com as seguintes equações: Sorção = $m_2 - m_3/V$; Solubilidade = $m_1 - m_3/V$, onde m_1 é a massa após a secagem inicial da amostra (μg), m_2 é a massa após o período de imersão em soluções (μg), m_3 é a massa final após a secagem (μg) e V é o volume em mm^3 .

Análise estatística

As premissas de igualdade de variância e distribuição normal dos erros foram verificadas para as variáveis respostas. Os dados de dureza, rugosidade e liberação de fluoretos apresentaram distribuição normal e foram avaliados por ANOVA e pós-teste de Tukey para comparação das propriedades entre os materiais e teste t pareado para comparação dentro de cada material antes e após a ciclagem de pH. Os dados de sorção e solubilidade foram analisados pelo teste de Kruskal-wallis por apresentarem distribuição não normal. O valor de p foi fixado em 5% e o software Graph pad prism 10.0 foi usado para realização dos testes estatísticos.

RESULTADOS

Tabela 02. Média (DP) da liberação de fluoreto (ug F/ml) dos materiais avaliados de acordo com a solução e tempo (n=10).

Tempo	Sprite ®			Saliva		
	Beautifil	Oppalis	Ionoseal	Beautifil	Oppalis	Ionoseal
Dia 1	4,63 (0,97)aA	0,04 (0,01)bA	2,70 (0,64)cA	1,14 (0,44)aA*	0,02 (0,01)bA	0,37 (0,16)cA*
Dia 2	1,74 (0,62)aB	0,03 (0,01)bA	2,46 (0,49)cA	0,56 (0,29)aB*	0,02 (0,01)bA	0,34 (0,11)cB*
Dia 3	1,08 (0,39)aC	0,02 (0,01)bA	2,45 (0,68)cA	0,51 (0,19)aB*	0,02 (0,01)bA	0,33 (0,10)cB*
Dia 4	0,61 (0,25)aCD	0,02 (0,01)bA	1,64 (0,28) cB	0,46 (0,18)aB	0,02 (0,01)bA	0,31 (0,06)aB*
Dia 5	0,52 (0,25) aD	0,02 (0,01)bA	1,50 (0,32) cB	0,35 (0,15)aB	0,02 (0,01)bA	0,21 (0,05)aB*

Letras minúsculas indicam diferença estatística entre os materiais em cada solução, letras maiúsculas indicam diferença entre o tempo dentro de cada material (ANOVA) e o asterisco indica diferença entre os tipos de solução em cada material ($p < 0,05$).

A liberação de fluoreto dos materiais nas diferentes soluções em relação ao tempo está apresentada na Tabela 2. No primeiro dia em meio ácido, a resina Beautifil apresentou maior liberação de fluoreto (4,63 $\mu\text{g F/mL}$) em comparação aos demais materiais estudados ($p < 0,05$), com um decréscimo na liberação com o passar dos dias. No meio ácido, o Ionoseal apresentou maior liberação a partir do segundo dia em relação aos outros grupos ($p < 0,05$), já na saliva artificial a resina Beautifil apresentou maior liberação de F nos três primeiros dias quando comparado ao Ionoseal ($p < 0,05$). Como era esperado, a resina convencional Oppalis não apresentou liberação de F durante a ciclagem de pH. Observou-se maior liberação de fluoreto em meio ácido do que na saliva artificial para a resina Beautifil até o terceiro dia da ciclagem e em todos os dias para o Ionoseal ($p < 0,05$).

Tabela 03. Média (DP) da dureza (HV), rugosidade (μm), sorção ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) e solubilidade ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$) dos materiais avaliados (n=10)

Materiais	Dureza		Rugosidade		Sorção	Solubilidade
	Inicial	Final	Inicial	Final		
Beautifil	92,36 (15,41) a	78,65 (20,45)*a	0,08 (0,04) a	0,18 (0,13)* a	- 0,07 (0,01) a	0,03 (0,01) a
Opallis	96,03 (26,92) a	70,46 (7,61)*a	0,09 (0,05) a	0,28 (0,20)* a	- 0,15 (0,20) a	- 0,04 (0,20) a
Ionoseal	178,09 (41,01) b	90,88 (25,18)*a	0,13 (0,12) a	0,40 (0,39)* a	- 0,07 (0,01) a	0,04 (0,03) a

Letras minúsculas distintas indicam diferença estatística entre os materiais (ANOVA, $p < 0,05$) e o asterisco indica diferença de cada material antes e após o desafio erosivo (teste t, $p < 0,05$).

Na Tabela 3, estão apresentadas as propriedades de dureza, rugosidade, sorção e solubilidade dos materiais. Observou-se que Ionoseal apresentou maior dureza inicial e final, com diferença estatística em relação as resinas ($p < 0,05$). Todos os materiais apresentaram uma redução na dureza após o desafio erosivo ($p < 0,05$). Não houve diferença entre as rugosidades inicial e final entre os materiais estudados ($p > 0,05$). Após a ciclagem de pH, a rugosidade de cada material aumentou significativamente ($p > 0,05$). Não houve diferença na sorção e solubilidade entre os materiais após da ciclagem ($p > 0,05$).

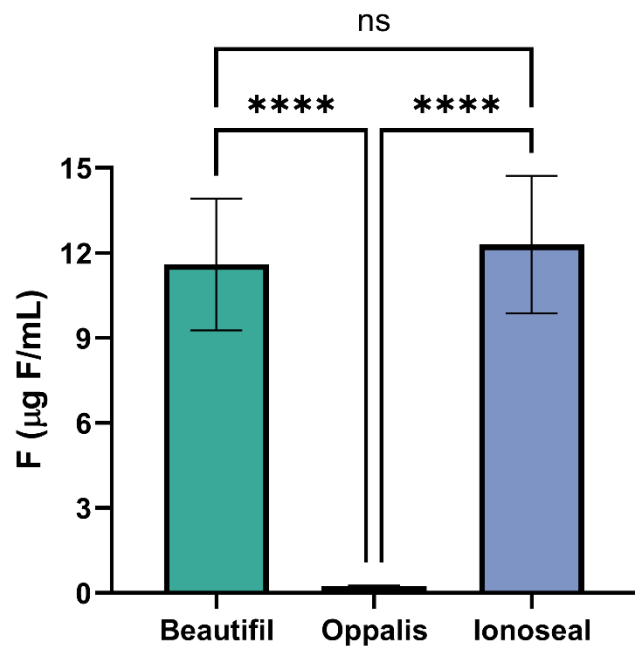


Figura 2. Liberação cumulativa de fluoreto após a ciclagem de pH de acordo com os materiais estudados (n=10), * indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$), ns indica não diferença estatística entre os grupos ($p > 0,05$) e a barra vertical indica o desvio padrão.

A liberação cumulativa de fluoreto dos materiais após a ciclagem de pH esta apresentada na Figura 2. Observou-se maior liberação cumulativa de F ao final do período experimental pela Beautifil e Ionoseal, sem diferença entre si ($p > 0,05$), em relação a Opallis ($p < 0,05$).

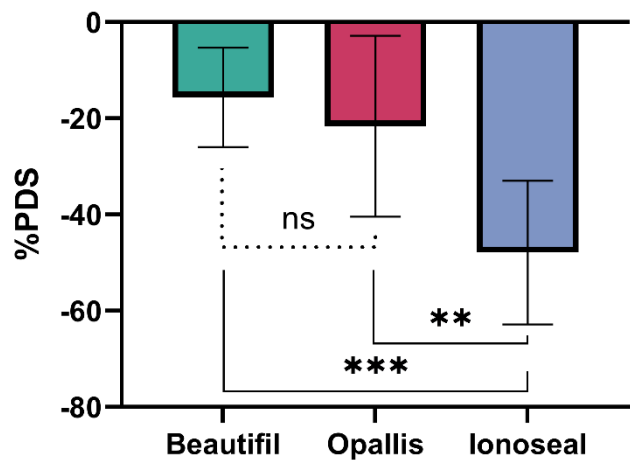


Figura 3. Porcentagem de perda de dureza de superfície (%PDS) de acordo com os materiais estudados (n=10),

* indicam diferença estatística entre os grupos ($p < 0,05$), ns indica não diferença estatística entre os grupos ($p > 0,05$) e a barra vertical indica o desvio padrão.

Na Figura 3, observa-se a porcentagem de perda de dureza de superfície (%PDS) dos materiais estudados. As resinas Opallis e Beautifil não diferiram entre si ($p > 0,05$), porém ambas apresentaram menor %PDS quando comparadas ao Ionoseal ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

No presente estudo foi possível observar que a resina bioativa estudada apresentou desempenho similar ao ionômero de vidro quanto a liberação de F (Fig. 2). A liberação de flúor pelos materiais restauradores é uma propriedade desejável, em algumas situações clínicas, devido a capacidade de impedir a formação de lesões de cárie secundárias na interface dente-restauração. Diante disso, a aplicação de resinas bioativas ultrapassa a indicação restauradora e alcança a propriedade biológica de reparação dos tecidos afetados (Zhang *et al.*, 2017).

De acordo com os resultados deste estudo, a resina Beautifil apresentou um melhor desempenho no 1º dia de avaliação no meio ácido (Tabela 2), fato já comparado na literatura para os CIVs (Rolim *et al.*, 2019). A propriedade amplamente conhecida dos ionômeros de vidro é o 'fenômeno de liberação intensiva', que se destaca pela emissão de quantidades substanciais de fluoretos durante as primeiras 24 horas (Vidal *et al.*, 2023). No estudo, foi possível observar tal fenômeno na resina Beautifil, uma vantagem, pois neutraliza bactérias e promove a remineralização dos tecidos afetados pelo ácido (Brzović-Rajić *et al.*, 2018; Freedman *et al.*, 2003).

Neste estudo verificou-se na solução neutra uma menor liberação de fluoreto da resina bioativa e do CIV quando comparada com o meio ácido (Tabela 2). Para o desafio erosivo utilizou-se Sprite®, visto que além de apresentar baixo pH, é consumido com elevada frequência (Rebelato *et al.*, 2012). Este achado tem importante relevância clínica, visto que a maioria dos pacientes apresenta pelo menos uma restauração nos seus dentes e estão sujeitos a dietas com substâncias erosivas, como refrigerantes (Soares *et al.*, 2012). O desenvolvimento de novos materiais bioativos que promovam a remineralização da estrutura dentária é necessário, pois a presença de um ambiente ácido favorece o desenvolvimento de cárie (Diniz *et al.*, 2023).

O principal desafio do desenvolvimento de resinas bioativas é a identificação de agentes anticárie eficientes e seguros, que não prejudique as propriedades finais do material e que apresentem desempenho satisfatório a longo prazo (Melo *et al.*, 2023). Embora as resinas bioativas apresentem características promissoras, ainda falta evidência clínica suficiente para encorajar seu uso rotineiramente. Esse material tem potencial para impulsionar pesquisas futuras, possibilitando o desenvolvimento de materiais restauradores que possam auxiliar na prevenção de cáries secundárias (Lee *et al.*, 2020).

A superioridade das propriedades mecânicas da resina composta sobre o ionômero de vidro (Rodrigues *et al.*, 2015; Zimehl *et al.*, 2000) e as vantagens tecnológicas associadas aos materiais bioativos, despertaram curiosidade para se realizar este estudo comparativo. A crescente quantidade de novos materiais odontológicos no mercado, como as resinas bioativas, traz a necessidade de avaliar as propriedades desses materiais. No presente estudo, a dureza da resina com materiais bioativos não diferiu da resina convencional, corroborando com os achados de Santos *et al.*, 2021 os materiais que liberam múltiplos íons podem ter um maior potencial de durabilidade a longo prazo. A perda da dureza de superfície das resinas foi inferior ao do CIV modificado, o que pode ser explicado por uma menor quantidade de matriz resinosa presente nesse material (Tabela 01).

Outro aspecto que também pode estar relacionado à diminuição da microdureza é a solubilidade e a absorção de água pelos materiais, visto que a água se difunde na matriz, causa sua degradação e reduz as propriedades mecânicas (Ortengren *et al.*, 2001). Como resultado, a sorção de água e a solubilidade tem um efeito significativo sobre o sucesso clínico do material restaurador, influenciando a aparência estética, reduzindo a longevidade das restaurações de resina composta, promovendo a formação de microfendas e diminuindo as propriedades mecânicas da resina (Bociong *et al.*, 2017; Ferracane, 2006; Podgórska *et al.*, 2015). Entretanto, não houve diferença entre os materiais em relação a sorção e solubilidade no presente estudo.

É importante ressaltar que todos os materiais usados no presente estudo são de baixa viscosidade e por terem menor percentual de carga e, conseqüentemente, menor módulo de elasticidade, conseguem absorver as fortes tensões de contração transmitidas pela resina composta regular, que é mais rígida. Dessa forma, a resina composta de baixa viscosidade agiria como uma “cama elástica”, prevenindo a interface adesiva de todos os problemas decorrentes da falta de selamento marginal (Baroudi *et al.*, 2015). A resina bioativa apresentou dureza semelhante a resina flow convencional com a vantagem da liberação de F, o que encoraja seu uso como base em restaurações classe I ou II.

Com relação a rugosidade, antes da ciclagem de pH, os materiais apresentaram valores abaixo do crítico para adesão bacteriana. Após a ciclagem, houve aumento dessa propriedade para todos os materiais, mas sem diferença entre si (Tabela 3). Entretanto, a resina beautiful foi a única que permaneceu com valor abaixo do crítico para adesão

bacteriana que é 0,2 µm ou seja, superfícies com rugosidade acima de tal limiar favorecem maior acúmulo de microrganismos e, conseqüentemente, maior formação de biofilme, podendo levar ao desenvolvimento de inflamação gengival ou cárie secundária (Bollen *et al.*, 1997). Além disso, a rugosidade pode resultar em aumento do desgaste e menor estabilidade de cor comprometendo o desempenho da restauração (Bollen *et al.*, 1997; Yesil *et al.*, 2008; Aykent *et al.*, 2010). No caso dos materiais estudados, essa preocupação seria relevante se indicados como selantes de fósulas e fissuras.

Chestnutt *et al.* (2017) abordou em seu estudo algumas variáveis que interferiam no custo-efetividade do uso de alguns materiais restauradores. Assim, o presente estudo investigou a liberação de F de uma resina bioativa para servir como indicação na rotina clínica. Neste parâmetro, os resultados apontaram que o cimento ionômero de vidro (Ionoseal) de menor custo, apresenta liberação similar quando comparado a uma resina bioativa (Beautifil) de maior custo (Fig. 2). Este desfecho corrobora com os achados de Pássaro *et al.*, 2022, que a resina bioativa se mostrou como uma opção custo-efetiva, além de uma alternativa viável de material restaurador na técnica do ART de dentes decíduos. Portanto, os estudos de avaliação econômica em odontologia são relevantes porque geram dados com o objetivo de alocar os recursos nas melhores estratégias disponíveis (Itota *et al.*, 2005).

É reconhecido pelos autores as limitações do estudo laboratorial, *in vitro*, embora mais controláveis (isto é, pH, concentração de íons, temperatura), diferem quando comparados com a cavidade oral *in vivo*, isto é, interações saliva-bactérias. (Melo *et al.*, 2023), podendo interferir no resultado, visto que a pesquisa se realizou em ambiente controlado. Portanto, é necessário cautela ao avaliar a evidência que suporta o uso de materiais bioativos para melhorar o controle da cárie dentária, uma vez que ela provém em grande parte de estudos laboratoriais. (Ito *et al.*, 2011; Hanhel *et al.*, 2014)

CONCLUSÃO

Sob condições *in vitro*, a resina bioativa Beautifil apresentou propriedades físico-químicas e mecânicas semelhantes a resina convencional Opallis, e liberação de fluoreto semelhante com o Ionoseal, ionômero de vidro modificado por resina, sendo uma opção de material restaurador bioativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

16. Paradella TC. Aderência de *Streptococcus mutans* em materiais restauradores e seus efeitos em cárie secundária in vitro e in situ avaliados por microscopia de luz polarizada e espectroscopia por dispersão de raios-X (EDS) [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia de São José dos Campos; 2008.
17. 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. PubMed PMID: 20711117.
18. 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. Epub 2011 Aug 5. PubMed PMID: 21819201.
19. Garcia IM, Balhaddad AA, Aljuboori N, Ibrahim MS, Mokeem L, Ogubunka A, Collares FM and Melo de MAS (2021) Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions. *Front. Oral. Health* 2:628026. doi: 10.3389/froh.2021.628026.
20. Ahmed B, Hamama HH, Mahmoud SH. Microshear Bond Strength of Bioactive Materials to Dentin and Resin Composite. *Eur J Dent*. 2023 Jul;17(3):917-923. doi: 10.1055/s-0042-1756692. Epub 2022 Oct 28. PMID: 36307111; PMCID: PMC10569854.
21. Özgür B, Kargın ST, Ölmez MS. Clinical evaluation of giomer- and resin-based fissure sealants on permanent molars affected by molar-incisor hypomineralization: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health*. 2022 Jul 5;22(1):275. doi: 10.1186/s12903-022-02298-9. PMID: 35790955.
22. Harhash AY, ElSayad II, Zaghloul AGS. A comparative in vitro study on fluoride release and water sorption of different flowable esthetic restorative materials. *Eur J Dent*. (2017) 11:174–9. doi: 10.4103/ejd.ejd_228_16
23. Dorozhkin SV. Bioceramics of calcium orthophosphates. *Biomaterials*. (2010) 31:1465–85. doi: 10.1016/j.biomaterials.2009.11.050
24. Rusnac ME, Gasparik C, Irimie AI, Grecu AG, Mesaroş AŞ, Dudea D. Giomers 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. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31086838; PMCID: PMC6510354.

25. Tenuta LM, Cury JA. Fluoride: its role in dentistry. *Braz Oral Res.* 2010;24 (1):9-17.
26. Cury JA, de Oliveira BH, dos Santos AP, Tenuta LM. Are fluoride releasing dental materials clinically effective on caries control? *Dent Mater.* 2016; 32(3):323-33.
27. O'Mullane DM, Baez RJ, Jones S, Lennon MA, Petersen PE, Rugg-Gunn AJ, Whelton H, Whitford GM. Fluoride and Oral Health. *Community Dent Health.* 2016 Jun;33(2):69-99.
28. Casaglia A, Cassini MA, Condò R, Iaculli F, Cerroni L. Dietary Fluoride Intake by Children: When to Use a Fluoride Toothpaste? *Int J Environ Res Public Health.* 2021 May 28;18(11):5791. doi: 10.3390/ijerph18115791. PMID: 34071256; PMCID: PMC8198230.
29. Naumova EA, Kuehnl P, Hertenstein P, Markovic L, Jordan RA, Gaengler P, Arnold WH. Fluoride bioavailability in saliva and plaque. *BMC Oral Health.* 2012 ;12:3.
30. Duckworth RM, Jones S. On the relationship between the rate of salivary flow and salivary fluoride clearance. *Caries Res.* 2015;49(2):141-6.
31. Mickenautsch S, Tyas MJ, Yengopal V, Oliveira LB, Bonecker M. Absence of carious lesions at margins of glass-ionomer cement (GIC) and resin-modified GIC restorations: a systematic review. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2010; 18(3):139-45.
32. Attar N, Onen A. Fluoride release and uptake characteristics of aesthetic restorative materials. *J Oral Rehabil* 2002; 29(8):791-8.
33. Preston AJ, Agalamanyi EA, Higham SM, Mair LH. The recharge of esthetic dental restorative materials with fluoride in vitro-two years' results. *Dent Mater* 2003; 19(1):32-7.
34. Rolim FG, de Araújo Lima AD, Lima Campos IC, de Sousa Ferreira R, da Cunha Oliveira-Júnior C, Gomes Prado VL, Vale GC. Fluoride Release of Fresh and Aged Glass Ionomer Cements after Recharging with High-Fluoride Dentifrice. *Int J Dent.* 2019 Dec 10;2019:9785364. doi: 10.1155/2019/9785364. PMID: 31885589; PMCID: PMC6925917.
35. Smith AJ, Duncan HF, Diogenes A, Simon S, Cooper PR. Exploiting the Bioactive Properties of the Dentin-Pulp Complex in Regenerative Endodontics. *J Endod.* 2016 Jan;42(1):47-56. doi: 10.1016/j.joen.2015.10.019. PMID: 26699924.

36. Faggion CM Jr. Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *J Evid Based Dent Pract.* 2012 Dec;12(4):182-9. doi: 10.1016/j.jebdp.2012.10.001. PMID: 23177493.
37. Rebelato R, Alencar CRB de Magalhães AC, Honório HM, Rios D. Comparação in Vitro do Efeito Erosivo de Refrigerantes Zero ou Light em Relação à Versão Regular. *Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada.* 2012;12(2):203-207. doi: 10.4034/PBOCI.2012.122.08
38. Ionta FQ, Mendonça FL, de Oliveira GC, de Alencar CR, Honório HM, Magalhães AC, Rios D. In vitro assessment of artificial saliva formulations on initial enamel erosion remineralization. *J Dent.* 2014 Feb;42(2):175-9. doi: 10.1016/j.jdent.2013.11.009. Epub 2013 Nov 20. PMID: 24269764.
39. Pássaro AL, Olegário IC, Laux CM, Oliveira RC, Tedesco TK, Raggio DP. Giomer composite compared to glass ionomer in occlusoproximal ART restorations of primary molars: 24-month RCT. *Aust Dent J.* 2021 Dec 13. doi: 10.1111/adj.12894. Epub ahead of print. PMID: 34904247.
40. Zhang, Ke et al. Bioactive dental composites and bonding agents having remineralizing and antibacterial characteristics. *Dent Clin North Am, China,* v. 61, ed. 4, p. 669-687, 2017.
41. Banic Vidal LS, Veček NN, Šalinović I, Miletić I, Klarić E, Jukić Krmek S. Short-Term Fluoride Release from Ion- Releasing Dental Materials. *Acta Stomatol Croat.* 2023 Sep;57(3):229-237. doi: 10.15644/asc57/3/3. PMID: 37808411; PMCID: PMC10557113.
42. Soares LES, Lima LR, Vieira LS, Santo AME, Martin AA. Erosion Effects on Chemical Composition and Morphology of Dental Materials and Root Dentin. *Microsc Res Tech.* 2012; 75(6):703-10.
43. Brzović-Rajić V, Miletić I, Gurgan S, Peroš K, Verzak Ž, Ivanišević-Malčić A. Fluoride Release from Glass Ionomer with Nano Filled Coat and Varnish. *Acta Stomatol Croat.* 2018 Dec;52(4):307-313. doi: 10.15644/asc52/4/4. PMID: 30666061; PMCID: PMC6336447.
44. Freedman R, Diefenderfer KE. Effects of daily fluoride exposures on fluoride release by glass ionomer-based restoratives. *Oper Dent.* 2003 Mar-Apr;28(2):178-85. PMID: 12670074.
45. Diniz, A.C.; Bauer, J.; Veloso, S.d.A.R.; Abreu-Pereira, C.A.; Carvalho, C.N.; Leitão, T.J.; Firoozmand, L.M.; Maia-Filho, E.M. Effect of Bioactive Filler Addition on the Mechanical and Biological Properties of Resin-Modified Glass

- Ionomer. *Materials* 2023, 16, 1765. <https://doi.org/10.3390/ma16051765>
46. Melo MAS, Garcia IM, Mokeem L, Weir MD, Xu HHK, Montoya C, Orrego S. Developing Bioactive Dental Resins for Restorative Dentistry. *J Dent Res.* 2023 Oct;102(11):1180-1190. doi: 10.1177/00220345231182357. Epub 2023 Aug 9. PMID: 37555431.
 47. Lee M-J, Kim J-Y, Seo J-Y, Mangal U, Cha J-Y, Kwon J-S, Choi S-H. 2020. Resin-based sealant with bioactive glass and zwitterionic material for remineralisation and multi-species biofilm inhibition. *Nanomaterials (Basel).* 10(8):1581.
 48. Rodrigues DS, Buciumeanu M, Martinelli AE, Nascimento RM, Henriques B, Silva FS, et al. Mechanical Strength and Wear of Dental Glass-Ionomer and Resin Composites Affected by Porosity and Chemical Composition. *J Bio-Tribo-Corrosion.* 2015 Aug;1(3):1–9. doi: 10.1007/s40735-015-0025-9.
 49. Zimehl R, Hannig M. Non metallic restorative materials based on glass ionomer cements - Recent trends and developments. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp.* 2000 Mar;163(1):55–62. doi: 10.1016/S0927-7757(99)00430-6.
 50. dos Santos AF, Castelluccio TT, Foratori-Junior GA, Rios D, Wang L, Bombonatti JFS. The benefits of association of early diagnosis with bioactive materials for management of dental caries. *Arch Health Invest [Internet].* 4º de maio de 2021 [citado 28º de fevereiro de 2024];10(5):700-5.
 51. Ortengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent.* 2001; 29(1): 35-41.
 52. Bociong K, Szczesio A, Sokolowski K, Domarecka M, Sokolowski J, Krasowski M, Lukomska-Szymanska M. The Influence of Water Sorption of Dental Light-Cured Composites on Shrinkage Stress. *Materials (Basel).* 2017 Sep 28;10(10):1142. doi: 10.3390/ma10101142. PMID: 28956844; PMCID: PMC5666948.
 53. 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. Epub 2005 Aug 8. PMID: 16087225.
 54. Podgórski M, Becka E, Claudino M, Flores A, Shah PK, Stansbury JW, Bowman CN. Ester-free thiol-ene dental restoratives--Part A: Resin development. *Dent Mater.* 2015

- Nov;31(11):1255-62. doi: 10.1016/j.dental.2015.08.148. Epub 2015 Sep 7. PMID: 26360013; PMCID: PMC5033514.
55. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res.* 2015 Jun;9(6):ZE18-24. doi: 10.7860/JCDR/2015/12294.6129. Epub 2015 Jun 1. PMID: 26266238; PMCID: PMC4525629.
 56. 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. PMID: 11696906.
 57. Yesil ZD, Alapati S, Johnston W, Seghi RR. Evaluation of the wear resistance of new nanocomposite resin restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2008 Jun;99(6):435-43. doi: 10.1016/S0022-3913(08)60105-5. PMID: 18514665.
 58. Aykent F, Yondem I, Ozyesil AG, Gunal SK, Avunduk MC, Ozkan S. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent.* 2010 Apr;103(4):221-7. doi: 10.1016/S0022-3913(10)60034-0. PMID: 20362765.
 59. Chestnutt IG, Hutchings S, Playle R, Morgan-Trimmer S, Fitzsimmons D, Aawar N, Angel L, Derrick S, Drew C, Hoddell C, Hood K, Humphreys I, Kirby N, Lau TMM, Liles C, Morgan MZ, Murphy S, Nuttall J, Onishchenko K, Phillips C, Pickles T, Scoble C, Townson J, Withers B, Chadwick BL. Seal or Varnish? A randomised controlled trial to determine the relative cost and effectiveness of pit and fissure sealant and fluoride varnish in preventing dental decay. *Health Technol Assess.* 2017 Apr;21(21):1-256. doi: 10.3310/hta21210.
 60. Itota T, Al-Naimi OT, Carrick TE, Yoshiyama M, McCabe JF. Fluoride release from aged resin composites containing fluoridated glass filler. *Dent Mater.* 2005Nov;21(11):1033-8. doi: 10.1016/j.dental.2004.11.008. PMID: 15878618.
 61. Garcia IM, Balhaddad AA, Aljuboori N, Ibrahim MS, Mokeem L, Ogubunka A, Collares FM and Melo de MAS (2021) Wear Behavior and Surface Quality of Dental Bioactive Ions-Releasing Resins Under Simulated Chewing Conditions. *Front. Oral. Health* 2:628026. doi: 10.3389/froh.2021.628026.
 62. Ito S, Iijima M, Hashimoto M, Tsukamoto N, Mizoguchi I, Saito T. Effects of surface pre-reacted glass-ionomer fillers on mineral induction by phosphoprotein. *JDent.* 2011 Jan;39(1):72-9. doi: 10.1016/j.jdent.2010.10.011. Epub 2010 Oct 20. PMID: 20969915.

63. Hahnel S, Wastl DS, Schneider-Feyrer S, Giessibl FJ, Brambilla E, Cazzaniga G, Ionescu A. Streptococcus mutans biofilm formation and release of fluoride from experimental resin-based composites depending on surface treatment and S-PRG filler particle fraction. *J Adhes Dent.* 2014 Aug;16(4):313-21. doi: 10.3290/j.jad.a31800. PMID: 24669368.

APÊNDICE A- PRESS RELEASE

Publicado 27/02/2024 – Jornal O Dia – Teresina-PI

Resinas bioativas: uma nova opção de material restaurador na odontologia

Lyzia Vitória Mendes Rezende – Aluna do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPI (PPGO- UFPI).
Glauber Campos Vale — Professor do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFPI (PPGO- UFPI).

Uma pesquisa realizada no Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Piauí (PPGO - UFPI) trouxe resultados animadores para cirurgiões-dentistas que utilizam materiais restauradores no seu dia a dia.

O estudo comparou propriedades químicas e mecânicas de uma resina bioativa (Beautiful), submetida a um desafio erosivo, que acontece quando ingerimos bebidas ácidas. Dentre os principais resultados, a resina bioativa testada promoveu a liberação de fluoretos para o meio. Sabe-se que o uso de fluoretos é considerado a melhor estratégia para o controle da cárie dentária. Assim, as resinas bioativas podem reduzir as lesões de cárie nos dentes restaurados com esse material

As demais propriedades não diferiram da resina convencional usada como comparação, mostrando a viabilidade clínica desse material. Essas descobertas trazem a importância do conhecimento por parte dos profissionais da saúde quanto aos materiais restauradores utilizados no consultório, além de destacar a necessidade contínua de pesquisa clínicas e laboratoriais adequadas afim de alocar os recursos nas melhores estratégias disponíveis no mercado odontológico.

APÊNDICE B - ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O MESTRADO

- Qualificação do projeto de dissertação em dezembro/ 2022
- Estágio:
 - ✓ Estágio docência na disciplina de Materiais Dentários- 2022
 - ✓ Estágio docência na disciplina de Dentística II- 2022/2023
- Apresentação de trabalho científico:
 - ✓ “Liberação de Flúor após aplicação de vernizes fluoretados em dentina radicular – in vitro” - 8º Congresso Internacional de Odontologia do Piauí - 2023
 - ✓ “Níveis de fluoreto no sobrenadante e sedimento salivar após uso de dentifrício fluoretado de alta concentração nos períodos diurno e noturno” - XXIV Reunião da Sociedade Nordeste e Norte de Pesquisa Odontológica SNNPqO/2023
 - ✓ “Biodisponibilidade de Fluoreto no sobrenadante e sedimento salivar após uso de dentifrícios fluoretados” - 40º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica – SBPqO/2023
- Co-autoria em trabalho científico:
 - ✓ “A influencia da incorporação nanopartículas nas propriedades mecânicas e microbiológicas das próteses dentarias removíveis: revisão de literatura” – 8º Congresso Internacional de Odontologia do Piauí – 2023
 - ✓ “Liberação de fluoreto de vernizes fluoretados aplicados em dentina radicular – *in vitro*” - XXIV Reunião da Sociedade Nordeste e Norte de Pesquisa Odontológica SNNPqO/2023
 - ✓ “Placas reabsorvíveis de poliuretana derivada do óleo de mamona para fixação de fraturas ósseas” - 40º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica – SBPqO/2023
- Projeto de extensão:
 - ✓ Orientadora do projeto de extensão “Projeto Educa Odonto:seu sorriso saudável” - março/2022 a setembro/2023
- Colaboração em orientação de iniciação científica:
 - ✓ Colaboração em orientação do projeto de PIBIC dos alunos de graduação Yarlla Rayanne Nogueira dos Anjos Franco, Antônio Igor Figueira da Silva e Mayra Isabelly Gomes da Costa
- Participação em bancas e comissões:

- ✓ Membro da comissão organizadora da XXIV Reunião da Sociedade Nordeste e Norte de Pesquisa Odontológica e 20° Jornada Acadêmica de Odontologia da UFPI (2023)
- ✓ Avaliadora de trabalhos científicos na II Jornada de Odontologia da UniNassau/Redenção (2022), II Jornada Acadêmica da ABCD-PI (2022), 8° Congresso Internacional de Odontologia do Piauí (2023) e XXIV Reunião da Sociedade Nordeste e Norte de Pesquisa Odontológica e 20° Jornada Acadêmica de Odontologia da UFPI (2023)
- ✓ Participação em bancas de TCCs dos alunos de graduação Antônio Igor Figueira da Silva, Mayra Isabelly Gomes da Costa e Luiz Felipe Campos Batista, como membro suplente (2024)
- Artigos publicados:
 - ✓ Paz EC, Teixeira GSS, Alencar NFLR, Lau GWT, Rezende LVM, Rego MVNN. Prevalência de fatores ambientais e etiologia da fissure orofacial. Revista Interdisciplinar, 2023 ISSN 2317-5079
- Prêmios e Títulos:
 - ✓ Aprovada no Doutorado do Programa de Pós-graduação em Materiais Dentários da UNICAMP
 - ✓ Aprovada no Doutorado do Programa de Pós-graduação em Odontologia da UFPI

ANEXO I

NORMAS DO PERIÓDICO PARA FORMATAÇÃO DO TEXTO DO ARTIGO

Operative Dentistry, Inc. adere às considerações éticas do Comitê Internacional de Editores de Revistas Médicas (doravante “ICMJE”), também conhecido como **Diretrizes de Vancouver**.

Para que um manuscrito seja considerado para revisão em nossa revista, devem ser fornecidas evidências de uso apropriado de QUALQUER sujeito ou tecido humano ou animal.

Artigos de **Ensaio Clínico** requerem registro.

Todos os manuscritos estão sujeitos a verificações de **plágio**.

O Sistema de Submissão de Manuscritos converterá os arquivos enviados em arquivos **PDF** para facilitar o compartilhamento eletrônico. Isto pode tomar algum tempo.

Todos os manuscritos submetidos estarão sujeitos à possibilidade de publicação apenas on-line em nosso site de revista on-line: meridian.allenpress.com/operative-dentistry.

Operative Dentistry, Inc. fornece crédito de educação continuada aos revisores por meio do **ADA CERP**.

O manuscrito deve ser submetido em arquivo de texto e incluir números de páginas (.doc, .docx, .txt) **NÃO .pdfs!**

O sistema de envio mesclará automaticamente todos os seus arquivos para formar um único arquivo de artigo .pdf.

Ao fazer referência a dentes específicos, o Sistema Universal de Numeração de Dentes é o preferido.

MANUSCRITOS DE **PESQUISA CLÍNICA e LABORATORIAL** e TRABALHOS CONVIDADOS deverão incluir como parte da narrativa:

- um **título**
- um **título corrente (curto)**
- uma declaração de relevância clínica
- um resumo conciso (pode ser em formato abstrato)
- uma **introdução**
- **métodos e materiais**
- **resultados**
- uma **discussão**
- uma **conclusão**
- **referências**

As referências devem ser formatadas de acordo com o estilo desta revista e não devem conter códigos de campo de software de gerenciamento de referências (por exemplo, endnote, easybib, refworks, etc.).

Consulte nosso **Guia de Estilo de Referência** para exemplos:

Guia de estilo de referência

- Artigo de revista de dois autores: Evans DB & Neme AM (1999) Resistência ao cisalhamento de sistemas adesivos de resina composta e amálgama à dentina *American Journal of Dentistry* 12(1) 19-25.
- Artigo de periódico – múltiplos autores: Eick JD, Gwinnett AJ, Pashley DH & Robinson SJ (1997) Conceitos atuais sobre adesão à dentina *Critical Review of Oral and Biological Medicine* 8(3) 306-335.
- Artigo de periódico: edição/suplemento especial: Van Meerbeek B, Vargas M, Inoue S, Yoshida Y, Peumans M, Lambrechts P & Vanherle G (2001) Adesivos e cimentos para promover a odontologia preservadora *Odontologia Operatória (Suplemento 6)* 119-144.
- Resumo: Yoshida Y, Van Meerbeek B, Okazaki M, Shintani H & Suzuki K (2003) Estudo comparativo sobre desempenho adesivo de monômeros funcionais *Journal of Dental Research* 82(Edição Especial B) Resumo #0051 p B-19.
- Publicação corporativa: Normas ISO (1997) Especificações geométricas do produto ISO 4287 Textura de superfície: Método de perfil – Termos, definições e parâmetros de textura de superfície Genebra: Organização Internacional para Padronização 1ª edição 1-25.
- Autor do livro único: Mount GJ (1990) *An Atlas of Glass-ionomer Cements* Martin Duntz Ltd, Londres.
- Autores do segundo livro: Nakabayashi N & Pashley DH (1998) *Hibridização de tecidos duros dentais* Quintessence Publishing, Tóquio.
- Capítulo de livro: Hilton TJ (1996) Restaurações diretas posteriores em compósito In: Schwartz RS, Summitt JB, Robbins JW (eds) *Fundamentals of Operative Dentistry* Quintessence, Chicago 207-228.
- Autor único do site: Carlson L (2003) *Evolução do site*; Obtido on-line em 23 de julho de 2003 em: <http://www.d.umn.edu/~lcarlson/cms/evolution.html>
- Publicação corporativa no site: National Association of Social Workers (2000) *NASW Practice research survey 2000*. NASW Practice Research Network, 1. 3. Obtido on-line em 8 de setembro de 2003 em: <http://www.socialworkers.org/naswprn/default>
- Artigo de revista com DOI: SA Feierabend, J Matt & B Klaiber (2011) Uma comparação entre sistemas convencionais e novos de barragens de borracha na prática odontológica. *Odontologia Operatória* 36(3) 243-250, <http://dx.doi.org/10.2341/09-283-C>

ATRIBUIÇÃO DE DIREITOS AUTORAIS: O manuscrito não deve estar sob consideração de nenhuma outra entidade, deve estar livre de conflitos de interesse ou ter divulgação completa de potenciais conflitos, e nenhuma parte do manuscrito deve ter sido publicada em outro lugar.

Precisaremos do seu arquivo de texto (arquivo de processamento de texto original em Word) para dimensionar seu manuscrito com precisão. Nosso sistema mesclará automaticamente o arquivo de texto que você carregou com os arquivos de figura e tabela, para formar um arquivo PDF do artigo. Isso permite que editores e revisores visualizem e/ou baixem seu manuscrito em uma única etapa. Se alguma de suas figuras estiver ilegível ou se o tamanho das figuras for muito grande ou pequeno (veja abaixo), seu envio será devolvido a você para que você possa corrigir esses problemas. Seu manuscrito só será considerado oficialmente submetido após ter sido aprovado por meio de nossa verificação inicial de controle de qualidade e esses problemas (se houver) terem sido corrigidos.

Antes de submeter um manuscrito, reúna as seguintes informações conforme indicado pelo tipo de artigo:

O **AUTOR CORRESPONDENTE** deverá fornecer um endereço de e-mail ATUAL/VÁLIDO que será utilizado para todas as comunicações com a revista.

Todos os **autores**:

Nomes, nomes do meio/iniciais, sobrenomes

Graus do autor e informações atuais da instituição, endereços postais, números de telefone comerciais

Endereço de e-mail

IDs ORCID (16 dígitos)

A **MENÇÃO DE PRODUTOS/EQUIPAMENTOS COMERCIAIS** deve incluir:

- nome completo do produto
- nome completo do fabricante
- cidade, estado e país do fabricante

Título e título corrente (você pode recortar e colar do seu manuscrito). Título corrente: Esta é simplesmente uma versão mais curta do título usado nas páginas seguintes e em nosso banco de dados para relatórios, etc.

Declaração de Relevância Clínica. Isso é obrigatório para o envio e deve aparecer tanto no campo de dados do manuscrito ao inserir as informações iniciais, quanto como parte do documento de texto do manuscrito.

Resumo ou Resumo (você pode recortar e colar do seu manuscrito).

Arquivos de manuscritos e tabelas em Word. (Inclua o resumo e as legendas das figuras no arquivo de texto.)

AS TABELAS podem ser enviadas como arquivos Word (.doc e .docx) ou Excel (.xls e .xlsx). Todas as tabelas devem ser legíveis e as fontes não devem ser menores que 7 pontos. As tabelas têm as seguintes limitações de tamanho: No gráfico do perfil longitudinal, uma tabela não deve ter mais que 7 x 9 polegadas; as tabelas de paisagem não devem ter mais de 7 polegadas. É preferência do Editor que as tabelas não precisem ser rotacionadas para serem impressas, pois isso interrompe o fluxo do leitor.

As referências devem ser numeradas (algarismos arábicos sobrescritos...1, 2, 3 etc.) consecutivamente conforme aparecem no texto e, quando aplicável, devem aparecer após a pontuação. Para exemplos, veja abaixo.

Para fins de impressão, exigimos que seus arquivos de figura estejam nos formatos TIFF ou JPG e sejam carregados separadamente como arquivos de origem, não como arquivos PDF. Você não pode incorporar as figuras, gráficos ou tabelas no manuscrito

As fotografias submetidas à Odontologia Operatória deverão estar sem retoques; elas podem ser cortadas, anotadas e/ou agregadas a outras fotos, mas cada foto deve permanecer sem retoques.

As **figuras** devem ter qualidade de publicação com os seguintes parâmetros:

A **arte de linha** (e as tabelas enviadas como gráficos) devem ser dimensionadas com a borda curta não inferior a 5 polegadas. Deverá ter resolução mínima de 600 dpi e máxima de 1200 dpi. Isso significa que o lado mais curto não deve ser menor que 3.000 pixels.