



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto
Departamento de Materiais Dentários e Prótese
Programa de Pós-graduação em Reabilitação Oral



Adriana Cavalcanti Ferreira

**ESTABILIDADE DE COR E POTENCIAL REMINERALIZADOR DE SOLUÇÕES
REMINERALIZANTES SOBRE A DENTINA CARIADA.**

**Ribeirão Preto
2022**

Adriana Cavalcanti Ferreira

**ESTABILIDADE DE COR E POTENCIAL REMINERALIZADOR DE SOLUÇÕES
REMINERALIZANTES SOBRE A DENTINA CARIADA.**

Versão Corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja o Programa de Pós-graduação)

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Reabilitação Oral.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza

**Ribeirão Preto
2022**

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO DO TEOR TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do Campus USP - Ribeirão Preto

Ferreira, Adriana Cavalcanti

Estabilidade de cor e potencial remineralizador de soluções remineralizantes sobre a dentina cariada. Ribeirão Preto, 2022.

112p.: il.; 30cm

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto/USP. Área de Concentração: Reabilitação Oral.

Versão Corrigida

Orientador(a): Pires de Souza, Fernanda de Carvalho Panzeri

1. Diamino fluoreto de prata. 2. Estabilidade de cor. 3. Desmineralização. 4. Biosilicato.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ferreira, AC. **Estabilidade de cor e potencial remineralizador de soluções remineralizantes sobre a dentina cariada.**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Área de Concentração: Reabilitação Oral.

Aprovado em: 22/02/2022

Banca Examinadora:

- 1) Prof.(a) Dr(a).: Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza
Instituição: Universidade de Odontologia de Ribeirão Preto – FORP/USP
Assinatura:_____

- 2) Prof.(a) Dr(a).: Dayse Andrade Romão
Instituição: Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Julgamento:_____Assinatura:_____

- 3) Prof.(a) Dr(a).: Marta Maria Martins Giamatei Contente
Instituição: Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP
Julgamento:_____Assinatura:_____

- 4) Prof.(a) Dr(a).: Oscar Peitl Filho
Instituição: Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Julgamento:_____Assinatura:_____

*“O que vale na vida não é o ponto
de partida e sim a caminhada.
Caminhando e semeando, no fim
terás o que colher.”*

Cora Coralina

Dedicatória

Dedico...

A **Deus**, pela dádiva da vida e por me permitir realizar tantos sonhos, sem Ele nada seria possível. Obrigada por me permitir errar, aprender, crescer, por sempre me mostrar o caminho certo e me dar força e coragem para não desistir, mas seguir em frente em busca dos meus objetivos, agradeço pela proteção e pelas oportunidades ao longo da vida.

Ao meu marido, **Francisco de Assis Ferreira**, por sua capacidade de acreditar em mim e estar ao meu lado em todos os momentos, por sua compreensão e paciência durante este período.

Aos meus filhos, **Ana Luiza Cavalcanti Ferreira e João Pedro Cavalcanti Ferreira**, vocês são a motivação diária que me levam a buscar novos conhecimentos e novos caminhos. Amo vocês!

Aos meus pais, **Donato Cavalcanti (in memorian) e Maria Clara Simino Cavalcanti**, por sempre me darem suporte, apoio, amor e toda a base para me tornar a pessoa que sou hoje.

Aos meus familiares e amigos que acreditaram em mim.

Agradecimentos

À **Profa. Dra. Fernanda de Carvalho Panzeri Pires de Souza**, minha orientadora, muito obrigado pela grande oportunidade e por acreditar que eu seria capaz de enfrentar esta etapa, pelo convívio, pelo apoio, pela compreensão, amizade, incentivo, pela paciência na orientação e por me ajudar a superar as dificuldades que surgiram durante a jornada da pós-graduação. Foi uma honra ter a oportunidade de aprender durante esse período de mestrado como sua orientada.

À **Profa. Dra. Marta Maria Martins Giamatei Contente**, toda minha admiração e gratidão, acredito nos planos de Deus e com certeza ele cruzou os nossos caminhos, o que se iniciou como um encontro no local de trabalho se transformou em uma amizade verdadeira. Obrigada por tudo!

Ao **Ayodêle Alves Amorim**, por toda a sua disponibilidade, motivação e amizade. Você sempre esteve atento e disposto a ajudar, agradeço por compartilhar seu conhecimento e a sua facilidade em lidar com os desafios diários. Obrigada por todos os ensinamentos durante estes anos de convivência.

À **Rebeca Franco de Lima Oliveira**, sua ajuda e apoio foram muito importantes para mim e talvez não existam palavras suficientes e significativas que me permitam agradecer a você com o devido merecimento. Nunca vou esquecer tudo que você fez, sempre disponível para me ajudar. Obrigada pela sua amizade!

Ao **Eduardo Soares e Rocio Geng Vivanco**, obrigada pela contribuição de cada um de vocês e pelo período de convivência no laboratório.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**, pelo auxílio financeiro oferecido ao estudo.

À Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FORP – USP), pela oportunidade de fazer parte do Programa de pós-graduação em Odontologia (Reabilitação Oral).

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Lista de Ilustrações

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Leitura de cor para padronização dos dentes utilizados	48
Figura 2.	Fluxograma referente a distribuição das amostras para leitura de cor e microdureza.....	49
Figura 2.	Imagem do dente bovino utilizado para a obtenção das amostras	51
Figura 3.	Porção coronal dente bovino após a secção da raiz	51
Figura 4.	Porção coronal dente bovino incluída em cera	51
Figura 5.	Secção da superfície vestibular do dente bovino	51
Figura 6.	Fragmentos obtidos na superfície vestibular	51
Figura 7.	Dispositivo confeccionado para padronização da espessura das amostras	51
Figura 8.	Polimento (Lixamento) das amostras	51
Figura 9.	Aspecto final da amostra	51
Figura 10.	Dente bovino e dispositivo utilizado para padronização da profundidade da cavidade ...	53
Figura 11.	Dispositivo posicionado durante o preparo cavitário	53
Figura 12.	Preparo cavitário	53
Figura 13.	Secção do dente	53
Figura 14.	Amostra finalizada	53
Figura 15.	Protocolo para produção de lesão de cárie artificial	54
Figura 16.	Inclusão das amostras com preparo cavitário no anel de PVC	55
Figura 17.	Diamino fluoreto de prata a 12%	56
Figura 18.	Aplicação do diamino fluoreto de prata 12%	56
Figura 19.	Aplicação do KI 10%	56
Figura 20.	Reaplicação do KI 10%	56
Figura 21.	Diamino fluoreto de prata 38%	57
Figura 22.	Aplicação do diamino fluoreto de prata 38% - frasco cinza	57
Figura 23.	Aplicação do diamino fluoreto de prata 38% - frasco verde	57
Figura 24.	Reaplicação do diamino fluoreto de prata 38% - frasco verde	57
Figura 25.	Biosilicato	58
Figura 26.	Solução de Biosilicato 10%	58
Figura 27.	Aplicação da solução de Biosilicato	58
Figura 28.	Aplicação do primer do cimento de ionômero de vidro modificado por resina	59
Figura 29.	Manipulação do cimento de ionômero de vidro modificado por resina	60
Figura 30.	Polimento da restauração de ionômero de vidro modificado por resina	61

Figura 31.	Passo a passo da restauração de resina composta	62
Figura 32.	Imagens do equipamento utilizado para o ensaio de ciclagem termomecânica	63
Figura 33.	Amostras metalizadas prontas para a leitura em microscopia eletrônica de varredura ...	67
Figura 34.	Comparação da alteração de cor entre os materiais restauradores (Z350 e CIVMR)	72
Figura 35.	Alterações de ΔL^* , Δa^* e Δb^* após CTM e após 30 dias da CTM	73
Figura 36.	Imagens das amostras restauradas com Z350, em diferentes momentos de análise	75
Figura 37.	Imagens das amostras restauradas com CIVMR, em diferentes momentos de análise...	76
Figura 38.	Imagens realizadas em microscopia eletrônica da varredura (MEV)	79

Lista de Tabelas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Materiais utilizados no estudo	47
Tabela 2.	Comparação dos valores de ΔE_{00} dos grupos restaurados com resina composta (Z350)	71
Tabela 3.	Comparação dos valores de ΔE_{00} dos grupos restaurados com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR)	71
Tabela 4.	Comparação das médias de alteração de microdureza relativa dos grupos.....	77

Sumário

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	13
LISTA DE TABELAS.....	17
RESUMO.....	25
ABSTRACT.....	29
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. PROPOSIÇÃO.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
3.1 MATERIAIS.....	47
3.2 MÉTODOS.....	48
3.2.1 SELEÇÃO E OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS.....	48
3.2.2 PREPARO DOS DENTES.....	49
3.2.2.1 AMOSTRAS PREPARADAS PARA ANÁLISE DE MICRODUREZA.....	49
3.2.2.2 AMOSTRAS PREPARADAS PARA ANÁLISE DE COR...	52
3.2.3 PROTOCOLO PARA PRODUÇÃO DE LESÃO DE CÁRIE ARTIFICIAL.....	53
3.2.4 TRATAMENTOS REALIZADOS.....	55
3.2.4.1 DFP 12% + KI.....	55
3.2.4.2 DFP 38%.....	56
3.2.4.3 BIOSILICATO.....	57
3.2.4.4 CONTROLE.....	58
3.2.5 TRATAMENTO RESTAURADOR.....	59
3.2.5.1 RESTAURAÇÃO COM IONÔMERO DE VIDRO MODIFICADO POR RESINA.....	59
3.2.5.2 RESTAURAÇÃO COM RESINA COMPOSTA.....	61
3.2.6 CICLAGEM TERMOMECÂNICA.....	62
3.2.7 PROPRIEDADES AVALIADAS.....	63
3.2.7.1 ALTERAÇÃO DE COR.....	63
3.2.7.2 REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	65
3.2.7.3 MICRODUREZA KNOOP.....	65
3.2.7.4 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	66
3.2.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	68
4. RESULTADOS.....	69
5. DISCUSSÃO.....	83

6. CONCLUSÕES.....	95
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

Resumo

Ferreira, AC. **Estabilidade de cor e potencial remineralizador de soluções remineralizantes sobre a dentina cariada**. Ribeirão Preto, 2021. 112p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a estabilidade de cor e a microdureza da dentina cariada artificialmente, após o tratamento com diamino fluoreto de prata (DFP), DFP associado ao iodeto de potássio (KI) e vitrocerâmica bioativa (Biosilicato). Foram separados 100 dentes bovinos após prévia seleção de cor (Easysshade, VITA), a partir dos quais foram obtidas 40 amostras (6x6 mm) que foram planejadas em dentina e outros 80 dentes foram preparados em cavidades (6x6x2mm). Todas as amostras foram submetidas ao processo de cárie artificial e posteriormente separadas em 4 grupos conforme tratamento realizado: Grupo 1 - Diamino fluoreto de prata 12% + solução de Iodeto de potássio (KI) a 10%; Grupo 2- Diamino fluoreto de prata (DFP, Rivastar, SDI); Grupo 3 - Biosilicato e Grupo 4 – Controle (sem tratamento). Os dentes preparados, após tratados, foram restaurados com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR – Vitremer, 3M ESPE) ou resina composta (Z350, 3M ESPE). Após a restauração, leituras iniciais de cor foram realizadas. As amostras foram submetidas a ciclagem termomecânica (ER 37000, Erios) com carga de 133N, frequência de 1,3 Hz em um total de 1.200.000 ciclos. Após a ciclagem termomecânica e após 30 dias do envelhecimento novas leituras de cor foram realizadas. Nas amostras planejadas, foi avaliada a microdureza Knoop e foi realizada a microscopia eletrônica de varredura (EVO 10, Carl Zeiss Microscopy). Os valores de estabilidade de cor (ΔE_{00}) e microdureza foram analisados estatisticamente (ANOVA, Bonferroni, $p < 0,05$) e verificou-se que a alteração de cor foi maior para CIVMR que para Z350. O tempo de análise da cor foi significativo para alteração de cor de substratos tratados com DFP12%+KI e grupo Controle. Quanto à microdureza, os resultados demonstraram que não há diferença entre os tratamentos testados. Entretanto, há indicação de remineralização da dentina após tratamento, independente do produto testado. As imagens em MEV demonstraram que os substratos tratados com DFP, independente da concentração, e Biosilicato apresentaram cristais de prata e de vitrocerâmica, respectivamente, na superfície dentinária. Concluiu-se que o material restaurador tem alteração de cor independentemente do tipo de tratamento de substrato utilizado e o tempo contribuiu para isso. Quanto aos materiais restauradores,

Z350 tem menor alteração de cor que CIV, independente do tratamento de substrato realizado. Quanto a isso, as amostras tratadas com Biosilicato resultaram em alteração de cor semelhante ao grupo Controle, independente do tempo analisado. Quanto à microdureza, os tratamentos dos substratos apresentam potencial remineralizador da dentina, abaixo do nível de desmineralização causado pela cárie.

Palavras-chave: Diamino fluoreto de prata, Estabilidade de cor, Desmineralização, Biosilicato.

Abstract

Ferreira, AC. **Color stability and remineralizing potencial of remineralizing solutions on caries-affected dentin.** Ribeirão Preto, 2021. 112p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the color stability and microhardness of caries-affected dentin, after treatment with silver diamine fluoride (SDF), SDF associated to potassium iodide (KI), and bioactive glass-ceramic (Biosilicate). One hundred bovine teeth were separated after previous color selection (Easysshade, VITA), from which were obtained 40 fragments (6 mm x 6 mm) that were flattened until dentin and the other 80 teeth were prepared to obtain cavities (6 mm x 6 mm x 2 mm). All samples were submitted to the cariogenic challenge and separated in 4 groups, according to the treatment performed: Group 1 – 12% silver diamine fluoride + 10% potassium iodide solution; Group 2 – 38% silver diamine fluoride (SDF, Rivastar, SDI); Group 3 – Biosilicate and Group 4 – control (without treatment). The cavitated teeth, after treatments, were restored with resin-modified glass ionomer cement (RMGIC – Vitremer, 3M ESPE) or composite resin (Z350, 3M ESPE). After restoration, initial color readings were done. The samples were submitted to thermo-mechanical cycling (ER 37000, Erios) with a load of 133N, frequency of 1,3Hz, and a total of 1.200.000 cycles. After thermo-mechanical cycling and 30 days after cycling new color readings were performed. On the planned samples Knoop microhardness were evaluated and scanning electron microscopy (SEM) was done (EVO 10, Carl Zeiss Microscopy). The color alteration (ΔE_{00}) and microhardness values were statistically analyzed (ANOVA, Bonferroni, $p < 0,05$), and the results showed that color alteration was higher for RMGIC than Z350. The time for color analysis was significant for color alteration on the substrates treated with 12%SDF+KI and control group. Regarding microhardness, the results showed that there was no difference between the treatments tested. However, there was evidence of dentin remineralization after treatment, regardless of the product used. SEM images showed that the substrates treated with SDF, regardless of the concentration, and Biosilicate presented silver and glass-ceramic crystals, respectively, on the dentin surface. It was concluded that the restorative material presents color alteration regardless of the kind of the substrate treatment used, and time contributed for that. Concerning the restorative material, Z350 presented lower color alteration than RMGIC regardless of the substrate treatment used. The samples

treated with Biosilicate resulted in a color alteration similar to the control group, regardless of the analysis time. As for the microhardness, the treatments presented dentin remineralizing potential, below the demineralization level caused by the artificial caries process.

Keywords: silver diamine fluoride, color alteration, demineralization, Biosilicate.

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

A cárie dentária pode ser definida como um processo patológico localizado, multifatorial, que envolve fatores ambientais, comportamentais, socioeconômicos e biológicos.¹⁻³ Entre os fatores biológicos estão as interações entre a estrutura dental, o biofilme microbiano formado na superfície dentária e açúcares, além de influências salivares e genéticas,³⁻⁵ caracterizada pela desmineralização e degradação progressiva da estrutura orgânica dos dentes e sendo o resultado da interação dinâmica entre os açúcares da dieta e os subprodutos metabólicos ácidos das bactérias.^{3,6} A cárie dentinária tem início com a dissolução de seu componente inorgânico, cristais de hidroxiapatita, por ácidos, principalmente ácido láctico.^{4,7} Dessa forma, é considerada um desafio à saúde pública e, apesar de ser totalmente evitável, continua sendo o principal problema de saúde bucal em todo o mundo.^{8,9}

No entanto, nos últimos anos as pesquisas em cariologia aprimoraram a compreensão dos processos fisiopatológicos da cárie dentária,^{3,10} levando ao surgimento da odontologia minimamente invasiva, que enfatiza a importância crítica da preservação e manutenção da integridade da estrutura natural do dente, adotando uma abordagem biológica no manejo de lesões de cárie.^{11,12}

A cárie precoce na infância ocasiona danos futuros, pois o comprometimento dos dentes decíduos prejudica a erupção e desenvolvimento normal dos dentes permanentes, o crescimento e desenvolvimento facial e a qualidade de vida das crianças.¹³ A higiene bucal é o método mais eficiente para o controle e prevenção da doença.¹⁴ Porém, quando o processo carioso progride atingindo tecido dentinário, o tratamento tradicional consiste em um tratamento invasivo, onde é realizado a remoção de tecidos infectados pela preparação mecânica dos dentes, sendo este um procedimento irreversível e destrutivo no qual os tecidos dentários removidos são substituídos por um material restaurador.¹⁵

Terapias como aplicação tópica de flúor, aplicação de clorexidina, selantes, vernizes fluoretados a aplicação de diamino fluoreto de prata (DFP) tem sido propostas para o controle da cárie.^{16,17} O Japão foi o primeiro país a aprovar o uso terapêutico do diamino fluoreto de prata na década de 1960, e desde 1969 tem sido utilizado com o intuito de combater a alta incidência de cárie dentária nas crianças

deste país,^{18,19} bem como na prevenção e paralisação de cáries radiculares em pacientes idosos²⁰ e na redução da hipersensibilidade dentinária.

O DFP é uma solução incolor e inodora¹⁰ com pH próximo de oito, com composição química que contém íons prata, fluoreto ($\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{F}$) e amônia, esta última atua como um agente estabilizador para a solução.^{10,21,22}

A atividade antimicrobiana do DFP é atribuída principalmente ao seu conteúdo elementar de prata,²³ e acredita-se que seu efeito preventivo sobre a cárie seja decorrente do aumento do teor de minerais no esmalte e do efeito do flúor no aumento da resistência ao ácido.²⁴ A combinação do efeito remineralizante do flúor e o efeito antibacteriano da prata, tornam o tratamento com diamino fluoreto de prata mais eficaz no controle de lesões de cárie.²⁴ Além disso, o DFP pode penetrar no esmalte e na dentina, facilitando a retenção de flúor 2 a 3 vezes mais na estrutura dental remanescente do que em comparação a outros agentes, como o verniz de fluoreto de sódio.²³

A ação antimicrobiana dos íons de prata se dá principalmente pela sua interação com grupos sulfidríla na superfície dos microrganismos, substituindo os átomos de hidrogênio, o que leva à formação de uma ligação S – Ag bloqueando a respiração celular e a transferência de elétrons.¹¹ Quanto a ação do flúor, quando em contato com tecido dentário cariado, uma série de reações químicas são desencadeadas, promovendo a dessensibilização pelo bloqueio dos túbulos dentinários e controle da lesão cariada devido a morte bacteriana, remineralização da estrutura dental através da formação de depósitos de fluoreto de cálcio e também de fluorapatita,¹⁷ e inibição¹⁰ da degradação do colágeno dentinário.²³

Além disso, o DFP à 38% contém cerca de 44.800 ppm, e o flúor em altas concentrações inibe a formação do biofilme a partir da ligação do fluoreto com componentes celulares bacterianos, influenciando no mecanismo enzimático relacionado aos carboidratos e absorção do açúcar.²⁵ Não existe um consenso a respeito do mecanismo de ação exato do DFP, contudo, estudos *in vitro* e *in vivo* tornam possível a suposição do efeito desse material na superfície dentária mineralizada (esmalte e dentina), na superfície orgânica da dentina e na superfície bacteriana.¹

O DFP foi aprovado em 2014, pela Food and Drug Administration (FDA) dos EUA como um agente de tratamento da hipersensibilidade dentinária e prevenção e

paralisação da cárie,²⁶ por ser capaz de paralisar as lesões de cárie existentes com grande sucesso. É de fácil aplicação e baixo custo, sendo assim, ideal para o controle da atividade bacteriana enquanto se promove a mudança dos hábitos inadequados, dietéticos e de higiene, que contribuem para a instalação da doença.²⁷ Além disso, por sua fácil aplicação, pode ser utilizada em crianças com necessidades especiais de saúde, e crianças de áreas carentes e remotas, para o tratamento de cáries na primeira infância.²⁴ O DFP tem sido considerado um agente cariostático eficiente, acessível, eficaz e seguro, cuja aplicação no tratamento da cárie dentária está em conformidade com o conceito de odontologia minimamente invasiva.^{21,22,24}

Embora a eficácia e a aplicabilidade do DFP sejam amplamente apoiadas, existem barreiras quanto à sua adoção na prática cotidiana. Do ponto de vista farmacocinético, o uso de DFP é seguro, mesmo quando aplicado a várias lesões de cárie na mesma consulta.¹⁰ Os efeitos adversos associados ao seu uso incluem náusea devido ao gosto ruim, irritação gengival se não forem seguidas as etapas de proteção dos tecidos gengivais e, mais especificamente, a coloração escura relacionada ao seu uso,²⁸ que é um dos principais efeitos colaterais quanto à limitação do seu uso.¹¹

O manchamento dentário permanente com coloração preta é resultado da precipitação de íons de prata no esmalte desmineralizado. Esses íons precipitam como Ag_2S e reagem com o material orgânico, deixando uma mancha nos dentes que pode ser muito evidente dependendo da localização da lesão cariiosa.²⁹ Visando minimizar essa alteração de cor, foi proposta a aplicação de iodeto de potássio (KI) após a utilização do DFP.¹¹ A literatura mostra que o uso de solução saturada de iodeto de potássio (KI), imediatamente após a aplicação do DFP, ameniza e evita o manchamento³⁰ através da reação do KI com os íons de prata livres, formando um precipitado amarelo de iodeto de prata (AgI), que é insolúvel em água. Essa reação evita a coloração preta e faz com que a solução de DFP possa ser utilizada sem maiores preocupações, uma vez que os seus efeitos são minimizados.²⁸⁻³⁰

Além de soluções capazes de estabilizar a cárie, outras terapias como soluções remineralizantes têm sido pesquisadas.³¹ Biovidros como o Biosilicato, que é uma vitrocerâmica bioativa com partículas cristalizadas, tem apresentado resultados promissores, uma vez que estudos mostram que esse tipo de biovidro consegue formar hidroxycarbonoapatita (HCA) sobre tecidos mineralizados.³²

Além disso, estudos mostram que o Biosilicato foi capaz de induzir a proliferação/diferenciação de fibroblastos e osteoblastos.³³ Quando em contato com a dentina, o Biosilicato também apresentou bons resultados, uma vez que é capaz de se dissolver, liberando constantemente íons cálcio e fosfato de sua composição, elevando o pH, e favorecendo, assim, o processo de remineralização dental.^{34,35}

Dessa forma, é importante que soluções com resultados promissores para a estabilização da doença cárie e remineralização dos tecidos dentais, como o diamino fluoreto de prata (associado ou não ao iodeto de potássio) e o Biosilicato, sejam avaliadas como auxiliares na restauração do elemento dental, promovendo assim a maior durabilidade da mesma.

Em todas as etapas do tratamento da cárie, os profissionais devem buscar a preservação máxima das estruturas dentárias e as técnicas restauradoras atuais preconizam o mínimo sacrifício da estrutura dental sadia, de acordo com o conceito da odontologia minimamente invasiva. Segundo esta técnica, recomenda-se remover apenas a dentina infectada com cárie (camada externa necrótica) altamente desmineralizada e posterior aplicação de substâncias remineralizantes.¹²

Na odontologia conservadora, os cimentos de ionômero de vidro (CIV) são amplamente utilizados devido às suas características antibacterianas^{31,36} e sua adesão à estrutura dentária,³⁷ mas ao longo de sua história tiveram diversas modificações em sua composição original, com o objetivo de melhorar suas propriedades físicas e mecânicas, em especial, sua resistência ao desgaste, e reduzir sua sensibilidade à captação de água, para que as restaurações pudessem ser realizadas em uma única sessão, com melhores resultados estéticos, devido à melhor translucidez.^{38,39} Surgiram, assim, os ionômeros de vidro modificados por resina (CIVMR), onde o componente resinoso oferece vantagens, como a polimerização e diminuição do tempo de presa, pois a reação se inicia pela fotoativação e é complementada pela reação ácido-base.^{40,41}

Outra alternativa estética para restauração de dentes cariados é a resina composta. Este material tem sido o mais utilizado para a confecção de restaurações anteriores e posteriores⁴² e apresenta como vantagens, em relação ao CIV, maior estabilidade de cor e maior resistência ao desgaste.⁴³ Apesar de não apresentar adesão à estrutura dentária, ao ser utilizado em conjunto a um sistema adesivo, tem se mostrado um material que proporciona grande longevidade de uso clínico.⁴⁴

As duas alternativas restauradoras estéticas (resina composta e CIVMR) são opções viáveis devido às suas características e propriedades. O CIV pode ser um material de primeira escolha, considerando-se que ele tem propriedade de liberação de flúor, o que contribui para diminuir a reincidência de cárie,⁴⁴ principalmente em casos de cáries ativas, como os que indicam o uso de DFP. Entretanto, não há consenso na literatura quanto ao material mais indicado.

2. Proposição

2. PROPOSIÇÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar a estabilidade de cor e microdureza de dentina cariada artificialmente, tratada com soluções com diferentes concentrações de diamino fluoreto de prata, associadas ao iodeto de potássio, e Biosilicato, restaurada com cimento de ionômero de vidro modificado por resina ou resina composta.

As hipóteses testadas foram:

- Substratos tratados com diamino fluoreto de prata apresentam maior alteração de cor que os tratados com Biosilicato, independente da associação ao iodeto de potássio;
- Não haverá diferença na microdureza da dentina, independente do tratamento do substrato.

3. Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para a realização deste estudo serão utilizados os materiais descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados no estudo.

Material	Nome Comercial	Composição	Fabricante
Grupo DFP+KI Diamino Fluoreto de Prata a 12%	Cariestop 12%	Ácido Fluorídrico, Nitrato de Prata, Hidróxido de Amônia e Água Deionizada	Biodinâmica, Ipirorã, PR, Brasil
	Iodeto de Potássio 10%	Iodeto de Potássio, Água deionizada	Farmácia Liane, Ribeirão Preto, SP, Brasil
Grupo DFP+KI Diamino Fluoreto de Prata a 38%	Riva Star	Prata, Iodeto e Fluoreto	SDI, Baywater, Victoria, Austrália
Grupo Biosilicato Vitro-cerâmica bioativa	Biosilicato	23,75Na ₂ O–23,75CaO–8,5SiO ₂ –4P ₂ O ₅ (4 µm), 100% cristalino.	Vitrovita, São Carlos, SP, Brasil
Cimento de Ionômero de Vidro modificado por resina	Vitremer	Pó: Contém vidro de fluoralumino silicato, persulfato de potássio e ácido ascórbico microencapsulados e pigmentos; Líquido: Contém solução aquosa com copolímeros do ácido policarboxílico HEMA e fotoiniciadores; Primer: Contém copolímeros do ácido policarboxílico, HEMA, etanol e fotoiniciadores; Glaze: Contém Bis-GMA, TEGDMA.	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA
Sistema adesivo	Single Bond Universal	Monômero fosfatado MDP, resinas de dimetacrilato, HEMA, copolímero ácido poliacrílico modificado por metacrilato, partículas, etanol, água, iniciadores e silano	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA
Compósito Resinoso	Filtek Z350	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, partículas de sílica (20 nm), partículas de zircônia (4 a 11 nm) e agregados de partículas de zircônia/ sílica.	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA

3.2 Métodos

3.2.1 Seleção e obtenção das amostras

Para a realização deste estudo, foram utilizados 100 incisivos bovinos, hígidos, isentos de trincas ou fraturas. Os dentes foram lavados em água corrente e foi feita a remoção dos tecidos moles e tecidos periodontais aderidos a sua porção radicular. Os dentes foram armazenados em água destilada e refrigerados durante o seu uso.

Para padronização dos dentes selecionados, inicialmente foi realizada a leitura da cor dos dentes (espectrofotômetro EasyShade, VITA Zahnfabrik, BadSckingen, Alemanha), de forma que os valores de L^* variaram entre 87 a 93, de a^* entre 0 a 1 e b^* com variação de 8 a 30 (Figura 1). Dentes com medidas fora desses valores de coordenadas foram desconsiderados para este estudo.

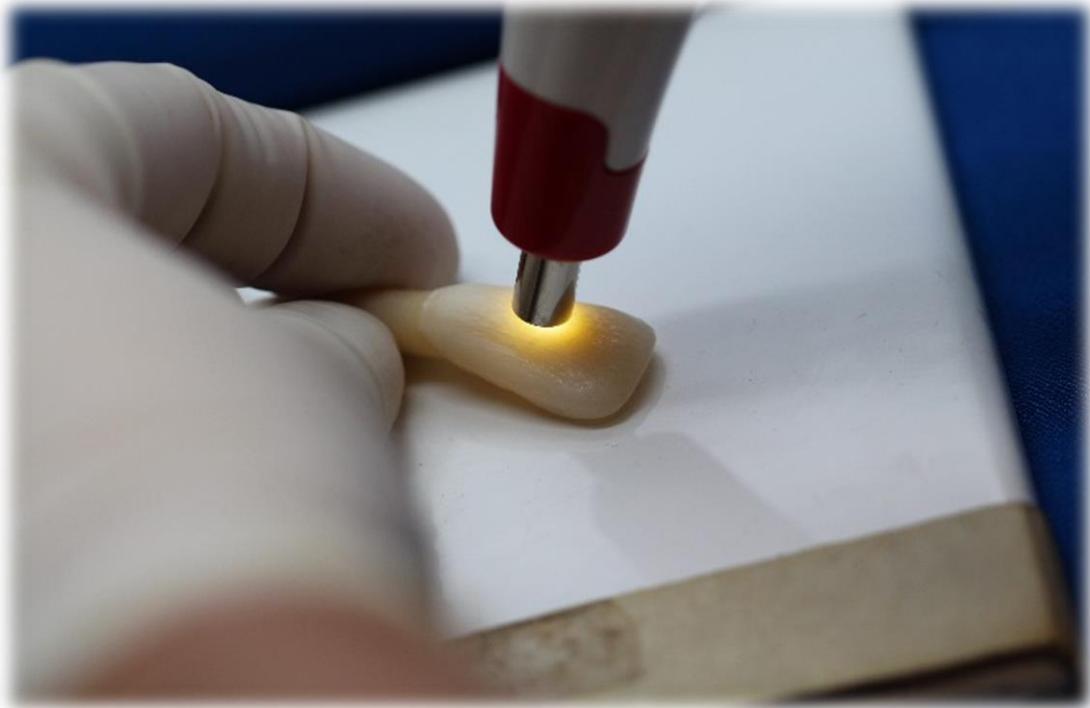


Figura 1- Leitura de cor realizada com aparelho Easyshade para padronização de dentes utilizados.

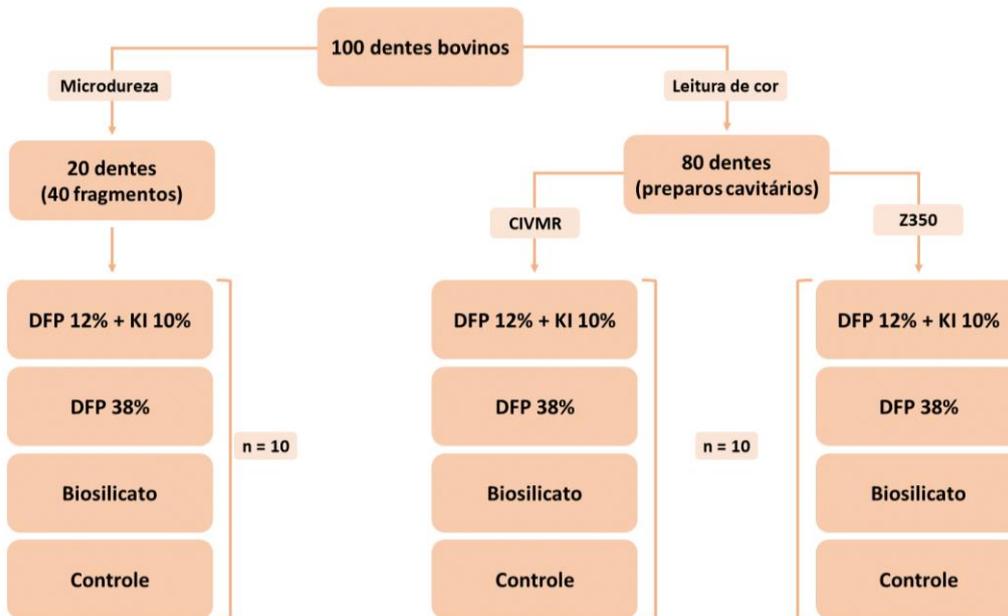


Figura 2- Fluxograma referente a distribuição das amostras para leitura de cor e microdureza.

3.2.2 Preparo dos dentes

Após serem selecionados e terem a cor inicial padronizada, os dentes bovinos foram identificados para possibilitar as análises comparativas de um mesmo elemento dental, antes e após os tratamentos propostos.

Para cada grupo, foram utilizadas 10 amostras (n=10). O cálculo amostral foi realizado após estudo piloto e comparação das médias (www.openepi.com), com intervalo de confiança de 95% e poder da amostra em 80%. Assim, para análise de microdureza foram utilizados 40 fragmentos de dentes bovinos e para análise de cor foram preparados 80 dentes.

3.2.2.1 Amostras preparadas para análise de microdureza

A análise da microdureza é realizada através da endentação de uma ponta sobre a superfície de dentina. Esse procedimento não é possível de ser realizado com as dimensões da cavidade proposta para análise de cor. Assim, os dentes bovinos foram cortados em fragmentos (6x6x3 mm) a partir da secção da superfície vestibular usando disco de diamante de baixa velocidade sob resfriamento com água (Isomet

1000, Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA). A planificação da superfície da dentina foi realizada sob refrigeração com lixas de granulação em ordem decrescente 220, 360 e 600, com o auxílio de dispositivo confeccionado em resina acrílica, para manter o posicionamento das amostras durante o lixamento e também para a padronização da espessura das mesmas durante cada troca de lixa.

Toda a sequência de preparos realizados descritos anteriormente, para a obtenção das amostras, estão presentes nas figuras de 2 a 9.



Figura 2 – Dente bovino utilizado na obtenção das amostras.



Figura 3 – Porção coronal após secção da raiz.



Figura 4 – Porção coronal incluída em cera.



Figura 5 – Secção da superfície vestibular.

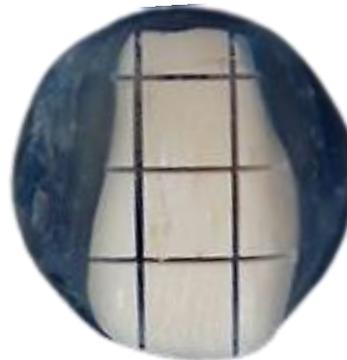


Figura 6 – Fragmentos obtidos na superfície vestibular.

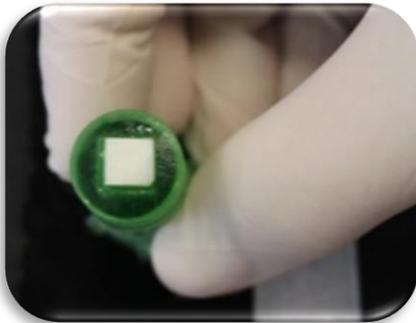


Figura 7 – Dispositivo em resina acrílica para padronização da espessura das amostras.

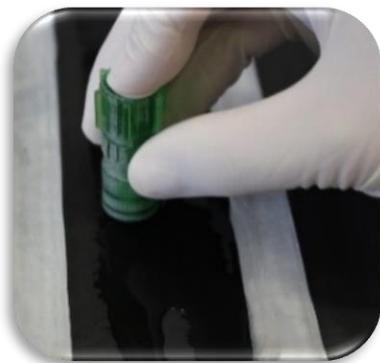


Figura 8 – Polimento das amostras.



Figura 9 – Aspecto final da amostra.

3.2.2.2 Amostras preparadas para análise de Cor

Os preparos cavitários foram realizados por um único operador, com a utilização de broca cilíndrica diamantada nº 1343 (KG Sorensen®, Cotia, SP, Brasil) em alta rotação (Dabi Atlante®, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com dimensões de 6 x 6mm (altura x largura), na face vestibular de cada elemento dental, e profundidade de 2 mm, guiada por um dispositivo confeccionado para assegurar a padronização da profundidade em todos os elementos dentais preparados.

As cavidades foram preparadas na porção centro-cervical da parte vestibular do dente. Assim, os dentes selecionados tiveram sua face vestibular da porção coronária marcadas ao centro e a parte inferior da cavidade foi posicionada 1 mm acima do centro da coroa do dente. As medidas foram confirmadas com o uso de um paquímetro digital (Mitutoyo®, Kanagawa, Japão). Após a confecção dos preparos cavitários, a superfície dental foi limpa com pedra-pomes e água utilizando-se uma escova Robinson (Microdont®, Socorro, SP, Brasil), em baixa rotação (Dabi Atlante®, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Os dentes preparados foram incluídos com cera em anéis de PVC e foram seccionados a 2 mm da borda superior e inferior da cavidade usando disco de diamante de baixa velocidade sob resfriamento com água (Isomet 1000, Isomet, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA)

As figuras de 10 a 14 mostram a sequência de preparos cavitários realizados, descritos anteriormente.



Figura 10 – Dente bovino e dispositivo para padronização da profundidade da cavidade.



Figura 11 – Dispositivo posicionado.



Figura 12 – Preparo cavitário.



Figura 13 – Secção do dente a 1 mm do preparo cavitário.

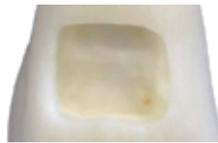


Figura 14 – Amostra finalizada.

3.2.3 Protocolo para produção de lesão de cárie artificial

Após o preparo, todas as amostras foram submetidas ao protocolo para produção de cárie artificial. O protocolo para produção de cárie artificial foi aplicado conforme descrito por Moron (2011).⁴⁵ As amostras preparadas para a análise de microdureza foram protegidas da desmineralização com esmalte cosmético (Colorama, L'Oréal Brasil, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) em todas as faces, exceto a face de dentina dos fragmentos e as amostras em que foram realizados os preparos cavitários foram protegidos com fita adesiva (Duck Tape, Shurtape Technologies, LLC, Avon Ohio, USA), deixando à mostra a cavidade das amostras preparadas, conforme figura 15A. Posteriormente, foram coladas no fundo de um pote de acrílico J7, também com o esmalte (figura 15B). As amostras foram cobertas com uma camada de 0,5 cm de altura de gel desmineralizante de carboximetilcelulose a 6% e pH 5,0 (0,5cm = 1,5

ml), que permaneceu sobre a amostra por 12h a 4°C (figura 15C e 15D). Na sequência, foi adicionado o mesmo conteúdo (1,5 ml) de ácido láctico a 0,1M, pH 5,0, ajustado com NaOH 10M, que permaneceu sobre a amostra por 14 dias na estufa, a 37°C (figura 15E e 15F). Ao final do ciclo, as amostras foram lavadas com água destilada e secas com papel absorvente.

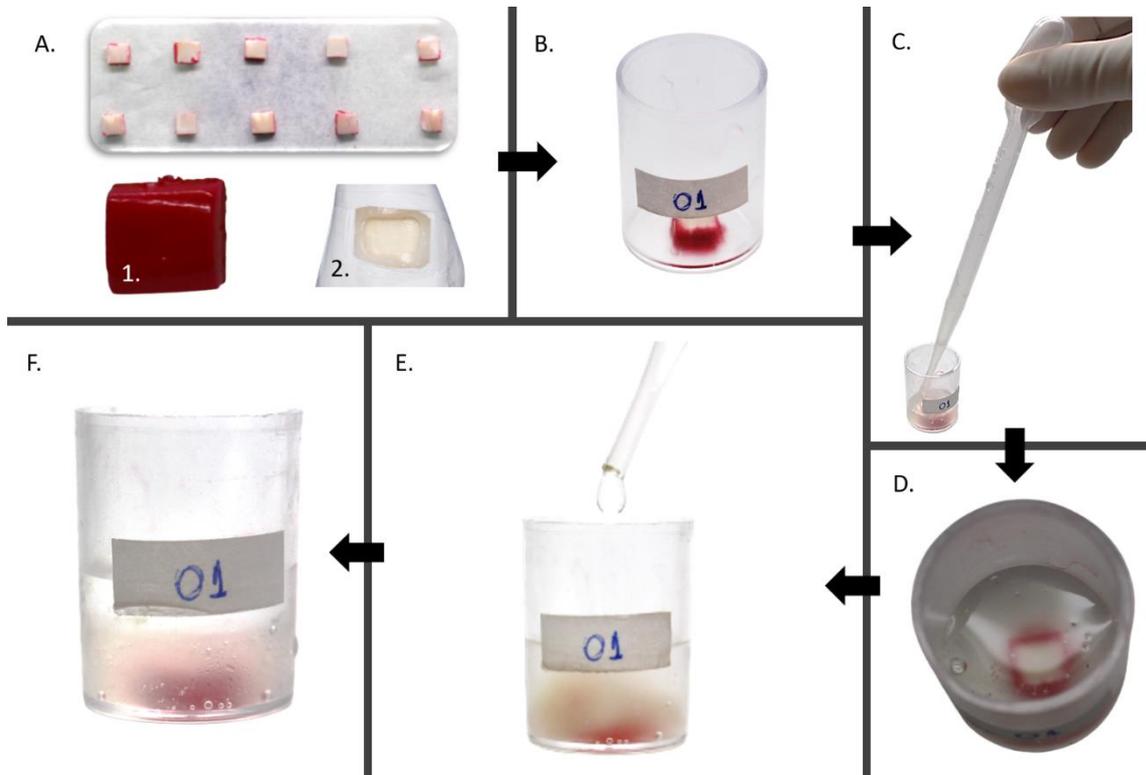


Figura 15 – Protocolo para produção de lesão de cárie artificial. Figura 15A, amostras preparadas; Figura 15B, amostra colada no fundo do pote J7; Figura 15C e D, colocação do gel de carboximetilcelulose; Figura 15E, colocação do ácido láctico e Figura 15F Processo finalizado.

As amostras preparadas para a análise de microdureza foram armazenadas em microtubos eppendorf numerados para permitir a comparação dos resultados das leituras e os fragmentos dos preparos cavitários foram incluídos em anéis de PVC com resina acrílica incolor auto polimerizável e foram devidamente numeradas, conforme figura 16.

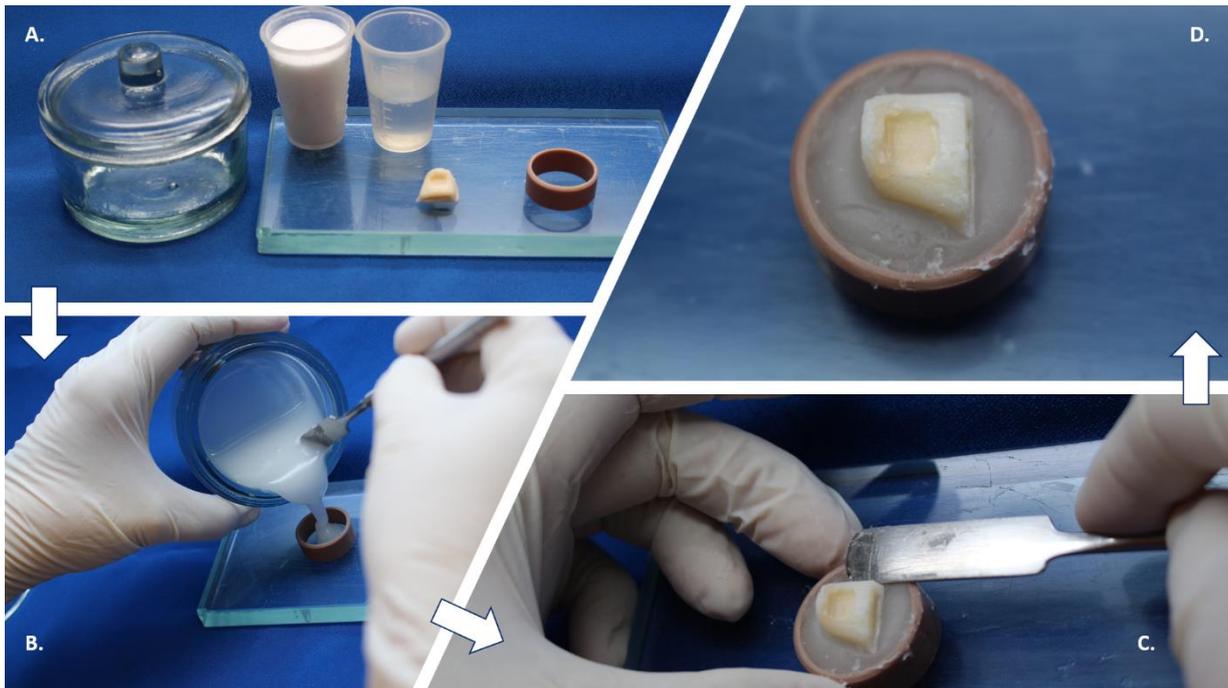


Figura 16 – Passo a passo utilizado para a inclusão das amostras com preparo cavitário no anel de PVC. Figura 16A, material utilizado; Figura 16b e 16C mostra a inserção da resina acrílica no anel de PVC e inclusão da amostra; na Figura 16D a amostra incluída.

3.2.4 Tratamentos realizados

Após a obtenção da cárie artificial, foi realizada a profilaxia com pedra-pomes e escova de Robinson por 1 minuto, seguido de lavagem e secagem. As amostras foram aleatoriamente separadas em 4 grupos, segundo o tipo de tratamento a que foram submetidos:

3.2.4.1 DFP12% + KI – As amostras foram tratadas com DFP a 12% (Cariestop, Biodinâmica, PR) + Iodeto de Potássio a 10% manipulado (Farmácia Liane, Ribeirão Preto, SP), mostrada na Figura 17. Para isso, os dentes foram tratados com uma gota do DFP com o auxílio de um microbrush, por 2 minutos (Figura 18). Em seguida, foi aplicada uma gota de solução saturada de Iodeto de potássio (10%) por 1 minuto (Figura 19), logo em seguida foi realizado uma segunda aplicação do iodeto de potássio (Figura 20).⁴⁶ Posteriormente, as amostras foram lavadas por 30 segundos e secas com papel absorvente.



Figura 17 – DFP 12% (Cariestop, Biodinâmica, PR) e KI 10% (Farmácia Liane, Ribeirão Preto, SP)



Figura 18 – Aplicação DFP 12%.

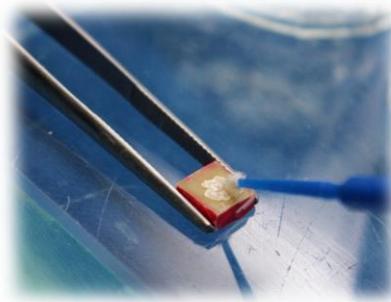


Figura 19 – Aplicação KI 10%.



Figura 20 – Reaplicação KI 10%

3.2.4.2 DFP38% – As amostras foram tratadas conforme a orientação do fabricante. O material é composto de 2 frascos (Figura 21). Inicialmente foi aplicado uma gota do frasco 1, que continha DFP, com o auxílio de microbrush por 1 minuto (Figura 22) e em seguida a aplicação de uma gota do frasco 2, que continha KI, com o auxílio de um novo pincel aplicador por 1 minuto (Figura 23), e foi realizada uma segunda aplicação do conteúdo do frasco 2 (Figura 24). Em seguida foi realizada lavagem por 30 segundos e secos com papel absorvente.



Figura 21 – DFP 38% (Riva Star, SDI, Austrália).

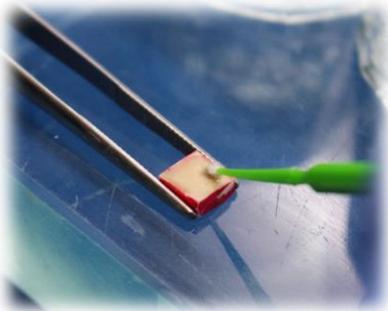


Figura 22 – Aplicação frasco cinza.

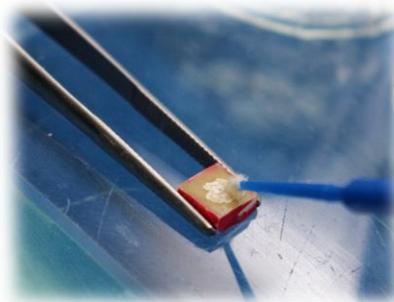


Figura 23 – Aplicação frasco verde.



Figura 24 – Reaplicação frasco verde.

3.2.4.3 Biosilicato – O Biosilicato é um pó de vidro bioativo, que apresenta diâmetro médio de 4 μ m. Este material apresenta grande reatividade, sendo capaz de apresentar uma camada rica em sílica gel em apenas uma hora de exposição em fluido corporal simulado. O Biosilicato foi diluído em água destilada na concentração de 10% conforme mostrado na Figura 25 e 26. A solução foi aplicada ativamente por um período de 1 minuto (Figura 27) e em seguida a amostra foi lavada por 30 segundos e secas com papel absorvente.



Figura 25 – Material proporcionado.



Figura 26 – Solução de Biosilicato a 10%.



Figura 27 – Aplicação da solução de Biosilicato.

3.2.4.4 Controle – Não foi realizado nenhum tratamento prévio do substrato.

Após os tratamentos, os dentes preparados foram separados aleatoriamente em dois outros grupos, segundo o tipo de material restaurador utilizado: Cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR – Vitremer, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, USA) e Resina composta (Z350, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, EUA).

3.2.5 Tratamento restaurador

3.2.5.1 Restauração com Ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR)

Para restauração com o CIVMR, inicialmente foi aplicado o primer na cavidade com pincel microbrush por 30 segundos (Figura 28A e 28B), foi seco com jato de ar (figura 28C) e polimerizado por aparelho tipo LED (FLASHlite 1401, Discus Dental), por 20 segundos (Figura 28D).

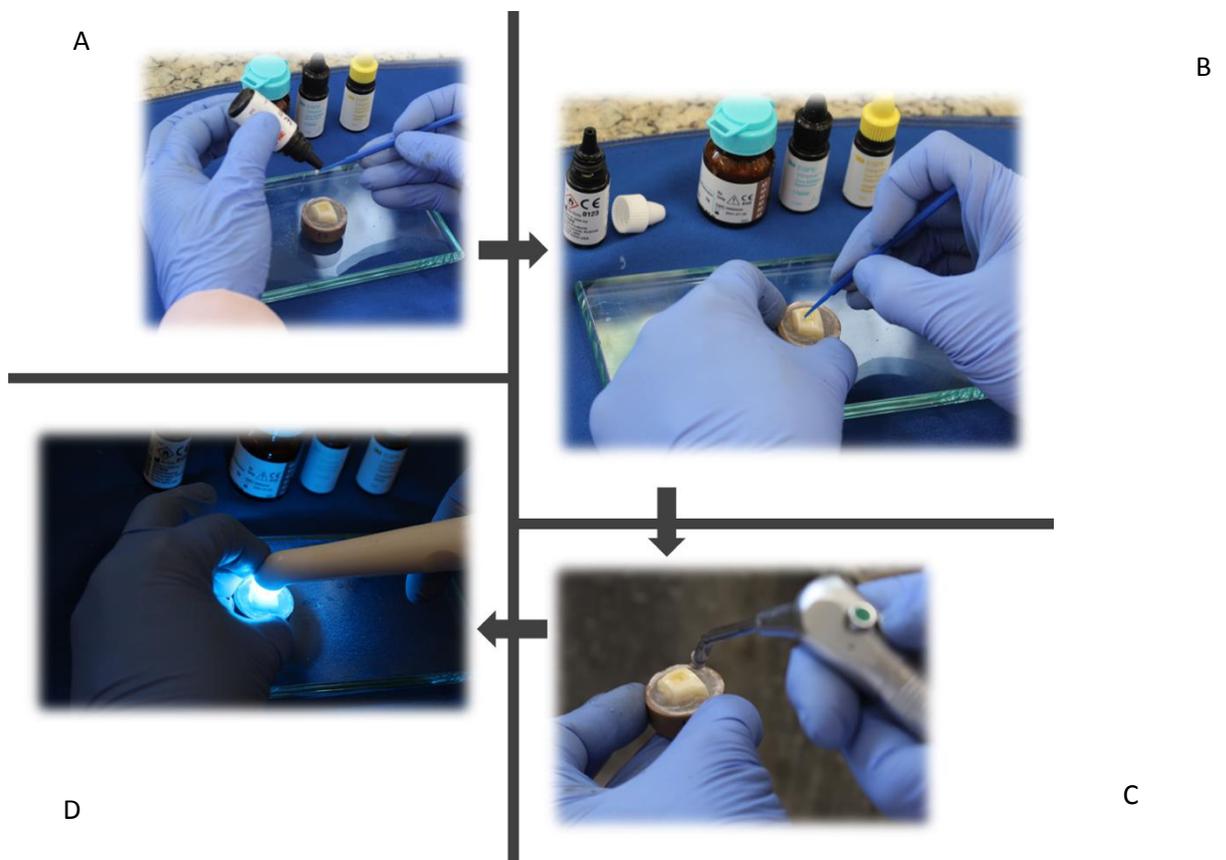


Figura 28 – Aplicação primer do CIVMR na cavidade na Figura 28A e B; Aplicação jato de ar na Figura 28D e Polimerização do primer na Figura 28D.

Em seguida, foi proporcionada 1 medida de pó para 1 gota de líquido em uma placa de vidro (Figura 29A), onde foi feita a aglutinação do pó ao líquido (Figura 29B). O material foi aplicado na cavidade em um único incremento (Figura 29C) e, foi polimerizado por 40 segundos (Figura 29D), segundo recomendações do fabricante.

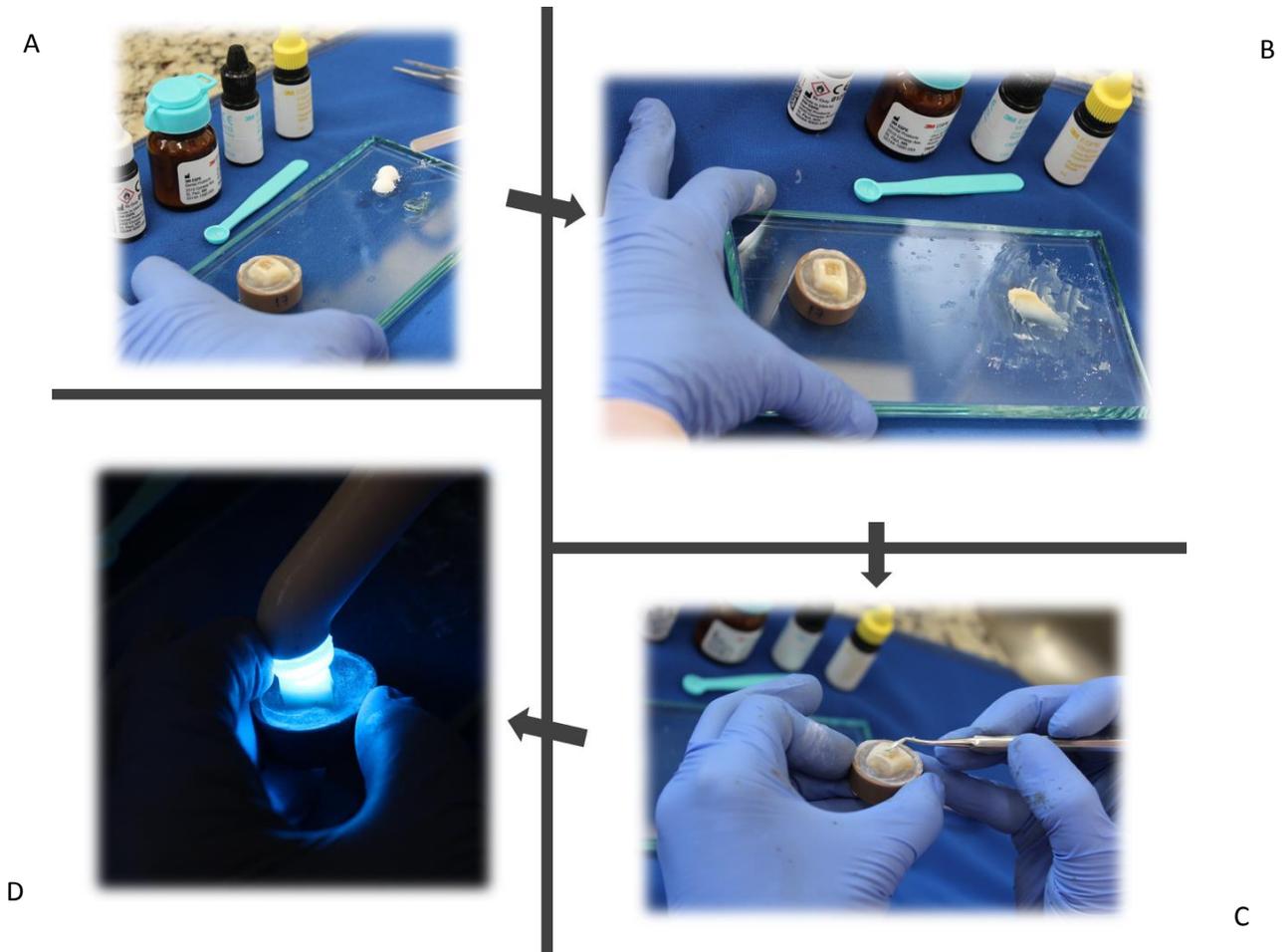


Figura 29 – CIVMR proporcionado na Figura 29A; CIVMR aglutinado na Figura 29B; Inserção do CIVMR na Figura 29C e Polimerização na Figura 29D.

Ao final, foi realizado o polimento (Figura 30A) e aplicado uma camada do glaze na superfície da restauração com auxílio de um pincel (Figura 30B e 30C). Logo após, esta camada foi fotoativada (FLASHlite, 1401, Discus Dental), por 20 segundos (Figura 30 D).

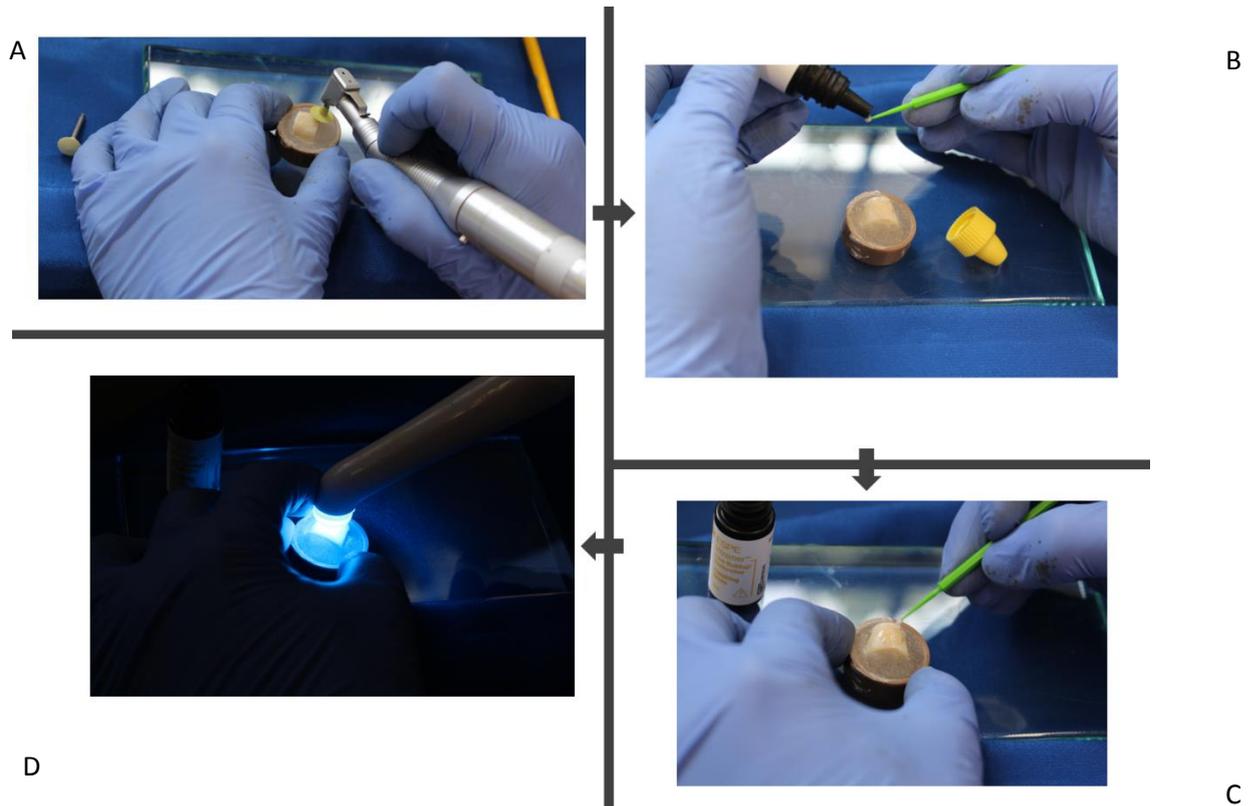


Figura 30 – Polimento da restauração de CIVMR (A), Aplicação da camada de glaze (B e C) e Fotopolimerização (D).

3.2.5.2 Restauração com Resina composta

Previamente à restauração com resina composta, foi utilizado um sistema adesivo universal (Single Bond Universal, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), na técnica self-etch, ou seja, sem condicionamento ácido prévio. Assim, após os tratamentos a que a dentina foi submetida, uma gota de sistema adesivo foi aplicada na cavidade de forma ativa com pincel microbrush (Figura 31A). Após aguardar a evaporação do solvente (cerca de 30 segundos, com aplicação de leve jato de ar (Figura 31C), o sistema adesivo foi reaplicado e novamente a mesma metodologia para evaporação do solvente foi aplicada. Ao final, o sistema adesivo foi fotoativado por 10 segundos (FLASHlite 1401, Discus Dental, Culver City, CA, EUA, 460-480 nm, 1.100 mW/cm²), conforme figura 31D.

Em seguida, os dentes foram restaurados com compósito (Filtek Z350, 3M ESPE Dental Products, St. Paul, MN, EUA), segundo a técnica incremental (Figura 31E), e cada incremento foi polimerizado (FLASHlite 1401, Discus Dental) por 20 segundos (Figura 31F), segundo recomendações do fabricante. Ao final a restauração foi polida.

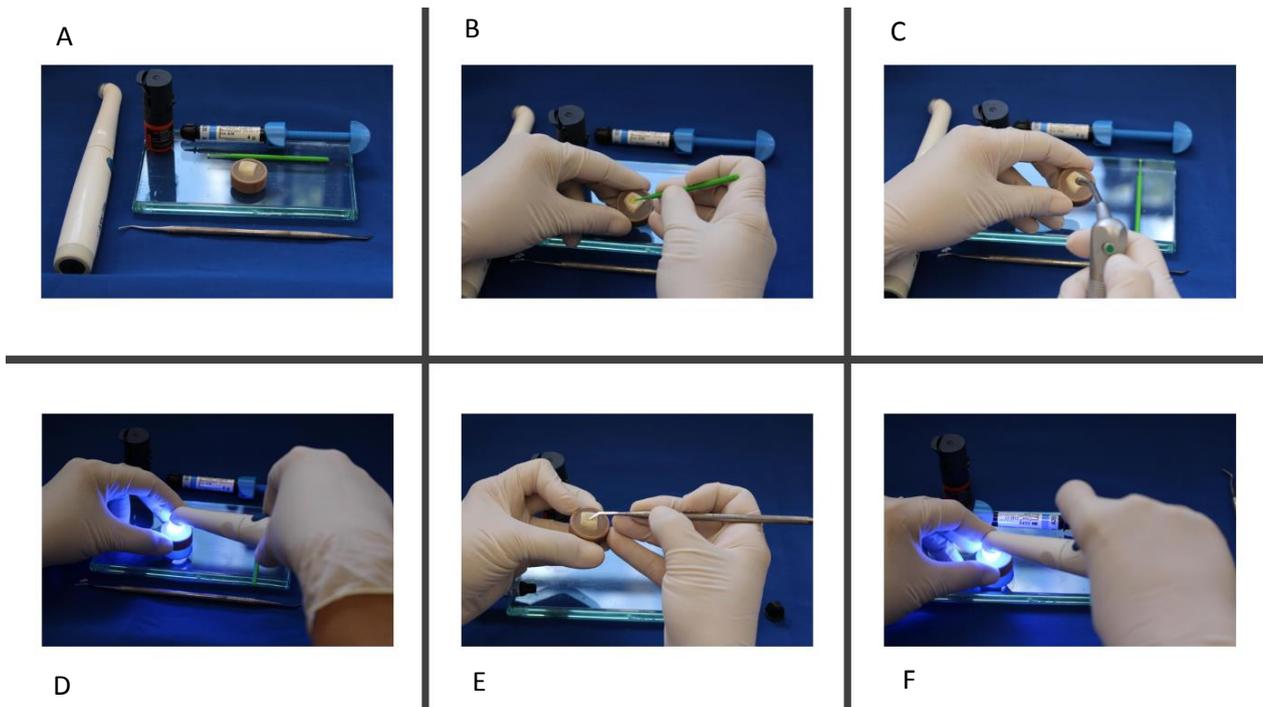


Figura 31 – Material utilizado para restauração das amostras (Figura 31B); Aplicação do sistema adesivo na cavidade (Figura 31A); Evaporação do solvente com jato de ar (Figura 31C); Fotopolimerização do sistema adesivo; Inserção de resina (Figura 31E) e Polimerização da resina a cada camada inserida (Figura 31F).

Após o tratamento restaurador, os dentes foram armazenados em estufa em saliva artificial, trocada a cada 7 dias. Após 24 horas da restauração com os materiais estéticos utilizados, os dentes foram submetidos à ciclagem termomecânica.

3.2.6 Ciclagem termomecânica

A ciclagem termomecânica (ER 37000, Erios Equipamentos Técnicos e Científicos Ltda, São Paulo, Brasil), equipamento ilustrado na Figura 32A e B, cujo objetivo foi o de simular o estresse causado pela mastigação sobre a restauração. As amostras já identificadas foram posicionadas na base do equipamento e fixados com os parafusos presentes em cada uma das bases (Figura 32C) para evitar a sua movimentação durante o ensaio, que foi realizado com força de 133N que corresponde à força de mordida de dentes anteriores em pacientes com oclusão normal.^{47,48} Foi realizado a termociclagem juntamente à ciclagem mecânica, com temperaturas variando de 5°C, 37°C e 55°C, foram realizados 1.200.000 ciclos na

frequência de 1.3 Hz, estando assim dentro dos limites estabelecidos pela norma ISO14081 quando se utiliza meios líquidos para realização dos ensaios.⁴⁹ Cada faixa de temperatura ficou em contato com a amostra 35 segundos, sendo que cada ciclo completo do módulo térmico foi composto por 175 segundos.

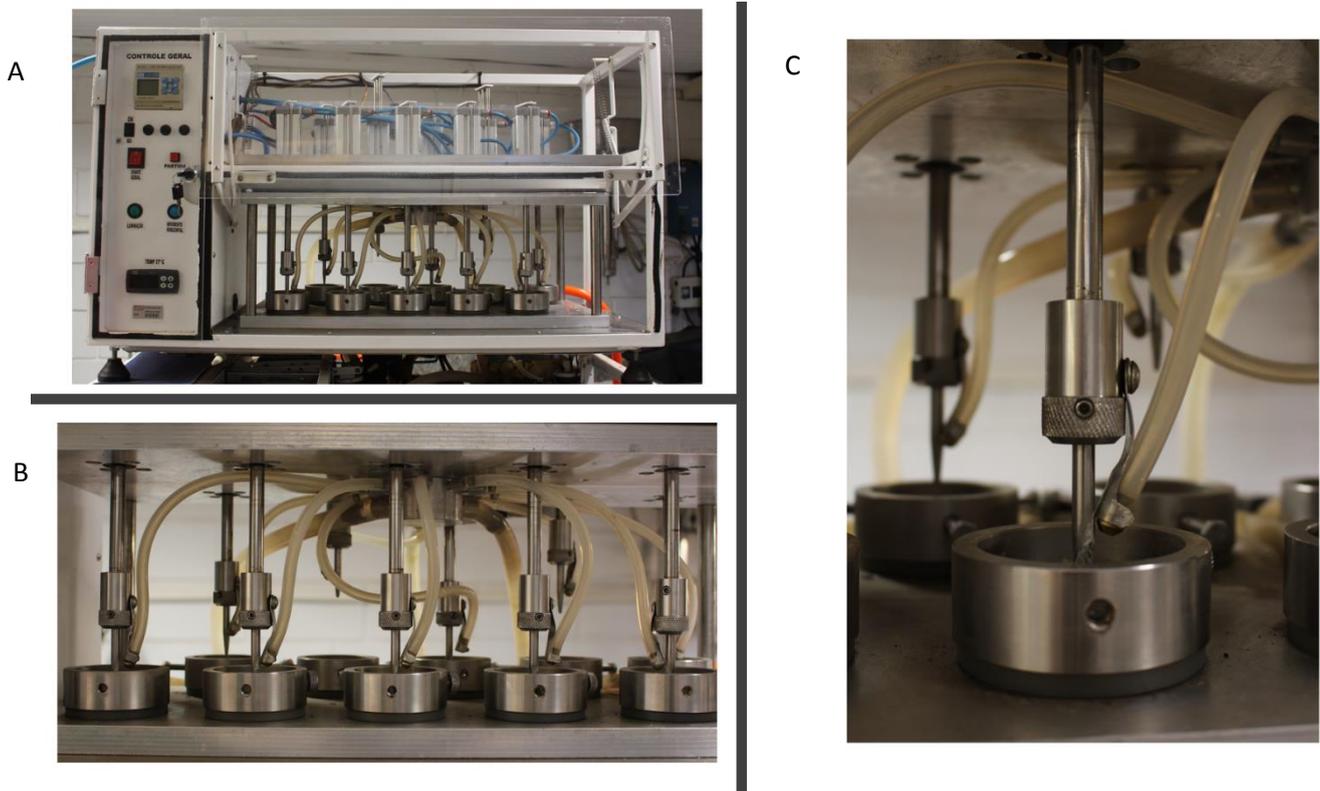


Figura 32 – Imagens do equipamento utilizado para o ensaio de ciclagem termomecânica (Figura 32A e B); Base do equipamento onde as amostras são posicionadas (Figura 32C).

3.2.7 Propriedades avaliadas

3.2.7.1 Alteração de cor

Nos dentes restaurados, foram realizadas leituras de cor utilizando o espectrofotômetro EasyShade (VITA Zahnfabrik, BadSckingen, Alemanha). Esse

equipamento possui uma ponteira digital que, posicionada sobre a superfície da amostra, emite um feixe de luz, que é transmitida por meio de fibras ópticas capazes de captar a reflexão da luz segundo coordenadas.

O padrão de observação simulado pelo equipamento segue o sistema CIE $L^*a^*b^*$, recomendado pela CIE (Comission Internationale de l'Éclairage), e que é definido por uma combinação de coordenadas cartesianas onde um ponto está associado a uma cor única. O eixo L^* – coordenada de luminosidade (escala de cinza) – apresenta valores numéricos que variam de 0 (preto) a 100 (branco). Quanto mais próximo de zero, mais escura é a cor do objeto, sendo que objetos claros apresentam valores numéricos para L^* próximos de 100. Os eixos a^* e b^* são conhecidos como coordenadas de cromaticidade e variam de -80 a +80. A coordenada a^* designa o eixo verde-vermelho. Quando o valor para a^* for negativo (-), mostrará desvio no sentido da tonalidade verde; quando o valor for positivo (+), mostrará desvio no sentido do vermelho. Para a coordenada b^* , os valores negativos são fornecidos para os objetos de tonalidade azul, e positivos para a tonalidade amarela.

Para leitura de cor, os dentes foram colocados sobre um bloco de fundo padrão branco (White Standard Sphere for 45°, 0° Reflectance and Color Gardner Laboratory Inc. Bethesda, Geretsried, Alemanha), em cabine de luz padronizada (CL6i-45S, T&M INSTRUMENTS, São Paulo, SP, Brasil). O iluminante padrão primário utilizado foi o D65, que simula o espectro da luz do dia. Esse feixe é refletido também em 0° de volta para o aparelho e, assim, captura e registra os valores de L^* , a^* e b^* das amostras. Após a calibragem, a ponta do equipamento EasyShade (VITA Zahnfabrik), foi mantido em posição perpendicular à face vestibular do dente analisado e o equipamento foi acionado e foram registrados os valores de L^* , a^* e b^* dos dentes analisados.

Foram realizadas três leituras em cada dente e o valor considerado foi a média desses três valores obtidos. O ΔE foi calculado partir da seguinte fórmula, utilizando os valores de L^* , a^* e b^* inicial e final:

$$\Delta E_{00}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2} + R_T \frac{\Delta C'}{k_C S_C} \frac{\Delta H'}{k_H S_H}$$

onde: ΔL , ΔC e ΔH são as diferenças na luminosidade, croma e matiz, respectivamente, entre duas medidas e R_T (função de rotação) é a função que conta

para a interação entre diferenças de croma e matiz na região azul. SL, SC e SH são as funções de ponderação para os componentes da luminosidade, croma e matiz, respectivamente e KL, KC e KH os fatores paramétricos de acordo com diferentes parâmetros de visualização que foram padronizados como 1.⁵⁰

Os testes para as leituras de cor foram realizados logo após a restauração dos dentes com ionômero de vidro ou resina composta, após a ciclagem termomecânica e após 30 dias do final desta ciclagem.

3.2.7.2 Registro fotográfico

Foram realizados registros fotográficos padronizados dos dentes preparados, em cada uma das etapas que em que foi avaliada a cor das amostras restauradas (padronização inicial dos dentes, após a restauração dos dentes com ionômero de vidro ou resina composta, após a ciclagem termomecânica e após 30 dias). Para obtenção das imagens, foi garantida uma posição padronizada perpendicular entre a amostra e a câmera (Cannon, Rebel T5i, Ohta-ku, Tokyo, Japan). As imagens foram capturadas com a ISO 400 a uma distância padronizada de 20 cm entre as amostras e a câmera. A velocidade de abertura foi ajustada em 4 segundos sob o iluminante diurno D65. Foram obtidas imagens antes e após os tratamentos a que as amostras foram submetidas.

3.2.7.3 Microdureza Knoop

A avaliação da microdureza Knoop foi realizada antes e após as amostras serem submetidas ao protocolo de cárie artificial, após os tratamentos e após 30 dias dos tratamentos.

Para isso foi utilizado um microdurômetro Micro Hardness Tester HMV-2 (Shimadzu®, Tóquio, Japão), que aciona uma ponta penetradora de diamante de forma piramidal e base losangular com carga estática de 10 gramas por 5 segundos sobre o substrato. Foram realizadas leituras com a objetiva de 40x.

Quando acionada, a ponta penetradora realiza uma compressão na superfície do substrato, que gera uma figura geométrica em forma de pirâmide inversa na dentina hígida. O losango possibilita a determinação da microdureza superficial do material a

partir da mensuração da sua maior diagonal, cujo valor foi aplicado na fórmula: $KHN = 1,451 F/d^2$ onde: KHN = Valor de dureza Knoop; F = força aplicada e d = comprimento da maior diagonal na endentação.

Foram realizadas três leituras iniciais distintas nas amostras: uma central, uma 1mm à direita e outra 1mm à esquerda, em relação à marcação central. A média das três leituras foi considerada como valor inicial de microdureza. Após a obtenção da cárie artificial foram realizadas novas leituras para ter a certeza da desmineralização da dentina e esta foi considerada como leitura inicial. A leitura final foi realizada após o tratamento e após 30 dias deste procedimento.

A alteração de microdureza foi calculada considerando as diferenças relativas em relação aos valores iniciais pela fórmula:

$\Delta KHN = KHN_f - KHN_i \times 100/KHN_i$, onde: KHN_i é referido como medição inicial de microdureza e KHN_f como medição final de microdureza.

3.2.7.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As amostras foram submetidas a microscopia eletrônica de varredura a fim de caracterizar morfológicamente a superfície. Essas análises foram realizadas em três fases: logo após a obtenção dos fragmentos (dentina hígida), após o processo da cárie artificial e após os tratamentos.

Para isso, foram preparadas 10 amostras, que foram desidratadas com dessecador associado a sílica gel. As amostras foram fixadas em stubs de alumínio, por meio de uma fita condutora adesiva dupla face (Electron Microscopy Sciences, Washington, EUA), as amostras foram identificadas de acordo com o grupo ao qual pertenciam e foram então submetidas ao processo de metalização (BAL – TEC – Modelo SCD 050 sputter coater, Liechtenstein), onde foram recobertas com ouro-paládio, através do processo de Sputtering (pulverização), por um período de 120 segundos (Figura 33).

Finalizada a metalização, as amostras foram acopladas em um dispositivo encaixado no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV, EVO MA10, Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Alemanha), para obtenção de imagens, com aumentos de

1000x, 2000x e 3000x. Uma análise qualitativa das amostras após os protocolos propostos foi realizada a partir das imagens obtidas.

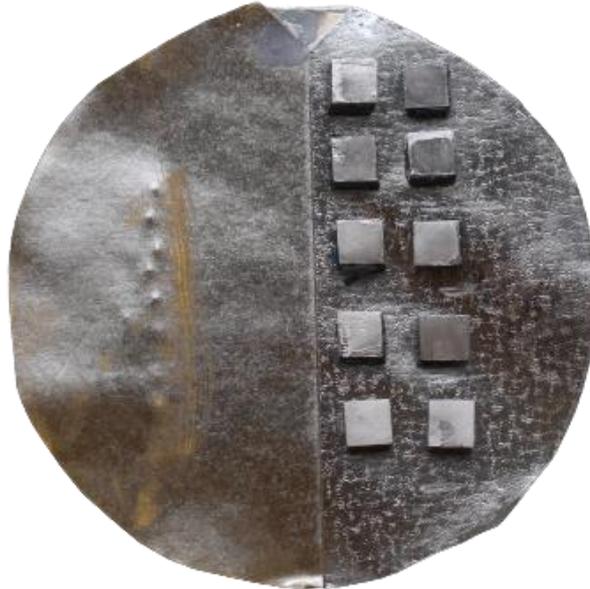


Figura 33 – Amostras metalizadas prontas para leitura em MEV.

3.2.8 Análise estatística

Os valores de ΔE e microdureza relativa foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, com nível de significância de 95% e foram considerados dentro de uma distribuição normal. Assim, os valores de ΔE_{00} foram analisados segundo análise estatística 3-way ANOVA, medidas repetidas (fatores de variação: material restaurador, tempo de análise e tratamento do substrato). Os resultados de microdureza relativa foram analisados segundo 2-way ANOVA, medidas repetidas (fatores de variação: tratamento do substrato e momento operatório). Ambos os testes estatísticos foram realizados com nível de significância de 95%.

4. Resultados

4. RESULTADOS

A comparação das médias de alteração de cor (ΔE_{00}) podem ser vistos nas Tabelas 2 e 3 e Figura 34. As tabelas apresentam as comparações para cada material restaurador e a Figura apresenta a comparação entre os materiais restauradores.

Tabela 2 – Comparação dos valores de ΔE_{00} dos grupos restaurados com resina composta (Z350).

	DFP12+KI%	DFP38%	Bio	Controle
Após CTM	1,49 (0,7) abA	0,86 (0,5) aA	1,44 (0,8) abA	2,18 (0,8) bA
Após 30 dias da CTM	1,85 (0,7) aA	2,85 (1,4) abB	2,28 (0,6) aA	3,60 (1,3) bB

Letras diferentes, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Tabela 3 – Comparação dos valores de ΔE_{00} dos grupos restaurados com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR).

	DFP12+KI%	DFP38%	Bio	Controle
Após CTM	2,61 (1,1) aA	5,61 (1,8) bA	3,43 (0,8) aA	3,21 (1,2) aA
Após 30 dias da CTM	4,72 (1,7) abB	5,14 (1,8) abA	3,75 (0,9) aA	5,51 (1,8) bB

Letras diferentes, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Quando comparada a alteração de cor dos dentes restaurados com resina composta, verificou-se que o grupo controle foi o que resultou em maior alteração de cor, independente do tempo de análise. Após CTM, os valores de alteração de cor foram diferentes estatisticamente ($p < 0,05$) de DFP38% e após 30 dias da CTM, os valores de alteração de cor foram diferentes ($p < 0,05$) de Bio e DFP12%+KI. Em ambos os casos, todos os demais grupos não apresentaram diferença estatisticamente entre si ($p > 0,05$).

Comparando o tempo de análise para cada um dos tratamentos, verificou-se que houve um aumento da alteração de cor quando o substrato foi tratado com DFP38% e no grupo Controle, após 30 dias da CTM ($p < 0,05$). Para os demais tratamentos o tempo de análise não foi significativo ($p > 0,05$).

Quando comparada a cor dos dentes restaurados com CIV, verificou-se que, após CTM, a maior alteração ocorreu após tratamento com DFP38%, valores estatisticamente significantes ($p < 0,05$) em relação aos demais grupos, que não apresentaram diferença entre si ($p > 0,05$). Após 30 dias da CTM, houve maior alteração de cor do grupo Controle, valores diferentes estatisticamente significantes ($p < 0,05$) em relação à Bio.

Comparando o tempo de análise para cada um dos tratamentos, verificou-se que, para os grupos DFP12%+KI e Controle o tempo análise foi significativo para a alteração de cor, sendo que houve maior após 30 dias após CTM ($p < 0,05$). Para os demais grupos isso não foi significativo.

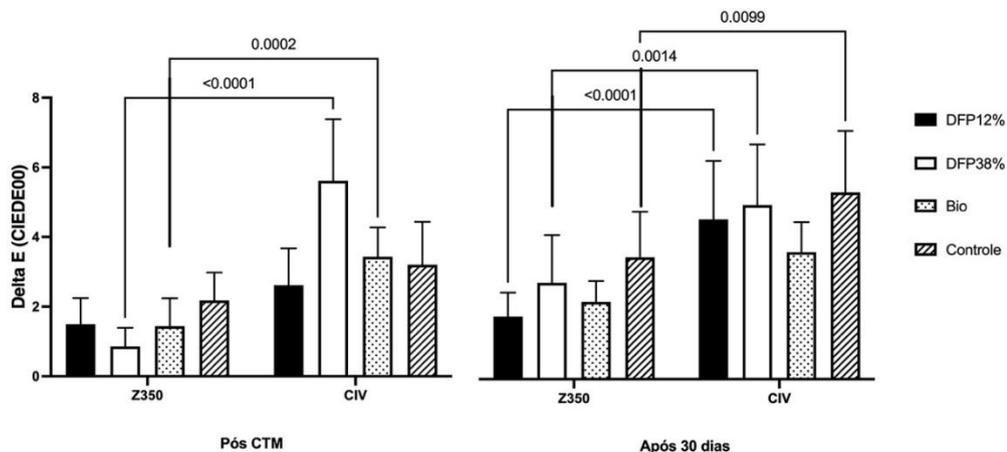


Figura 34 – Comparação da alteração de cor entre os materiais restauradores testados (Z350 e CIV). Barras ligadas por linhas indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Os valores de ΔE_{00} foram comparados entre os materiais restauradores, dentro dos mesmos tempos de análise (Figura 34). Verificou-se que após CTM, o CIVMR apresentou maior alteração de cor que a resina composta ($p < 0,05$) quando o substrato foi tratado com DFP38% e Bio. Os demais grupos não apresentaram

diferença entre si ($p > 0,05$). Após 30 dias da CTM, todos os materiais apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si ($p < 0,05$), sendo maiores as alterações para CIV, com exceção do Bio.

A Figura 35, apresenta a comparação das médias de ΔL^* , Δa^* e Δb^* após CTM e após 30 dias da CTM, a fim de avaliar as alterações das coordenadas da cor, conforme a escala CIELab, a fim de oferecer informações a respeito das alterações ocorridas para cada grupo.

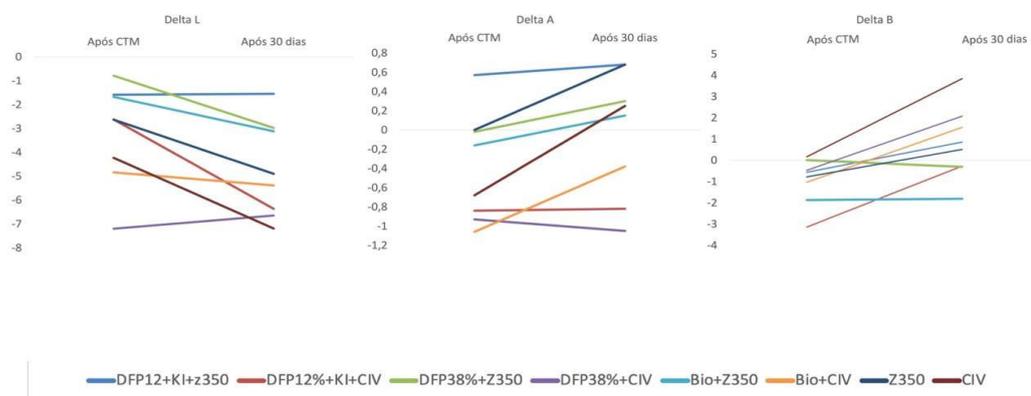


Figura 35 – Alterações de ΔL^* , Δa^* e Δb^* após CTM e após 30 dias da CTM.

Quanto ao ΔL , todos os grupos apresentaram alterações negativas, independente do tempo de análise, indicando um “escurecimento” das amostras. A maioria dos grupos apresentam grandes alterações após 30 dias da CTM. As exceções são os grupos DFP12%+KI, que manteve suas médias em relação ao tempo após CTM; o grupo Bio+CIVMR, que apresentou pequeno decréscimo em L^* ; e o grupo DFP38%+CIVMR, que resultou em um pequeno aumento da coordenada.

Quanto ao Δa^* , as alterações foram em valores bem pequenos e a maioria dos grupos apresentaram manutenção dos valores em relação ao tempo após CTM, com exceção dos grupos Z350, CIVMR e Bio+CIVMR, que apresentaram aumento da coordenada a^* , indicando uma diminuição do croma vermelho.

Quanto ao Δb^* , as alterações após 30 dias foram, para todos os grupos, no sentido do aumento da coordenada, ou seja, demonstrando “amarelamento” das

amostras após 30 dias da CTM, com exceção dos grupos DFP38%+Z350 e Bio+Z350, que indicaram manutenção do croma amarelo das amostras.

As Figuras 36 e 37 apresentam os registros fotográficos de cada uma das etapas dos tratamentos com os diferentes materiais utilizados.

	Preparados	Restaurados	Pós CTM	Após 30 dias da CTM
DFP12%+KI				
DFP38%				
Biosilicato				
Controle				

Figura 36 – Imagens das amostras restauradas com Z350, após os diferentes momentos de análise.

	Preparados	Restaurados	Pós CTM	Após 30 dias da CTM
DFP12%+KI				
DFP38%				
Biosilicato				
Controle				

Figura 37 – Imagens das amostras restauradas com CIVMR, após os diferentes momentos de análise.

A análise das imagens das Figuras 36 e 37 permitem verificar que dentes tratados com DFP, independente da concentração, tiveram a aparência clínica alterada, com margens visíveis, independente do tipo de material restaurador utilizado. A exceção à essa situação foi o grupo tratado com DFP12%+KI restaurado com CIVMR, que manteve a aparência clínica tanto após a restauração quanto após CTM. Após 30 dias da CTM é possível visualizar as margens das restaurações e alteração de cor do material restaurador.

Os dentes restaurados com Biosilicato mantiveram a aparência clínica, independente do material restaurador utilizado e o tempo clínico de análise. A restauração dos dentes tratados com este material foi o que apresentou a aparência clínica mais próxima do grupo Controle.

A Tabela 4 apresenta a comparação das médias de alteração de microdureza após os tratamentos. As alterações de microdureza são apresentados em valores relativos aos valores iniciais apresentados pelas amostras.

Tabela 4 – Comparação das médias de alteração de microdureza relativa (%) dos grupos.

	DFP12+KI%	DFP38%	Bio	Controle
Após cárie	-79,51 (5,8) aA	-78,61 (5,6) aA	-76,01 (8,7) aA	-77,68 (7,3) aA
Após tratamento	-69,81 (10,2) aA	-68,79 (9,7) aA	-68,60 (8,9) aA	-77,67 (8,7) aA
Após 30 dias do tratamento	-64,04 (10,6) aA	-66,34 (9,3) aA	-62,02 (9,8) aA	-76,32 (7,5) aA
Potencial remineralizador inicial	56,45 (33,2) aB	47,25 (31,5) aB	39,99 (42,4) aB	-1,01 (13,1) bB
Potencial remineralizador 30 dias	77,6 (40,3) aB	58,6 (23,6) aB	76,8 (91,3) aC	7,42 (15,9) aB

Letras diferentes, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, indicam diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

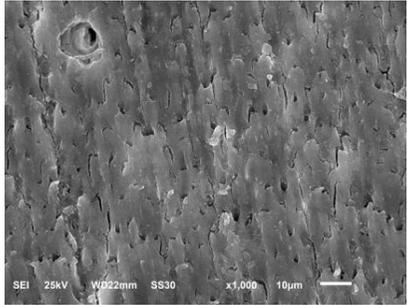
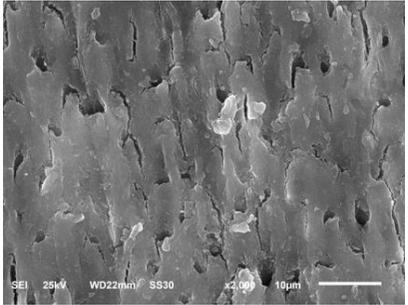
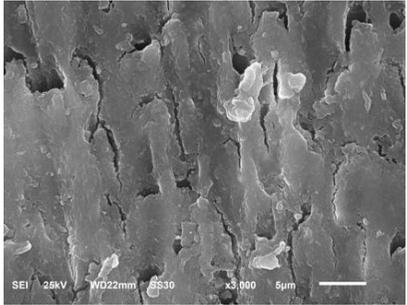
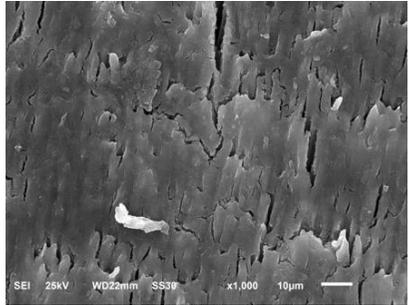
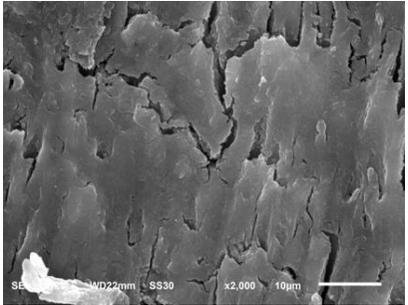
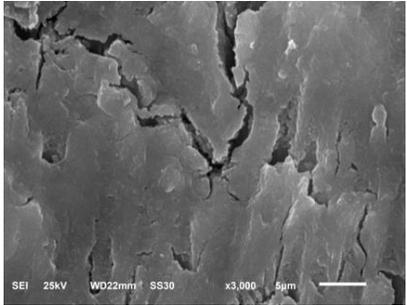
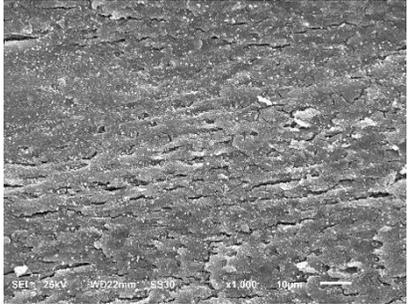
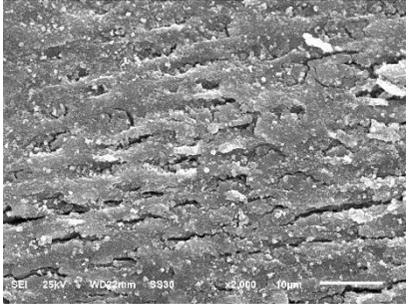
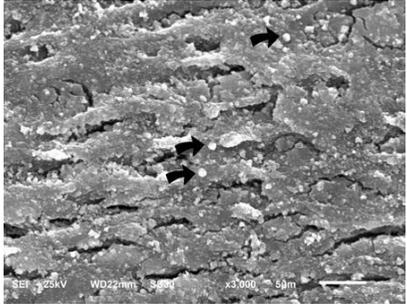
Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos de tratamento, em nenhum momento de análise, com exceção dos resultados relativos ao Potencial Remineralizador. Este é o resultado proveniente da

alteração de microdureza após o tratamento com as soluções testadas em relação ao tecido cariado.

Os valores de microdureza demonstram que, após a cárie, houve grande diminuição da microdureza em todos os grupos. Após o tratamento, esses valores não conseguiram alcançar os valores de microdureza da dentina hígida, traduzidos pelos valores negativos, sem diferença em relação aos valores de microdureza após a cárie. Após 30 dias do tratamento, os valores de microdureza continuaram semelhantes à dentina cariada e após tratamento. Porém, nos valores descritos como Potencial Remineralizador, houve diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) em relação aos tempos anteriores para todos os grupos tratados, independente do tipo de tratamento realizado. Os valores do grupo Controle, quanto ao potencial remineralizador, são diferentes ($p > 0,05$) dos demais grupos testados.

Análise morfológica superficial (MEV)

A Figura 38 contém as imagens realizadas em microscopia eletrônica de varredura (MEV) da dentina hígida, cariada e após os tratamentos com os materiais testados.

Substrato	1000x	2000x	3000x
Dentina hígida	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x1,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x2,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x3,000 5µm</p>
Dentina cariada	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x1,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x2,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x3,000 5µm</p>
DFP12%+KI	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x1,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x2,000 10µm</p>	 <p>SEI 25kV WD22mm SS30 x3,000 5µm</p>

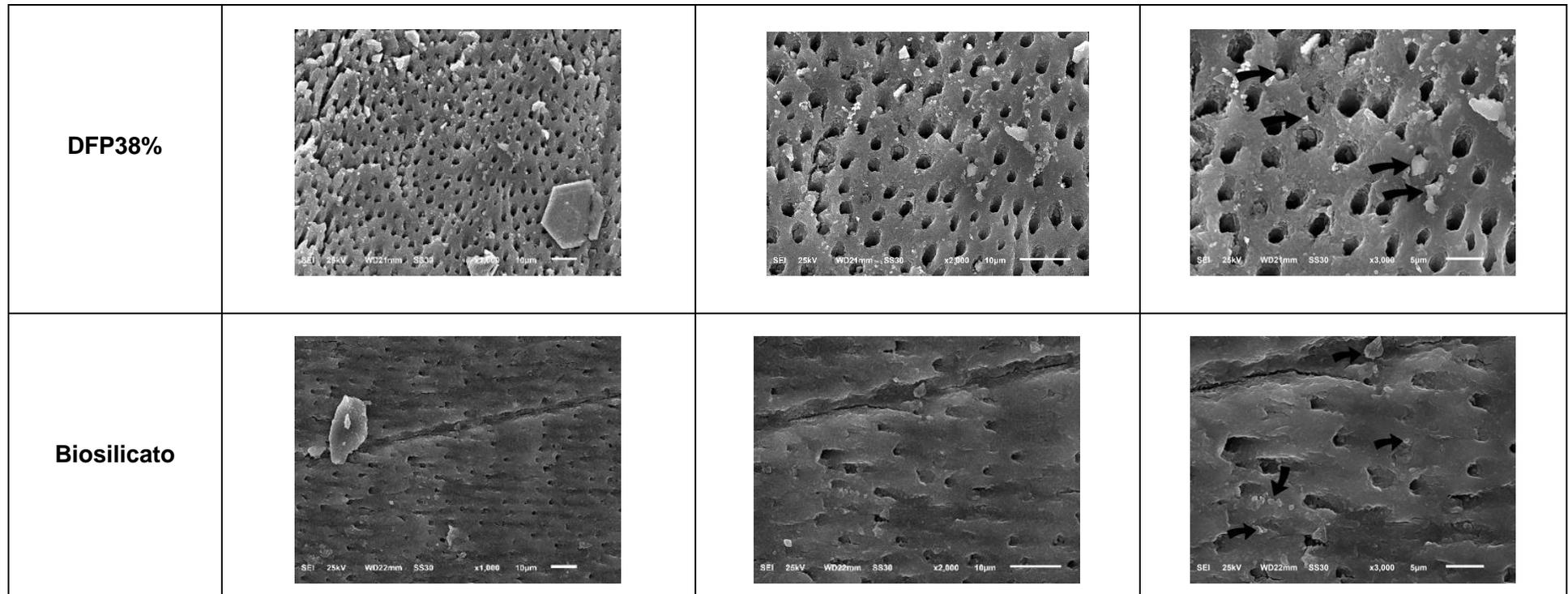


Figura 38 - Imagens realizadas em microscopia eletrônica da varredura (MEV) da dentina hígida, cariada e após os tratamentos com os materiais testados em diferentes aumentos. Em DFP12%+KI e DFP38% as setas indicam formação de cristais de prata. Em Bio, as setas indicam a presença de cristais de vitrocerâmica.

A dentina hígida tem o aspecto desorganizado, porque o fragmento foi cortado e planificado com lixas d'água, sendo possível verificar algumas ranhuras na superfície das amostras, demonstrando o sentido em que essas lixas foram aplicadas para planificação e padronização da smear layer. A dentina cariada tem um aspecto de escama, como se o tecido tivesse a possibilidade de ser curetado da superfície.

A dentina tratada com DFP12%+KI e DFP38% apresentam aspecto muito semelhante. Ambos substratos apresentam na superfície imagens indicativas de formação de precipitados de cristais de prata, sendo que em DFP12+KI a imagem demonstra mais cristais que DFP38%. O substrato tratado com Biosilicato apresenta na superfície alguns cristais do produto.

5. Discussão

5. DISCUSSÃO

Este estudo teve por objetivo avaliar a estabilidade de cor e microdureza da dentina cariada tratada com DFP e Biosilicato, restaurada com Z350 ou CIVMR. Partiu-se de duas hipóteses: a primeira de que os tratamentos com DFP causariam maior alteração de cor que os dentes tratados com Biosilicato; e a segunda de que não haveria diferença na microdureza da dentina, independente do tratamento do substrato.

A análise dos resultados do estudo permite rejeitar a primeira hipótese, pois não houve diferença na estabilidade de cor entre os grupos, independente do tratamento realizado, com exceção apenas à alteração de cor de CIVMR tratado com DFP38%, que foi maior do que quando tratado com Biosilicato. Quanto à segunda hipótese, ela deve ser aceita pois, apesar de ter tido diminuição de microdureza após cárie, não houve alteração significativa na microdureza entre todos os tratamentos realizados.

O DFP é um agente para prevenção/tratamento da doença cárie e pode ser encontrado em diferentes concentrações: 12%, 30% e 38%. A concentração de 38% tem sido descrita como a que apresenta maior eficiência.^{13,51,52} O componente do flúor do produto aumenta a resistência da estrutura dental sob ataque dos subprodutos ácidos do metabolismo bacteriano,^{17,53} diminuindo a sua solubilidade.⁵⁴

A maioria dos estudos relatam superioridade na eficiência do DFP 38%, porém Braga et al (2009)⁵⁵ relataram resultados positivos com DFP 12%. Assim, no presente estudo decidimos por utilizar duas concentrações de DFP (12% e 38%) devido à constante preocupação sobre os efeitos das altas concentrações de fluoreto que poderiam levar a fluorose dental, quanto utilizado por crianças.⁵⁶

Apesar de sua eficiência, o DFP apresenta como maior desvantagem a alteração de cor do substrato tornando-o enegrecido na superfície da dentina afetada devido à precipitação do fosfato de prata e, eventualmente sulfeto de prata⁴⁶ e isso tem impacto não só na estética do paciente como na aceitação do tratamento, principalmente dos pais em relação aos tratamentos dos seus filhos com esse produto.^{54,57,58} Vários estudos foram realizados para verificar a

aceitação de pais sobre o uso do DFP que relatam uma preocupação inicial dos pais quanto aos fatores principalmente psicológicos envolvendo a estética dos dentes das crianças.^{54,59,60} Entretanto, esse fator é diminuído quando os pais percebem que o tratamento com DFP traz mais benefícios, principalmente quanto ao manejo mais fácil e menor custo, que o efeito secundário envolvendo a estética dental.^{54,60}

A fim de diminuir esse efeito adverso, Knight et al (2006)⁶¹ propuseram o uso de um sal, o iodeto de potássio, como tratamento adicional da superfície tratada com DFP. O iodeto de potássio (KI) reage com os íons de prata remanescentes do fluoreto de prata produzindo iodeto de prata,⁶¹ um precipitado amarelo, e prevenindo a formação de fosfato de prata¹¹ diminuindo o manchamento do substrato dental. Desde então, vários estudos têm sido realizados com a associação de DFP e KI.^{11,28,61-63}

No presente estudo optamos por testar as duas concentrações de DFP com a presença do KI, considerando os resultados encontrados na literatura quanto à alteração de cor^{46,64} e a importância de manutenção da estética para pacientes e familiares. Ressalte-se que o DFP38% usado no presente estudo tem na sua composição o KI incorporado pelo fabricante.

O Biosilicato é uma vitrocerâmica bioativa cristalizada que apresenta em sua composição 23.75Na₂O-23.75CaO-48.5SiO₂-4P₂O₅ (%peso).³² O Biosilicato apresenta formação de hidroxicarbonatoapatita quando na presença de fluidos corporais, produzindo remineralização de tecidos duros.⁶⁵⁻⁶⁷ Além disso, há vários relatos na literatura quanto ao seu uso em Odontologia, incluindo estudos quanto ao tratamento da hipersensibilidade dentinária^{68,69} e em substrato dentinário cariado, com resultados positivos para remineralização.⁷⁰⁻⁷² Sua utilização sobre o substrato dental, na forma de solução, não produz nenhuma alteração de cor. Assim, uma das hipóteses do presente estudo era que os substratos tratados com Biosilicato não produziria efeito adverso na dentina, como o DFP, o que realmente ocorreu, como demonstram os resultados.

Todas as amostras para análise de cor foram submetidas à ciclagem termomecânica (CTM), simulando o uso clínico do material na cavidade bucal.

Estudos relatam que a utilização do KI sobre o DFP não produz efeitos a longo prazo, ocorrendo a alteração de cor do substrato ao longo do tempo.^{20,59} Dessa forma, a realização da CTM teve como objetivo simular o efeito da mastigação e da ação da temperatura sobre a restauração. A mesma justificativa vale para a realização das leituras de cor após 30 dias da CTM, considerando que a reação de KI+DFP poderia ser revertida após um tempo da CTM e o efeito sobre a alteração de cor da restauração poderia ser diferente.

Os tratamentos não foram testados em grupos sem CTM porque entendeu-se que o comportamento do DFP nessas situações já está bem estabelecido.^{10,29,73,74} Entretanto, não foram encontrados estudos na literatura com a simulação da mastigação em dentes restaurados. Trata-se de uma situação clínica diferente do uso do DFP em dentes sem restaurações associadas em estudos clínicos.⁷⁵

O momento da leitura de cor foi significativo para a alteração de cor das amostras tratadas com DFP38% e grupo Controle restauradas com resina composta e tratados com DFP12%+KI e grupo Controle restaurados com CIVMR, com maior alteração após 30 dias da CTM. Para todos os grupos não houve diferença significativa entre as amostras submetidas a CTM e após 30 dias da CTM. Não houve diferença na alteração de cor entre as concentrações de DFP (12% e 38%), resultados semelhantes a Patel et al (2018)⁴⁶.

O efeito do KI em longo prazo é discutido.^{20,28,46} Turton et al (2020)⁷⁶ encontraram ausência de escurecimento em amostras após 6 meses de tratamento com DFP+KI em 25% dos casos. No presente estudo, a CTM corresponde à simulação de cinco anos de uso clínico^{77,78} e por isso pode ser analisada como um tratamento em longo prazo. Após CTM, os resultados do grupo DFP38% restaurados com resina composta são mais baixos que os encontrados para o grupo Controle. Assim, a alteração de cor deste grupo não poderia ser em razão da precipitação dos íons de prata. Entretanto, após 30 dias da CTM houve aumento da alteração de cor em relação aos resultados imediatamente após a CTM. No caso do grupo DFP12%+KI restaurado com CIVMR seus resultados maiores foram após 30 dias da CTM.

Isso pode ser justificado porque o iodeto de prata, que é formado após a aplicação do KI sobre o DFP, é altamente fotossensível. Assim, ele pode se dissociar em prata e iodeto pela exposição à luz.²⁶ Quanto ao grupo DFP38% restaurado com CIVMR, verifica-se que a maior alteração de cor ocorreu após a CTM. Nesse caso, a fotossensibilidade do iodeto de prata pode ter ocasionado esta alteração, pois essa reação à luz pode ser imediata ao tratamento, como esclareceu Nguyen et al (2017)²⁸, que explicam que mesmo CIVs com presa química podem sofrer escurecimento das margens apenas pela ação da luz ambiente.

A leitura de cor dessas amostras foi realizada com um equipamento que emite luz e sua reflexão quantifica as coordenadas L*, a* e b*. A luz do espectrofotômetro pode ter causado essa dissociação dos constituintes, resultando em aumento da alteração de cor após 30 dias da CTM. Deve ser mencionado, porém, que a quantidade de KI aplicado sobre DFP pode influenciar essa ligação.⁷⁹ Assim, uma quantidade insuficiente de iodeto pode levar a um excesso de íons de prata, que pode causar maior manchamento do substrato.⁷⁹

O grupo Controle apresenta como tratamento do substrato apenas o uso do sistema adesivo. As alterações de cor desse grupo são resultado apenas da alteração de cor do material restaurador. A resina composta é um material restaurador que apresenta sorção de água.⁸⁰Essa propriedade faz com que o material absorva os líquidos em que são inseridos ou que estão em contato. Sendo submetida à CTM e à ação da água, esta penetra entre as cadeias poliméricas da resina composta e altera a reflexão e difração de luz em seu interior, resultando em leituras com alteração de cor.⁸¹

Quanto aos cimentos de ionômero de vidro modificados por resina (CIVMR), houve maior alteração de cor para DFP38%+KI em relação a todos os outros grupos após CTM. Após 30 dias da CTM, o Biosilicato apresentou menor alteração de cor que o grupo Controle, semelhante aos demais grupos.

O CIVMR é um material que também tem em sua composição uma porção polimérica, principalmente Bis-GMA e TEGDMA. Assim, esse material também está sujeito à sorção de água à semelhança da resina composta. Entretanto, o

CIVMR apresentou maior alteração de cor que a resina composta, quando tratados com DFP38% e Biosilicato, após CTM, e em todos os grupos após 30 dias da CTM, com exceção do grupo tratado com Biosilicato. Isso pode ser justificado porque o CIV é um material hidrofílico,⁸² o que aumenta a sorção de água por esse material, resultando em maior alteração de cor.^{83,84}

De forma geral, após 30 dias da CTM, os grupos restaurados com CIVMR apresentaram maior alteração de cor que os restaurados com resina composta, com exceção dos dentes tratados com Biosilicato, que não apresentou diferença em função do material restaurador. Esses dados podem ser justificados porque a resina composta tem em sua composição as partículas de carga que, dentre outras funções, colaboram para a dispersão de luz no interior da restauração,⁸⁵ resultando em maior mimetização da cor do dente natural que o CIV. Assim, a resina composta pode, além de mascarar qualquer alteração de cor que ocorra na parede pulpar do preparo cavitário, permite maior dispersão da luz pelas partículas de carga, resultando em menor alteração de cor que o CIV.

Importante ressaltar que, ao longo do tempo, o material restaurador utilizado se torna indiferente para a alteração de cor da restauração quando o substrato é tratado com Biosilicato, conforme demonstrado pelos resultados da Figura 1. Assim, independente do material restaurador utilizado, o Biosilicato apresenta a mesma característica estética após 30 dias da CTM.

As alterações de cor das restaurações são sempre resultado das alterações das coordenadas L^* , a^* e b^* que compõem a cor.⁸⁶ Assim, é possível verificar que as alterações de cor ocorridas para os diferentes grupos resultaram de escurecimento, resultados semelhantes a Patel et al (2018)⁴⁶, e amarelamento das amostras. Quanto à coordenada a^* o comportamento foi dependente do material restaurador: as amostras restauradas com CIVMR, independente do tratamento do substrato, resultaram em diminuição do croma vermelho das amostras, depois dos tratamentos mecânico e térmico (CTM). As amostras restauradas com resina composta resultaram em pequena alteração positiva de a^* , traduzidas por um pequeno avermelhamento das restaurações.

Para analisar a eficiência do DFP sobre o tecido dentinário, quanto à administração do processo de cárie, esse estudo testou a microdureza da dentina após ter sido submetida à cárie artificial, que é um processo químico, no qual a dentina é submetida à ação de soluções desmineralizante, com ácido láctico em pH final 5,0, por 14 dias. Esse protocolo tem sido utilizado em diversos estudos na literatura,^{45,87} bem como a medida de microdureza tem sido utilizada como análise das alterações de superfície após remineralização e desmineralização.⁸⁸ Estudos tem demonstrado que as alterações na microdureza da dentina estão diretamente relacionadas ao seu conteúdo mineral.^{89,90} Sendo assim, medir a microdureza é um método indireto razoável para o exame do conteúdo mineral da dentina.

Os resultados do presente estudo demonstraram que o processo de cárie artificial, a que as amostras foram submetidas, teve efeito similar em todos os grupos, evidenciado pela ausência de diferença estatística entre os grupos (Tabela 4) e pelas imagens em MEV (Figura 5).

O mecanismo de ação do DFP tem sido considerado como sendo devido às suas propriedades anticariogênicas,^{91,92} habilidade de aumentar a microdureza ou reduzir a perda mineral dos tecidos dentais.^{89,93}

Após os tratamentos propostos foi demonstrado que a microdureza da dentina, para todos os grupos, não retornou ao nível inicial de microdureza sem desmineralização e não houve diferença entre as médias de microdureza relativa em relação aos tempos de análise das amostras, indicando que o tecido dentinário permanecia alterado. Entretanto, a fim de analisarmos a diferença de microdureza relativa ao tratamento realizado, ou seja, a diferença de microdureza após a cárie e após o tratamento, verificou-se que todos os grupos tratados apresentavam efeito positivo, porém sem diferença entre os grupos, permitindo aceitar a hipótese do estudo. Assim, é possível demonstrar que houve alguma remineralização do tecido dentinário tratado com as soluções.

Agentes remineralizantes têm efeito diferente dependendo do pH em que são aplicados. É aceito que o sistema de liberação de fluoreto é eficiente em níveis de baixo pH.^{94,95} Entretanto, tanto o DFP quanto o Biosilicato são alcalinos

e seus mecanismos podem ser diferentes dos produtos com fluoreto em ambiente ácido.

A ação do DFP sobre a dentina pode ser explicada por três mecanismos. O pH do DFP é 10. Essa condição favorece a formação de fluorapatita.¹⁷ Além disso, o fluoreto protege a matriz orgânica da dentina por dois possíveis mecanismos. As fibrilas colágenas expostas são sujeitas à atividade das enzimas protease. Os cristais minerais podem blindar a molécula de colágeno, pela adesão do cálcio nos sítios de ligação. A dentina tratada por DFP exibe menos fibrilas colágenas desprotegidas.

O segundo mecanismo é baseado no forte efeito inibitório do íon fluoreto nas MMPs 2, 8 e 9. Catpsinas B e K são também inibidas pelo fluoreto. Esse efeito inibitório tem ação nos primeiros minutos de ligação dos íons Zinco e Cálcio, necessárias para a ativação das MMPs.⁹⁶

Além disso, o pH alcalino do DFP pode impedir a ativação das catepsinas e MMPs.⁹⁷ Íons fosfatos também formam ligações covalentes com o colágeno quando em pH alcalino, levando a ligação dos íons cálcio, resultando em uma nucleação da apatita.⁹⁶

O Biosilicato também aumenta o pH do meio quando reage com o tecido. Sua dissociação nos fluidos corporais leva a um pH em torno de 9,0 a 10.³² Assim, as alterações que ocorrem com o DFP também ocorrem para o Biosilicato. Entretanto, a deposição de hidroxycarbonoapatita na superfície mineralizada é mais demorada após tratamento com Biosilicato, pois depende do processo de agregação do biomaterial, seguido da formação dos grupos silanóis e captação do cálcio adjacente, para determinar a remineralização.⁹⁸ Dessa forma, é preciso um maior tempo de ação do Biosilicato para a remineralização do tecido dental. O tempo de reação do Biosilicato para remineralização pode justificar os resultados de microdureza relativa maior após 30 dias, em relação aos potencial remineralizador inicial (Tabela 4).

O terceiro mecanismo de reforço do tecido dental pelo DFP é o endurecimento da dentina desmineralizada.^{97,99} O fosfato de prata, relativamente insolúvel, e o precipitado de iodeto de prata contribuem para o endurecimento

da dentina desmineralizada.^{97,99} Nesse sentido, o aumento da dureza do tecido cariado paralisado pelo DFP ocorre parcialmente devido à reação com a prata e a remineralização mediada pelo fluoreto.¹⁰⁰ A aplicação do DFP é eficiente para recuperar as propriedades mecânicas da dentina que sofreu alguma desmineralização,⁶³ como pode ser visto nos resultados do presente estudo.

O DFP pode penetrar em uma profundidade de 50-200 µm em dentina. A liberação de fluoreto do DFP pode penetrar em dentina mais do que em esmalte.⁶ Entretanto, quando há a prata associada, seu efeito sinérgico pode ser relativamente menor.¹⁰¹ Assim, a alteração de microdureza da dentina tratada com DFP no presente estudo pode ser justificada pela deposição de íons de prata.

A solução de DFP a 38% tem concentração de cerca de 25.8703 ppm de prata e 44.800 ppm de flúor.⁵³ O DFP 12% tem 14.150 ppm de flúor.⁷⁵ Quanto maior a concentração de fluoreto, maior a microdureza de amostras.¹⁰² Quanto à comparação da concentração de fluoreto no DFP (12 ou 38%), os resultados do presente estudo demonstram que não houve diferença entre os materiais ($p > 0,05$), resultados diferentes dos encontrados por Fung et al (2018) e Mei et al, que recomendaram maior concentração de DFP para alcançar maior eficiência.^{55,103,104}

Estudos in vitro demonstraram que o DFP e a hidroxiapatita formam fluoreto de cálcio e fosfato de prata em meio básico.²⁷ O fluoreto de cálcio age como um reservatório de fluoreto durante o processo cariogênico, liberando íons fluoreto para as áreas adjacentes e proporcionando regulação do pH. Além disso, íons de hidrogênio fosfatado (HPO_4)-2 facilitam a conversão de fluoreto de cálcio em fluorapatita. Entretanto, o fosfato de prata se dissolve muito mais facilmente que a hidroxiapatita e a fluorapatita e funciona como um reservatório de íons fosfato⁷⁴ e isso torna possível a conversão do fluoreto de cálcio em fluorapatita.¹⁰⁵

Entretanto, a forma de atuação do DFP não é somente sobre o tecido dental. Ele também apresenta efeito antibacteriano,²¹ o que auxilia na paralisação dos processos de cárie pela modificação do biofilme.

Os íons de prata inibem a formação do biofilme pela inativação e interferência com a síntese bacteriana de polissacarídeos celulares. A prata interfere com as enzimas glicosiltransferase que sintetizam glucano, que é o maior componente do biofilme.¹⁰⁶ O glucano cria a adesão do biofilme e resiste ao tratamento microbiano.¹⁰⁴ Os íons fluoreto do DFP também contribuem para sua efetividade.

Materiais com ação remineralizadora em potencial tem indicação cada vez maior em Odontologia, devido à disseminação globalizada da filosofia minimamente invasiva para remoção seletiva do tecido cariado. Pelos resultados do presente estudo, verifica-se que todos os materiais testados são uma opção para o tratamento da doença cárie, apesar das limitações que apresentam, como o escurecimento da dentina que ocorre pelo DFP. O Biosilicato, em relação à estética, poderia ser uma ótima opção, mas é preciso tempo para que o tecido dentinário possa ser remineralizado de forma significativa. Assim, ambos apresentam prós e contras.

Apesar disso, é importante ressaltar que a doença cárie é muito prevalente no mundo inteiro. Milhões de pessoas ao redor do planeta podem vivenciar essa doença. Países com menor taxa de desenvolvimento têm maior incidência de cárie e essas pessoas são as que tem menor acesso ao dentista.³⁰ Adicionalmente a isso, o tratamento das lesões de cárie pode ser traumático para crianças e idosos institucionalizados, o que dificulta ainda mais o acesso a tratamentos conservadores. Assim, a busca por materiais que auxiliam pacientes e profissionais, no acesso e na qualidade do tratamento, podem ser a chave para uma Odontologia mais inclusiva e menos mutilante.

6. Conclusões

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados no presente estudo, podemos concluir que:

1. Os tratamentos da dentina com DFP e Biosilicato podem causar alteração de cor da restauração de resina composta e cimento de ionômero de vidro modificado por resina, em relação ao grupo Controle (sem tratamento).
2. A CTM é um fator significativo para a alteração de cor de resina composta tratada com DFP 38% e CIVMR tratado com DFP12%+KI, além do grupo Controle.
3. A alteração de cor do CIVMR é maior quando a dentina é tratada com DFP38% do que com resina composta após a CTM.
4. A alteração de cor da restauração final é material e tempo-dependente
5. Não houve diferença na microdureza dos dentes tratados e nem no potencial remineralizador dos agentes remineralizadores.

7. Referências

7. REFERÊNCIAS

1. Zhao IS, Gao SS, Hiraishi N, et al. Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: a literature review. *Int Dent J*. 2018;68:67-76. doi:10.1111/idj.12320
2. Crocombe LA, Stewart JF, Brennan DS, Slade GD, Spencer AJ. Is poor access to dental care why people outside capital cities have poor oral health? *Aust Dent J*. 2012;57(4):477-485. doi:10.1111/adj.12000
3. Magalhães AC, Rios D, Wang L, Buzalaf MAR. *Cariologia: Da Base à Clínica*. 1ª. (Editora Manole, ed.). São Paulo; 2021.
4. Pitts NB, Zero DT, Marsh PD, et al. Dental caries. *Nat Rev Disease Prim*. 2017;3(1):1-16. doi:10.1038/nrdp.2017.30
5. Banerjee A. Minimal intervention dentistry: part 7 . Minimally invasive operative caries management: rationale and techniques. *Br Dent J*. 2013;214(3):107-111. doi:10.1038/sj.bdj.2013.106
6. Horst JA, Ellenikiotis H, Comiitte USCA, Milgrom PM. UCSF Protocol for Caries Arrest Using Silver Diamine Fluoride: Rationale, Indications, and Consent. *J Calif Dent Assoc*. 2016;44(1):16-28.
7. Balalaie A, Rezvani MB, Basir MM. Dual function of proanthocyanidins as both MMP inhibitor and crosslinker in dentin biomodification : A literature review. *Dent Mater J*. 2018;37(2):173-182. doi:10.4012/dmj.2017-062
8. Çolak H, Dülgergil ÇT, Dalli M, Hamidi MM. Early childhood caries update : A review of causes , diagnoses , and treatments. *J Nat Sci Biol Med*. 2013;4(1):29-38. doi:10.4103/0976-9668.107257
9. Listl S, Galloway J, Mossey PA, Marcenes W. Global Economic Impact of Dental Diseases. *J Dent Res*. 2015;94(10):1355-1361. doi:10.1177/0022034515602879
10. Seifo N, Robertson M, MacLean J, et al. The use of silver diamine fluoride (SDF) in dental practice. *Br Dent J*. 2020;228(2):75-81. doi:10.1038/s41415-020-1203-9

11. Haiat A, Ngo HC, Samaranayake LP, Fakhruddin KS. The effect of the combined use of silver diamine fluoride and potassium iodide in disrupting the plaque biofilm microbiome and alleviating tooth discoloration: A systematic review. *PLoS One*. 2021;16:1-18. doi:10.1371/journal.pone.0252734
12. Banerjee A. Minimal intervention dentistry: Part 7. Minimally invasive operative caries management: Rationale and techniques. *Br Dent J*. 2013;214(3):107-111. doi:10.1038/sj.bdj.2013.106
13. Gao SS, Zhao IS, Hiraishi N, et al. Clinical Trials of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries among Children : A Systematic Review. *JDR Clin Transl Res*. 2016;1(3):201-210. doi:10.1177/2380084416661474.
14. Stein C, Santos NML, Hilgert JB, Hugo FN. Effectiveness of oral health education on oral hygiene and dental caries in schoolchildren : Systematic review and. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2018;46:30-37. doi:10.1111/cdoe.12325
15. Nguyen V, Neill C, Felsenfeld J, Primus C. Potassium Iodide . The Solution to Silver Diamine Fluoride Discoloration? *Adv Dent Oral Heal*. 2017;5(1):555655. doi:10.19080/ADOH.2017.05.555655
16. Nelson T. Silver Diamine Fluoride in Pediatric Dentistry Training Programs: Survey of Graduate Program Directors. *Pediatr Dent*. 2016;38(3):212-217.
17. Mei ML, Nudelman F, Marzec B, et al. Formation of Fluorohydroxyapatite with Silver Diamine Fluoride. *J Dent Res*. 2017;96(10):1122-1128. doi:10.1177/0022034517709738
18. Chu CH, Lo ECM, Lin HC. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children. *J Dent Res*. 2002;81(11):767-770. doi:10.1177/154405910208101109
19. Contreras V, Toro MJ, Elias-Boneta AR, Encarnación-Burgos A. Effectiveness of silver diamine fluoride in caries prevention and arrest: a systematic literature review. *Gen Dent*. 2017;65(3):22-29.

20. Li R, Lo ECM, Liu BY, Wong MCM, Chu CH. Randomized clinical trial on arresting dental root caries through silver diammine fluoride applications in community-dwelling elders. *J Dent.* 2016;51:15-20. doi:10.1016/j.jdent.2016.05.005
21. Mei ML, Chu CH, Low KH, Che CM, Lo ECM. Caries arresting effect of silver diamine fluoride on dentine carious lesion with *S. mutans* and *L. acidophilus* dual-species cariogenic biofilm. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013;18(6):2-9. doi:10.4317/medoral.18831
22. Mei ML, Li Q, Chu C-H, Chin-Man LE, and Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2013;12(4). doi:10.1186/1476-0711-12-4
23. Timms L, Sumner O, Deery C, Rogers HJ. Everyone else is using it , so why isn ' t the UK ? Silver diamine fluoride for children and young people. *Community Dent Health.* 2020;37:143-149. doi:10.1922/CDH
24. Huang W, Shahid S, Anderson P. Applications of silver diamine fluoride in management of dental caries. *Adv Dent Biomater.* 2019:675-699. doi:10.1016/B978-0-08-102476-8.00023-2
25. Rabelo Buzalaf MA, Peliem Pessan J, Marques Honório H, Ten Cate J. Mechanisms of Action of Fluoride for Caries Control. *Monogr Oral Sci.* 2011;22:97-114.
26. Zhao IS, Chu S, Yu OY, Mei ML, Chu CH, Lo ECM. Effect of silver diamine fluoride and potassium iodide on shear bond strength of glass ionomer cements to caries-affected dentine. *Int Dent J.* 2019;69(5):341-347. doi:10.1111/idj.12478
27. Rosenblatt A, Stamford TCM, Niederman R. Silver Diamine Fluoride : A Caries "Silver-Fluoride Bullet." *J Dent Res.* 2009;88(2):116-125. doi:10.1177/0022034508329406
28. Nguyen V, Neill C, Dds JF, Primus C. Potassium Iodide . The Solution to Silver Diamine Fluoride Discoloration ? *Adv Dent Oral Heal.* 2017;5(1):1-6. doi:10.19080/ADOH.2017.05.5555655

29. Sorkhdini P, Gregory RL, Crystal YO, Tang Q, Lippert F. Effectiveness of in vitro primary coronal caries prevention with silver diamine fluoride - Chemical vs biofilm models. *J Dent.* 2020;99:103418. doi:10.1016/j.jdent.2020.103418
30. Roberts A, Bradley J, Merkley S, Pachal T, Gopal J V, Sharma D. Does potassium iodide application following silver diamine fluoride reduce staining of tooth? A systematic review. *Aust Dent J.* 2020;65:109-117. doi:10.1111/adj.12743
31. Toledano M, Aguilera FS, Sauro S, Cabello I, Osorio E, Osorio R. Load cycling enhances bioactivity at the resin-dentin interface. *Dent Mater.* 2014;30(7):e169-e188. doi:10.1016/j.dental.2014.02.009
32. Crovace MC, Souza MT, Chinaglia CR, Peitl O, Zanotto ED. Biosilicate® - A multipurpose, highly bioactive glass-ceramic. in vitro, in vivo and clinical trials. *J Non Cryst Solids.* 2016;432:90-110. doi:10.1016/j.jnoncrysol.2015.03.022
33. Varanasi VG, Owyong JB, Saiz E, Marshall SJ, Marshall GW, Loomer PM. The ionic products of bioactive glass particle dissolution enhance periodontal ligament fibroblast osteocalcin expression and enhance early mineralized tissue development. *J Biomed Mater Res - A.* 2011;98A(2):177-184. doi:10.1002/jbm.a.33102
34. Pires-de-Souza FDCP, Marco FF de, Casemiro LA, Panzeri H. DESENSITIZING BIOACTIVE AGENTS IMPROVES BOND STRENGTH OF INDIRECT RESIN-CEMENTED RESTORATIONS: PRELIMINARY RESULTS. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(2):120-126.
35. Yang SY, Piao YZ, Kim SM, Lee YK, Kim KN, Kim KM. Acid neutralizing, mechanical and physical properties of pit and fissure sealants containing melt-derived 45S5 bioactive glass. *Dent Mater.* 2013;29(12):1228-1235. doi:10.1016/j.dental.2013.09.007
36. Upadhyay S, Rao A, Shenoy R. Comparison of the Amount of Fluoride Release from Nanofilled Resin Modified Glass Ionomer , Conventional and Resin Modified Glass Ionomer Cements. *J Dent.* 2013;10(2):134-140.

37. Yoshida Y, VanMeerbeek B, Nakayama Y, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res.* 2000;79(2):709-714. doi:10.1177/00220345000790020301
38. Ngo H, Opsahl-Vital S. Minimal intervention dentistry II : part 7 . Minimal intervention in cariology : the role of glass-ionomer cements in the preservation of tooth structures against caries. *Br Dent J.* 2014;216(10):561-565. doi:10.1038/sj.bdj.2014.398
39. Yli-Urpo H, Närhi M, Närhi T. Compound changes and tooth mineralization effects of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4), an in vivo study. *Biomaterials.* 2005;26(30):5934-5941. doi:10.1016/j.biomaterials.2005.03.008
40. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials-Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater.* 2007;23(3):343-362. doi:10.1016/j.dental.2006.01.022
41. Osorio E, Fagundes T, Navarro MF, et al. A novel bioactive agent improves adhesion of resin-modified glass-ionomer to dentin. *J Adhes Sci Technol.* 2015;29(15):1543-1552. doi:10.1080/01694243.2015.1030897
42. Reis A, Loguercio AD, De Goés MF. Resinas compostas. In: *Materiais Dentários Diretos- Dos Fundamentos à Aplicação Clínica.* 2ª Edição. Editora Santos; 2021:99-141.
43. Ferracane JL. Resin composite - State of the art. *Dent Mater.* 2011;27(1):29-38. doi:10.1016/j.dental.2010.10.020
44. Miyashita E, Fonseca AS. Odontologia estética: o estado da arte. In: *Latinoamericanas EA médicas,* ed. São Paulo; 2005:1-35.
45. Moron BM. Comparação entre diferentes métodos para produção e análise de lesão de cárie artificial em esmalte e dentina. 2011.
46. Patel J, Anthonappa RP, King NM. Evaluation of the staining potential of silver diamine fluoride: invitro. *Int J Paediatr Dent.* 2018;28(5):514-522. doi:10.1111/ipd.12401

47. De Boever JA, Mccall WDJ, Holden S, Ash MMJ. Functional occlusal forces: An investigation by telemetry. *J Prosthetic Dent.* 1978;40(3):326-333.
48. Fontijn-Tekamp FA, Slagter AP, Bilt A Van Der, et al. Biting and Chewing in Overdentures , Full Dentures , and Natural Dentitions. *J Dent Res.* 2000;79(7):1519-1524.
49. Komine F, Tomic M, Gerds T, Strub JR. Influence of different adhesive resin cements on the fracture strength of aluminum oxide ceramic posterior crowns. *J Prosthet Dent.* 2004;92(4):359-364. doi:10.1016/j.prosdent.2004.07.018
50. Sharma G, Wu W, Dalal EN. The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. *Color Res Appl.* 2005;30(1):21-30. doi:10.1002/col.20070
51. Crystal YO, Niederman R. Evidence-Based Dentistry Update on Silver Diamine Fluoride. *Dent Clin North Am.* 2019;63(1):45-68. doi:10.1016/j.cden.2018.08.011
52. Chibinski AC, Wambier LM, Feltrin J, Loguercio AD, Wambier DS, Reis A. Silver Diamine Fluoride Has Efficacy in Controlling Caries Progression in Primary Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Caries Res.* 2017;51(5):527-541. doi:10.1159/000478668
53. Punhagui M, Jussiani E, Andrello A, et al. Effect of application time and concentration of silver diamine fluoride on the enamel remineralization. *J Clin Exp Dent.* 2021;13(7):3-8. doi:10.4317/jced.58318
54. Crystal YO, Kreider B, Raveis VH. Parental expressed concerns about silver diamine fluoride (SDF) treatment. *J Clin Pediatr Dent.* 2019;43(3):155-160. doi:10.17796/1053-4625-43.3.2
55. Braga MM, Mendes FM, De Benedetto MS, Imperato JCP. Effect of Silver Diammine Fluoride on Incipient Caries Lesions in Erupting Permanent first Molars: A Pilot Study. *J Dent fo.* 2009;76:28-33.
56. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized

- Clinical Trial of 12% and 38% Silver Diamine Fluoride Treatment. *J Dent Res.* 2018;97(2):171-178. doi:10.1177/0022034517728496
57. Pani SC, Al-Saffan A, AlHobail S, Salem F Bin, AlFuraih A, AlTamimi M. Esthetic concerns and acceptability of treatment modalities in primary teeth: A comparison between children and their parents. *Int J Dent.* 2016;2016:1-5.
58. Kavand G, Broffitt B, Levy SM, Warren JJ. Comparison of dental esthetic perceptions of young adolescents and their parents. *J Public Health Dent.* 2012;72(2):164-171. doi:10.1111/j.1752-7325.2011.00306.x
59. Vennela E, Sharada J, Hasanuddin S, Suhasini K, Hemachandrika I, Singh PT. Comparison of staining potential of silver diamine fluoride versus silver diamine fluoride and potassium iodide under tooth - colored restorations : An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2021;39(1):47-52. doi:10.4103/jisppd.jisppd
60. Crystal YO, Janal MN, Hamilton DS, Niederman R. Parental perceptions and acceptance of silver diamine fluoride staining. *J Am Dent Assoc.* 2017;148(7):510+. doi:10.1016/j.adaj.2017.03.013
61. Knight GM, McIntyre JM, Mulyani. The effect of silver fluoride and potassium iodide on the bond strength of auto cure glass ionomer cement to dentine. *Aust Dent J.* 2006;51(1):42-45. doi:10.1111/j.1834-7819.2006.tb00399.x
62. Garg S, Sadr A, Chan D. Potassium Iodide Reversal of Silver Diamine Fluoride Staining : A Case Report. *Oper Dent.* doi:10.2341/17-266-S
63. Cai J, Burrow MF, Manton DJ, Tsuda Yuka and Sobh EG, Palamara JEA. Effects of silver diamine fluoride/potassium iodide on artificial root caries lesions with adjunctive application of proanthocyanidin. *ACTA Biomater.* 2019;88:491-502. doi:10.1016/j.actbio.2019.02.020
64. Fung MHT, Duangthip D, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Randomized Clinical Trial of 12 % and 38 % Silver Diamine Fluoride Treatment. *J Dent Res.* 2018;97(2):171-178. doi:10.1177/0022034517728496

65. Granito RN, Rennó AC, Ravagnani C, et al. In vivo biological performance of a novel highly bioactive glass-ceramic (Biosilicate®): A biomechanical and histomorphometric study in rat tibial defects. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. 2011;97 B(1):139-147. doi:10.1002/jbm.b.31795
66. Azenha MR, Peitl O, Barros VM da R. Bone response to biosilicates® with different crystal phases. *Braz Dent J*. 2010;21(5):383-389. doi:10.1590/s0103-64402010000500001
67. Roriz VM, Rosa AL, Peitl O, Zanotto ED, Panzeri H, De Oliveira PT. Efficacy of a bioactive glass-ceramic (Biosilicate®) in the maintenance of alveolar ridges and in osseointegration of titanium implants. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21(2):148-155. doi:10.1111/j.1600-0501.2009.01812.x
68. Tirapelli C, Panzeri H, Soares RG, Peitl O, Zanotto ED. A novel bioactive glass-ceramic for treating dentin hypersensitivity. *Braz Oral Res*. 2010;24(4):381-387. doi:10.1590/S1806-83242010000400002
69. Tirapelli C, Panzeri H, Lara EHG, 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;38(4):253-262. doi:10.1111/j.1365-2842.2010.02157.x
70. de Morais RC, Silveira RE, Chinelatti MA, Pires-de-Souza F de CP. Biosilicate as a dentin pretreatment for total-etch and self-etch adhesives: In vitro study. *Int J Adhes Adhes*. 2016;70:271-276. doi:10.1016/j.ijadhadh.2016.07.007
71. de Morais RC, Silveira RE, Chinelatti M, Geraldeli S, Pires-de-Souza F de CP. Bond strength of adhesive systems to sound and demineralized dentin treated with bioactive glass ceramic suspension. *Clin Oral Investig*. 2018;22(5):1923-1931. doi:10.1007/s00784-017-2283-z
72. Geng Vivanco R, Tonani-Torrieri R, Souza ABS, Marquetele-Oliveira F, Pires-de-Souza F de CP. Effect of natural primer associated to bioactive glass-ceramic on adhesive/dentin interface. *J Dent*. 2021;106:1-11. doi:10.1016/j.jdent.2021.103585
73. Peng JJ-Y, Botelho MG, Matinlinna JP. Silver compounds used in dentistry

- for caries management: A review. *J Dent.* 2012;40(7):531-541. doi:10.1016/j.jdent.2012.03.009
74. Akyildiz M, Sönmez IS. Comparison of Remineralising Potential of Nano Silver Fluoride, Silver Diamine Fluoride and Sodium Fluoride Varnish on Artificial Caries: An In Vitro Study. *Oral Health Prev Dent.* 2019;17(5):469-477. doi:10.3290/j.ohpd.a42739
75. Gao SS, Zhang S, Mei ML, Lo EC, Chu C. Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment – a systematic review. *BMC Oral Health.* 2016;16(12):1-9. doi:10.1186/s12903-016-0171-6
76. Turton B, Durward C. Caries arrest and lesion appearance using two different silver fluoride therapies on primary teeth with and without potassium iodide : 12-month results. *Clin Exp Dent Res.* 2020;(August):1-11. doi:10.1002/cre2.367
77. DeLong R, Sakaguchi RL, Douglas WH, Pintado MR. The wear of dental amalgam in an artificial mouth : a clinical correlation. *Dent Mater.* 1985;1(6):238-242.
78. Kohal RJ, Wolkewitz M, Tsakona A. The effects of cyclic loading and preparation on the fracture strength of zirconium-dioxide implants: An in vitro investigation. *Clin Oral Implants Res.* 2011;22(8):808-814. doi:10.1111/j.1600-0501.2010.02067.x
79. Sorkhdini P, Gregory RL, Crystal YO, Tang Q, Lippert F. Effectiveness of in vitro primary coronal caries prevention with silver diamine fluoride - Chemical vs biofilm models. *J Dent.* 2020;99(June):103418. doi:10.1016/j.jdent.2020.103418
80. Albuquerque PPAC, Moreira ADL, Moraes RR, Cavalcante LM, Schneider LFJ. Color stability , conversion , water sorption and solubility of dental composites formulated with different photoinitiator systems. *J Dent.* 2013;41:e67-e72. doi:10.1016/j.jdent.2012.11.020
81. Fonseca ASQS, Moreira ADL, Albuquerque PPAC, Menezes LR De, Pfeifer CS, Schneider LFJ. Effect of monomer type on the C C degree of

- conversion , water sorption and solubility , and color stability of model dental composites. *Dent Mater.* 2017;33(4):394-401. doi:10.1016/j.dental.2017.01.010
82. Sidhu SK, Nicholson JW. A Review of Glass-Ionomer Cements for Clinical Dentistry. *J Funct Biomater.* 2016;7(3):16-31. doi:10.3390/jfb7030016
83. Bezgin T, Özer L, Tulga Öz F, Özkan P. Effect of toothbrushing on color changes of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2015;27(S1):S65-S73. doi:10.1111/jerd.12136
84. Erdemir U, Yildiz E, Eren MM, Ozsoy A, Topcu FT. Effects of polishing systems on the surface roughness of tooth-colored materials. *J Dent Sci.* 2013;8(2):160-169. doi:10.1016/j.jds.2012.05.007
85. Muhittin U, Burak TU, Kam HO. Color Stability of Microhybrid and Nanofilled Composite Resins : Effect of Color Stability of Microhybrid and Nanofilled Composite Resins : Effect of Surface Sealant Agents Containing Different Filler Content. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(9):1045-1050. doi:10.5005/jp-journals-10024-2636
86. Della Bona A, Pecho OE, Ghinea R, Cardona JC, Paravina RD, Perez MM. Influence of Bleaching and Aging Procedures on Color and Whiteness of Dental Composites. *Oper Dent.* 2019;44(6):648-658. doi:10.2341/18-209-L
87. Gupta A, Sinha N, Logani A, Shah N. An ex vivo study to evaluate the remineralizing and antimicrobial efficacy of silver diamine fluoride and glass ionomer cement type VII for their proposed use as indirect pulp capping materials-Part i. *J Conserv Dent.* 2011;14(2):113-116. doi:10.4103/0972-0707.82603
88. Mohammadi N, Far MHF. Effect of fluoridated varnish and silver diamine fluoride on enamel demineralization resistance in primary dentition. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2018;36(3). doi:10.4103/JISPPD.JISPPD_4_18
89. Chu CH, Lo ECM. Microhardness of dentine in primary teeth after topical fluoride applications. *J Dent.* 2008;36(6):387-391.

doi:10.1016/j.jdent.2008.02.013

90. Hosoya Y, Marshall S, Watanabe L, Marshall G. Microhardness of Carious Deciduous Dentin. *Oper Dent*. 2000;25:81-89.
91. Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Mulyani, Zilm PS, Gully NJ. Differences between normal and demineralized dentine pretreated with silver fluoride and potassium iodide after an in vitro challenge by *Streptococcus mutans*. *Aust Dent J*. 2007;52(1):16-21. doi:10.1111/j.1834-7819.2007.tb00460.x
92. Knight GM, McIntyre JM, Craig GG, Mulyani, Zilm PS, Gully NJ. Inability to form a biofilm of *Streptococcus mutans* on silver fluoride- and potassium iodide-treated demineralized dentin. *Quintessence Int (Berl)*. 2009;40(2):155-161.
93. Delbem ACB, Bergamaschi M, Sasaki KT, Cunha RF. Effect of fluoridated varnish and silver diamine fluoride solution on enamel demineralization: pH-cycling study. *J Appl Oral Sci*. 2006;14(2):88-92. doi:10.1590/S1678-77572006000200005
94. Ogaard B, Seppa L, Rolla G. Professional topical fluoride applications- clinical efficacy and mechanism of action. *Adv Dent Res*. 1994;8(2):190-201.
95. Cate JM. Review on fluoride , with special emphasis on calcium fluoride mechanisms in caries prevention. *Eur J Oral Sci*. 1997;105(5):461-465.
96. Firouzmandi M, Id FV, Giti R, Sadeghi H. Effect of silver diamine fluoride and proanthocyanidin on resistance of carious dentin to acid challenges. *PLoS One*. 2020:1-17. doi:10.1371/journal.pone.0238590
97. Mei ML, Lo ECM, Chu CH. Arresting Dentine Caries with Silver Diamine Fluoride : What's Behind It? *J Dent Res*. 2018:1-8. doi:10.1177/0022034518774783
98. Renno ACM, Bossini PS, Crovace MC, Rodrigues ACM, Zanotto ED, Parizotto NA. Characterization and In Vivo Biological Performance of Biosilicate. *Biomed Res Int*. 2013;2013:1-7.
99. Mei ML, Ito L, Cao Y, Li QL, Lo EC., Chu CH. Inhibitory effect of silver

- diamine fluoride on dentine demineralisation and collagen degradation. *J Dent.* 2013;41(9):809-817. doi:10.1016/j.jdent.2013.06.009
100. Seto J, Horst JA, Parkinson DY, Frachella JC, DeRisi JL. Silver microwires from treating tooth decay with silver diamine fluoride. *BioRxiv.* 2017:152-199.
101. Zhi QH, Lo ECM, Kwok ACY. An in vitro study of silver and fluoride ions on remineralization of demineralized enamel and dentine. *Aust Dent J.* 2013;58(1):50-56. doi:10.1111/adj.12033
102. Wiegand A, Krieger C, Attin R, Hellwig E, Attin T. Fluoride uptake and resistance to further demineralisation of demineralised enamel after application of differently concentrated acidulated sodium fluoride gels. *Clin Oral Investig.* 2005;9(1):52-57. doi:10.1007/s00784-005-0306-7
103. Mei ML, Li QL, Chu CH, Yiu CKY, Lo ECM. The inhibitory effects of silver diamine fluoride at different concentrations on matrix metalloproteinases. *Dent Mater.* 2012;28(8):903-908. doi:10.1016/j.dental.2012.04.011
104. Mei ML, Li Q, Chu C-H, Lo Edward Chin-Manand Samaranayake LP. Antibacterial effects of silver diamine fluoride on multi-species cariogenic biofilm on caries. *Ann Clin Microbiol Antimicrob.* 2013;12. doi:10.1186/1476-0711-12-4
105. Mei M-L, Chu C-H, Low K-H, Ching-Ming C, Lo E-C-M. Caries arresting effect of silver diamine fluoride on dentine carious lesion with *S-mutans* and *L-acidophilus* dual-species cariogenic biofilm. *Med ORAL Patol ORAL Y Cir BUCAL.* 2013;18(6):E824-E831. doi:10.4317/medoral.18831
106. Rai M, Yadav A, Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnol Adv.* 2009;27(1):76-83. doi:10.1016/j.biotechadv.2008.09.002