



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
ÁREA DE DENTÍSTICA E MATERIAIS ODONTOLÓGICOS



VANESSA MIRANDA RAMOS

**INFLUÊNCIA DE LÍQUIDOS PARA MODELAGEM NAS PROPRIEDADES
FÍSICAS E ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE *STREPTOCOCCUS MUTANS* EM
RESINAS COMPOSTAS**

UBERLÂNDIA

2021

VANESSA MIRANDA RAMOS

**INFLUÊNCIA DE LÍQUIDOS PARA MODELAGEM NAS PROPRIEDADES
FÍSICAS E ANÁLISE DA ADERÊNCIA DE *STREPTOCOCCUS MUTANS* EM
RESINAS COMPOSTAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Odontologia da UFU, como requisito parcial para obtenção do título de Graduada em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes
Co-orientadora: Thaís Souza Maia

UBERLÂNDIA

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por ter me sustentado e ter me dado forças para enfrentar todos os desafios nessa caminhada;

Aos meus pais, pelo amor, carinho e suporte durante essa trajetória e em especial minha mãe que sempre esteve comigo em todos os momentos me dando palavras de afirmação, acreditando em mim e sofrendo junto comigo;

Aos meus familiares e amigos que sempre me apoiaram, aos meus irmãos Nayara e Guilherme e aos meus sobrinhos Jhenyfer e Henrique que sempre estavam comigo me trazendo momentos de alegria ao lado deles, ao Lauro que sempre me incentivou e me auxiliou no que ele podia;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Murilo de Sousa Menezes que me deu oportunidade de aprofundar meu conhecimento na área científica desde o meu 5º período da graduação e pelo incentivo e confiança a mim ofertada;

A minha co-orientadora e também amiga Thaís Souza Maia, que sempre esteve comigo me auxiliando e me orientando com muito amor e paciência. E por ter sempre se mostrado muito disposta e pronta a ajudar em qualquer situação. Sou eternamente grata a todo aprendizado, e por sempre ter me inspirado como um exemplo de profissional e pessoa;

A liga de odontopediatria, liga de reabilitação oral e ao centrinho de oclusão que foram extensões fundamentais para minha formação;

Ao grupo de oração da odontologia que me proporcionou momentos de paz em meio ao caos, sou eternamente grata pelas orações e por todas as pessoas que torceram por mim nessa trajetória;

Aos meus amigos “mais chegados” da faculdade, Layane, Gabrielli e Marcus por sempre estarem comigo sendo minha base e formando o nosso quarteto e a minha dupla de vida Thamara Eduarda que sempre passou todas as dificuldades comigo;

A minha turma 84, por todos os momentos juntos;

Os meus professores, por todo ensinamento, correções e toda dedicação;

Aos pacientes que permitiram ser tratados por mim, pela confiança e pela fidelidade;

Aos órgãos de fomento Capes e Cnpq pelas bolsas de estudos fornecidas;

Finalizo esse agradecimento a todas as pessoas que me influenciaram direta ou indiretamente, porque sem eles isso nunca seria possível. Se este sonho se tornou realidade é porque tive o apoio de todos e esta conquista também é de vocês.

EPÍGRAFE

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”. Josué 1:9

“Toda história tem um fim mas na vida todo fim é apenas um novo começo”.

Trecho retirado do filme “Grande menina pequena mulher”.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	8
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO	12
2 METODOLOGIA	14
2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	14
2.2 CONFECÇÃO DOS ESPÉCIMES	15
2.3 MICRODUREZA KNOOP	19
2.4 ANÁLISE DA MOLHABILIDADE POR MEIO DO ÂNGULO DE CONTATO	20
2.5 MENSURAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....	22
2.6 ETAPAS DE PREPARAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DA PARTE LABORATORIAL COM <i>STREPTOCOCCUS MUTANS</i>	22
2.6.1 Esterilização	23
2.6.2 <i>Streptococcus mutans</i>	23
2.6.3 <i>Imersão em saliva artificial</i>	23
2.6.4 <i>Formação do biofilme</i>	24
2.7 ADESÃO BACTERIANA.....	27
2.8 ANÁLISE QUANTITATIVA COM SOLUÇÃO AQUOSA DE CRISTAL VIOLETA	29
2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
3 RESULTADOS	32
3.1 DUREZA KNOOP	32
3.2 ÂNGULO DE CONTATO	33
3.3 RUGOSIDADE	34
3.4 FORMAÇÃO DE BIOFILME	34
4 DISCUSSÃO	36
5 CONCLUSÃO	40
6 REFERÊNCIAS	41

RESUMO

Este estudo objetivou avaliar o efeito de materiais para modelagem na dureza, ângulo de contato, rugosidade superficial, e na formação de biofilme bacteriano em resinas compostas. Foram confeccionados 80 espécimes em formato de discos nas proporções de 8 mm x 1,5 mm, utilizando duas resinas compostas (Vittra APS e Filtek Z350 XT). Quanto aos materiais utilizados para modelagem, os espécimes foram divididos aleatoriamente em: ausência de material para modelagem (grupo controle), Wetting Resin (Ultradent Products), Scotchbond Multipurpose (3M ESPE) e Single Bond Universal (3M ESPE). A microdureza Knoop (n = 10) foi medida por um microdurômetro com aplicação de carga de 100 gramas por 15 segundos. A hidrofobicidade foi determinada através da medição do ângulo de contato (n = 3) com água destilada. Foi mensurado a rugosidade média aritmética (Ra) (n = 10) da superfície por meio do rugosímetro. Para adesão bacteriana (n = 3), os espécimes foram preparados, imersos em saliva artificial e incubados em meios de cultura com suspensões bacterianas de *Streptococcus mutans* a 37 °C em atmosfera de 5% de CO₂ por 24 horas contendo 5% de sacarose. A contagem de bactérias aderidas viáveis foram determinadas com diluições seriadas ($\times 10^5$ Ufc/mL) e a biomassa foi determinada por coloração com cristal violeta, por meio da absorbância lida por um espectrofotômetro. Os valores quantitativos foram tabulados e submetidos a análise estatística com $\alpha = 0,05$. O grupo controle apresentou os maiores valores de dureza Knoop para Vittra e Z350 XT, e o Single Bond Universal valores inferiores para ambas resinas. Vittra apresentou valores inferiores na dureza em relação a Z350 XT, quando submetida aos tratamentos Wetting resin e Scotchbond (p = 0,001). Scotchbond e Single Bond Universal apresentaram maiores ângulos de contato para resina Vittra (p = 0,003). O controle obteve o menor valor de ângulo de contato para a resina Vittra. Não houve diferença estatística entre os materiais para modelagem para a resina Z350 XT (p = 0,606), que por sua vez foi inferior a Vittra quando submetida ao Scotchbond. O Single Bond Universal e controle tiveram os menores valores de Ra e o Wetting resin os maiores valores para ambas as resinas (p = < 0,001). Não houve diferença estatística para rugosidade (p = 0,967) e formação de biofilme na UFC/ml de *S. mutans* (p = 0,434) entre as resinas. A Z350 XT apresentou maior acúmulo de biomassa total (p = 0,034). Por fim, embora os adesivos apresentaram redução na dureza, o uso desses materiais elevou a propriedades do ângulo de contato e manteve a rugosidade e adesão bacteriana das resinas compostas. Vittra e Z350 XT são similares para as propriedades testadas.

Palavras-chave: resinas compostas; molhabilidade; dureza; aderência bacteriana; *Streptococcus mutans*.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of modeling liquids on hardness, contact angle, surface roughness, and biofilm formation in the resin composites. 80 disc-shaped specimens were made in the proportions of 8 mm x 1.5 mm, using two resin composites (Vittra APS and Filtek Z350 XT). As for the modeling liquids, the specimens were randomly divided into: absence of material for modeling (control group), Wetting Resin (Ultradent Products), Scotchbond Multipurpose (3M ESPE) and Single Bond Universal (3M ESPE). Knoop microhardness (n=10) was measured by a microdurometer with a load of 100 grams applied for 15 seconds. Hydrophobicity was determined by measuring the contact angle (n=3) with distilled water. The arithmetic mean roughness (Ra) (n=10) of the surface was measured using a rugosimeter. For bacterial adhesion (n=3), specimens were prepared, immersed in artificial saliva and incubated in culture media with bacterial suspensions of *Streptococcus mutans* at 37 °C in an atmosphere of 5% CO₂ for 24 hours containing 5% sucrose. Colony-forming unit counting were determined with serial dilutions ($\times 10^5$ CFU/mL) and the biomass was determined by staining with crystal violet, through the absorbance read by a spectrophotometer. Quantitative values were tabulated and submitted to statistical analysis with $\alpha = 0.05$. The control group had the highest Knoop hardness values for Vittra and Z350 XT, and the Single Bond Universal lower values for both resins. Vittra showed lower hardness values compared to Z350 XT, when subjected to Wetting resin and Scotchbond ($p = 0.001$). Scotchbond and Single Bond Universal had higher contact angles for Vittra ($p = 0.003$). The control obtained the lowest contact angle value for the Vittra. There was no statistical difference between the modeling materials for Z350 XT ($p = 0.606$), which in turn was inferior to Vittra when submitted to Scotchbond. Single Bond Universal and control had the lowest Ra values and Wetting resin the highest values for both resins ($p = < 0.001$). There was no significant difference for surface roughness ($p = 0.967$) and biofilm formation in the CFU/ml of *S. mutans* ($p = 0.434$) between the resins. The Z350 XT showed the greatest accumulation of total biomass ($p = 0.034$). Finally, although the adhesives showed a reduction in hardness, the use of them increased the contact angle properties and maintained the surface roughness and bacterial adhesion of the resin composites. Vittra and Z350 XT are similar for tested properties.

Key-words: composite resins; surface properties; hardness; wettability; *Streptococcus mutans*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos materiais utilizados no estudo.	17
Tabela 2. Componentes da saliva artificial utilizada no estudo.	24
Tabela 3. Média \pm desvio padrão da dureza Knoop (KHN) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 10).....	33
Tabela 4. Média \pm desvio padrão do ângulo de contato (ϕ) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 3).....	34
Tabela 5. Média \pm desvio padrão da rugosidade (Ra) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 10).....	34
Tabela 6. Média \pm desvio padrão da formação de biofilme por UFC/ml (log 10) e biomassa por densidade óptica (600nm) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 3).....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

et al.	e colaboradores
BisGMA	Bisfenol- A glicidil metacrilato
UDMA	Uretano dimetacrilato
TEGDMA	Trietileno glicol dimetacrilato
UFC	Unidade formadora de colônia
N	Newton
nm	Nanômetros
mm	Milímetro
θ	Unidade de medida do ângulo de contato
Ra	Rugosidade média aritmética
μm	Micrômetro
%	Por cento
mL	Mililitro
LED	Light-emitting diodes
BisEMA	Dimetracrilato etoxilado bisfenol
DUDMA	Diuretano dimetacrilato
TMSPM	3-Trimetoxisilil-Propil-Metacrilato
BHT	2,6-di-terc-butil-p-cresol
PEGDMA	Dimetacrilato Polietileno Glicol
HEMA	2 hidroxietil-metacrilato
APS	Sistema avançado de polimerização
°C	Graus Celsius
pH	Potencial de hidrogênio

BHI

Brain Heart Infusion

μl

Microlitro

S. mutans

Streptococcus mutans

KHN

Dureza Knoop

1 INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Por meados de 1960 iniciou-se a utilização de resina composta como material restaurador para reconstrução da estrutura dentária perdida. Desde então, as resinas tem evoluído constantemente.^{1,2} A resina composta é o material restaurador mais comumente utilizado tanto para procedimentos minimamente invasivos como para reabilitações estéticas mais complexas.² No entanto, este material possui adversidades que podem afetar a longevidade da restauração, podendo estas serem inerentes ao material,³ outras dependentes da habilidade do profissional que as executam e podem ser reduzidas ou controladas por meio da escolha correta da composição do material e das técnicas utilizadas. Esses procedimentos influenciam diretamente na contração do polímero^{4,5} e, conseqüentemente, na tensão de contração residual que pode interferir nos resultados clínicos como ocorrência de tensão na interface dente/restauração, redução da adesão, infiltração marginal, sensibilidade pós-operatória e/ou cáries secundárias.^{6,7}

A resina composta é constituída por quatro componentes básicos que consiste em (1) fase inorgânica composta por partículas de carga, como vidro, quartzo e/ou sílica, que tem a função de dar resistência ao material e diminuir a contração de polimerização; (2) fase orgânica formada pela matriz polimérica preenchida por monômeros, o qual é responsável pela redução volumétrica durante a polimerização; (3) o agente de união normalmente é o silano, que adere as partículas de carga à matriz orgânica, e (4) iniciador-acelerador responsável pelo sistema de polimerização.^{1,7-9}

No entanto, a alta viscosidade de alguns monômeros constituintes, como o principal deles – BisGMA,¹⁰ dificultam a manipulação e inserção da resina composta,¹¹ bem como a obtenção da escultura desejada.¹² No intuito de melhorar essa adversidade relacionada ao manuseio da resina composta, foram propostos líquidos específicos para modelagem.¹³ Essas resinas líquidas possuem em sua composição monômeros diluentes como o trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA) e uretano dimetacrilato (UDMA).¹⁴ No entanto, muitos cirurgiões dentistas tem como prática “molhar” a resina em adesivos com o mesmo objetivo de reduzir a viscosidade da camada superficial da resina composta e facilitar sua adaptação^{15,16} à estrutura dentária. Nesse sentido, surge outra preocupação referente ao efeito dos monômeros hidrofílicos e dos solventes presentes nos adesivos¹⁷ que são expostos na camada superficial.

Outro ponto importante é o efeito benéfico do líquido para modelagem na redução de defeitos presentes na restauração,^{18,19} mas pouco se sabe ainda acerca de seu efeito na adesão bacteriana. O microrganismo *Streptococcus mutans* é considerado um dos principais agentes

etiológicos da cárie dentária.²⁰ Este se adere nas superfícies duras formando as placas bacterianas cariogênicas e inicia a produção de ácidos e enzimas degradantes que influenciam na longevidade das restaurações.²¹ Estudos relatam que as características dos materiais influenciam na adesão, de maneira que os materiais hidrofílicos atraem mais biofilme oral do que os hidrofóbicos,²² e as superfícies rugosas mais do que as superfícies lisas.²³⁻²⁵ No entanto, existem controversas que relatam a insignificância entre rugosidade da superfície e quantidade de adesão bacteriana.^{20,26}

Tendo em vista a utilização cada vez mais frequente dos líquidos para modelagem e de diferentes resinas na construção de restaurações estéticas, é de suma importância compreender as propriedades físicas, como microdureza^{27,28} e molhabilidade²⁹ que afetam a capacidade de combinar resinas compostas com líquidos para modelagem. Logo, considerando o uso desses materiais pelos profissionais e a escassez de informações das possíveis influências que permitam realizar a prática com segurança, os objetivos deste estudo *in vitro* foram avaliar a dureza, ângulo de contato, rugosidade superficial e adesão bacteriana de *Streptococcus mutans* de resinas compostas submetidas a diferentes materiais para modelagem. Assim, as hipóteses nulas foram testadas da seguinte forma:

1. Os valores de dureza não se diferem entre os diferentes líquidos para modelagem.
2. Os valores de ângulo de contato não se diferem entre os diferentes líquidos para modelagem.
3. Os valores de rugosidade da superfície não se diferem entre os diferentes líquidos para modelagem.
4. A quantidade de adesão de *S. mutans* não se diferem entre os diferentes líquidos para modelagem.

2 METODOLOGIA

2.1 Delineamento experimental

- Unidade experimental
Discos de resinas compostas.
- Fatores em estudo
Tipo de resina composta em 2 níveis: Vittra e Filtek Z350 XT.
Material para modelagem em 4 níveis: controle, Wetting resin, Scotchbond e Single Bond Universal.
- Variáveis respostas
Microdureza Knoop (N/mm^2), ângulo de contato (θ), rugosidade de superfície (R_a), formação de biofilme.
- Métodos de análise
Microdurômetro, goniômetro, rugosímetro, contagem da adesão bacteriana (UFC/ml), espectrofotômetro por densidade óptica.
- Análise dos dados
Nas metodologias quantitativas foram avaliados quanto à distribuição normal e igualdade de variância, por meio de testes estatísticos de normalidade e homogeneidade (Shapiro-Wilk e de Levene), seguidos pelos testes paramétricos (Análise de variância – ANOVA dois-fatores e Teste de Tukey).
- Distribuição dos grupos experimentais
Os espécimes foram divididos aleatoriamente em 8 grupos experimentais, de acordo com a combinação dos "fatores em estudo": resina composta (dois níveis) e o tipo de material para modelagem (quatro níveis) (Figura 1).



Figura 1. Divisão dos grupos experimentais.

2.2 Confeção dos espécimes

Para a realização deste estudo, foi utilizado uma matriz de teflon com orifício interno com formato cilíndrico e dimensões de 8 mm de diâmetro x 1,5 mm de espessura (Figura 2). A resina composta foi inserida em único incremento e o conjunto foi pressionado contra a placa de vidro, em um movimento retilíneo com objetivo de tornar a superfície plana. Em seguida, a finalização foi realizada com auxílio de um pincel nº4B (Kota, Cotia, São Paulo, Brasil) e cobertos pelos líquidos para modelagem determinados aleatoriamente para cada condição experimental, que serão descritos a seguir.

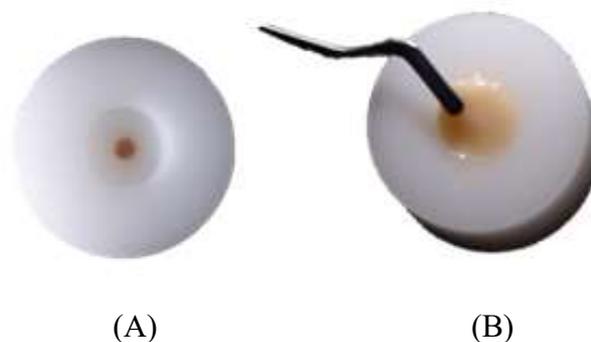


Figura 2. Matriz de teflon utilizado para confecção dos espécimes; A. Dimensões internas de 8 x 1,5mm; B. Resina composta inserida na matriz.

Foram confeccionados oitenta discos de resina compostas, sendo quarenta para cada resina (Vittra APS, FGM, Joinville, SC, Brasil e Filtek Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) (Figura 3) na cor A2 para esmalte, divididos em seus 8 grupos experimentais (n = 10).



(A)

(B)

Figura 3. Resinas compostas; A. Vittra; B. Filtek Z350 XT.

Assim sendo, após a inserção da resina composta na matriz de teflon e padronização por meio da planificação das superfícies das amostras, a finalização foi realizada da seguinte forma:

Grupo controle – finalização somente com o pincel, sem fazer uso de nenhum líquido para modelagem;

Grupo Wetting resin – finalização com o pincel e uma gota de resina líquida Wetting resin (Ultradent Products Inc, Jordânia do Sul, UT, EUA) (Figura 4);

Grupo Scotchbond – finalização com o pincel e uma gota de adesivo do sistema convencional de 3 passos, Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) (Figura 5);

Grupo Universal - finalização com o pincel e uma gota de adesivo do sistema simplificado Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) (Figura 6);

O pincel foi utilizado com a aplicação de uma gota pequena do material para modelagem realizando seis movimentos na mesma direção para evitar a formação de bolhas de ar e obter uma superfície semelhante à observada clinicamente. Os adesivos foram agitados antes da aplicação e o solvente foi evaporado usando ar por 5 segundos antes da fotoativação. A composição dos principais materiais segundo informações do fabricante está listada na Tabela 1.



Figura 4. Resina líquida para modelagem.



Figura 5. Adesivo convencional de 3 passos: Scotchbond.



Figura 6. Adesivo do sistema simplificado: Single Bond Universal.

Tabela 1. Composição dos materiais utilizados no estudo.

Produto	Composição	Percentual de carga (volume/peso)	Marca
Filtek Z350 XT	BisGMA, UDMA, TEGDMA, BisEMA, PEGDMA, partículas de sílica (20nm), zircônia (4-11nm), clusters, combinação de partículas de sílica com 20nm e zircônia com 4-11, canforoquinona, fotoiniciadores, silano.	63,3/ 78,5	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA
Vittra APS	UDMA, TEGDMA, nanoesferas de vidro óxido de zircônia (70 a 82% em peso), Etil 4-dimetilaminobenzo, fotoiniciador (APS), canforoquinona, estabilizador e silano (100–200 nm).	52-60/ 72-82	FGM, Joinville, SC, Brasil

Composite Wetting Resin	UDMA, TEGDMA (>10-≤25%) , DUDMA (>10-≤25%), TMSPM (≤10%), BHT (< 1%).	45%	Ultradent Products Inc, Jordânia do Sul, UT, EUA
Adesivo Scotchbond Multipurpose	BisGMA (60–70%), HEMA (30–40%), trifenil antimônio (< 0.5%), aminas terciárias, fotoiniciadores.	-	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA
Adesivo Single Bond Universal	BisGMA (15-25%), monômeros ácidos fosfatados (MDP), silano, água, etanol, HEMA, resinas dimetacrilatos, copolímero de metacrilato de ácidos poliacrílicos e ácido polialcenóico, iniciadores, carga.	-	3M ESPE, St. Paul, MN, EUA

A fotoativação foi realizada conforme as recomendações do fabricante, com uma unidade LED (irradiância 1.000 mW/cm²; Valo, Ultradent Products Inc, South Jordan, UT, EUA) (Figura 7) por 20 segundos. Os espécimes foram armazenados em eppendorfs (Figura 8) em água destilada por 24 horas em uma estufa a 37 °C (Figura 9). Em seguida, os espécimes foram polidos com uma série de discos de óxido de alumínio com granulação (média, fina e extrafina) (Sof lex, 3M ESPE, Saint Paul, EUA) (Figura 10) durante 20 segundos por disco. O disco foi substituído a cada cinco espécimes e todo o processo foi realizado por um único operador treinado. Após cada disco, uma lavagem por 20 segundos foi realizada com jato de ar e água e, no final do polimento, os espécimes foram imersos em um banho ultrassônico (Ultrasonic Cleaner, Pasadena, CA, EUA) por 10 minutos para remover detritos. Posteriormente, todos os espécimes foram armazenados individualmente em eppendorfs a seco em estufa a 37 °C.



Figura 7. Unidade LED.



Figura 8. Eppendorf utilizado para armazenar os espécimes.



Figura 9. Estufa.



Figura 10. Discos de óxido de alumínio com granulação (média, fina e extrafina) utilizados no polimento dos espécimes.

2.3 Microdureza Knoop

Para mensuração da microdureza Knoop, foi utilizado microdurômetro (FM-7000, FUTURE-TECH CORP, Kawasaki, Japão) (Figura 11), e indentador com geometria piramidal e base quadrangular, obtendo mensuração de um losango. O espécime foi posicionado com a superfície a ser examinada paralela ao plano horizontal da base do aparelho. As indentações de superfície de cada espécime foram realizadas em cinco áreas diferentes, iniciando pelo centro do espécime, com distância entre elas de 150 μm (Figura 11). O teste foi realizado com força controlada, aplicando uma carga de 100 gramas (0,98 N) de força em um tempo determinado de 15 segundos em cada indentação. Para cada espécime, as médias resultantes de cada indentação foram registradas e usadas posteriormente para análise estatística.³⁰

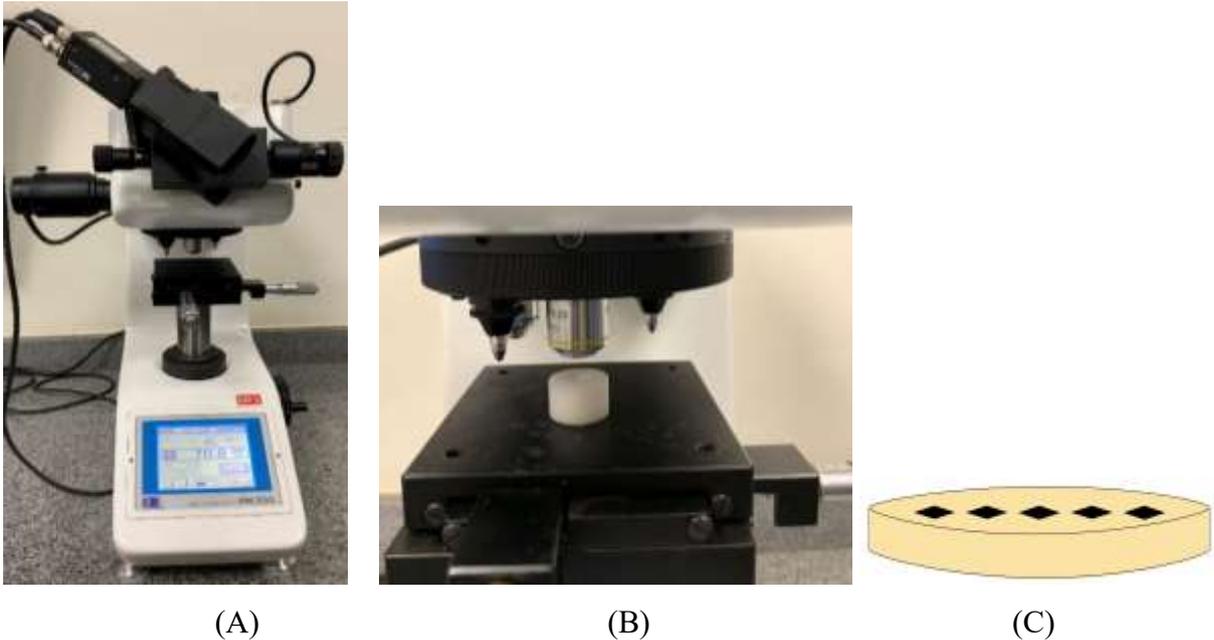


Figura 11. A. Microdurômetro, modelo FM-7000, FUTURE-TECH CORP. B. Espécime inserida no suporte posicionado paralelo a mesa do microdurômetro; C. Representação das cinco identações.

2.4 Análise da molhabilidade por meio do ângulo de contato

Para essa metodologia foram utilizados três espécimes de cada grupo experimental. Os espécimes foram limpos em cuba ultrassônica (Ultrasonic Cleaner, Pasadena, CA, EUA) com água deionizada durante 10 minutos. Com uma microseringa (Figura 12) adaptada ao goniômetro (Ramé-Hart, Inc. Modelo NRL A-100 pertencente à FEMEC/UFU) (Figura 13), foi depositado 0,5 μl de água destilada, na superfície do espécime formando uma gota séssil conforme demonstrado no esquema (Figura 14). Para padronização da distância, a câmera fotográfica (Canon EOS Rebel T6i, São Paulo, SP, Brasil) foi fixa na mesa a uma distância de aproximadamente 30 centímetros do espécime. A captura da imagem foi registrada em até 20 segundos³¹ de deposição da gota no espécime. Todas as medições foram feitas por um único operador em ambiente fechado e em temperatura ambiente controlada (25 °C) e os cálculos foram feitos a partir dos contornos das gotas com auxílio do software de análise de imagem ImageJ (Figura 15) (National Institute of Mental Health, Bethesda, Maryland, USA).³²



Figura 12. Microseringa.



Figura 13. Goniômetro Ramé-Hart, Inc. Modelo NRL A-100 pertencente à FEMEC/UFU.

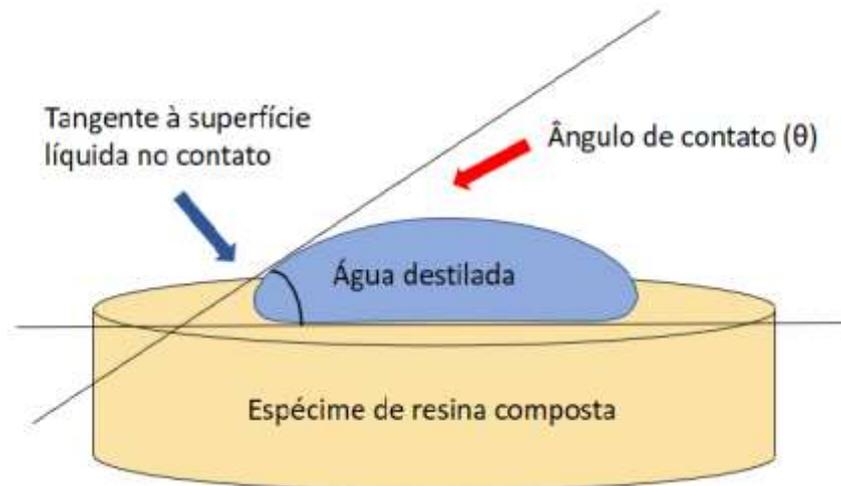


Figura 14. Esquema representativo da formação do ângulo de contato com a superfície da resina.

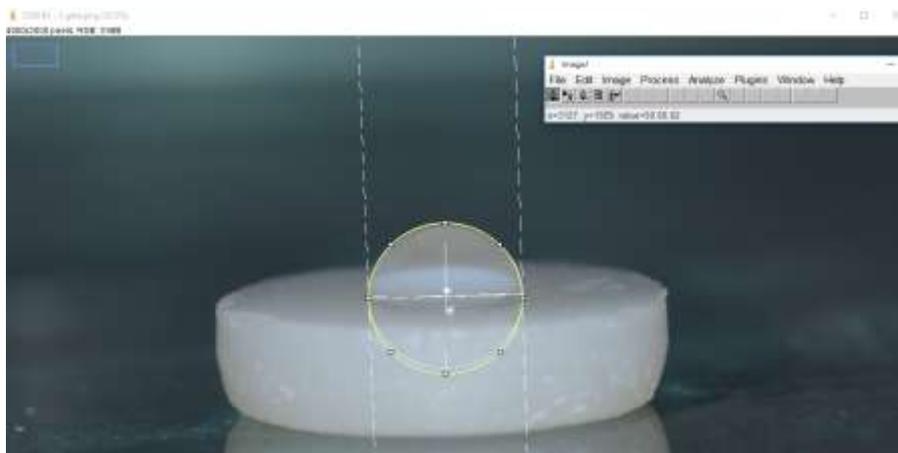


Figura 15. Mensuração do ângulo de contato pelo software ImageJ.

2.5 Mensuração da rugosidade superficial

Foi realizado a análise da rugosidade superficial por meio de um rugosímetro (Surftest 402, Mitutoyo, Kanagawa, Japão) (Figura 16), utilizando um cut-off de 0,8 mm com velocidade de 0,25 mm/s.³³ O parâmetro (Ra) foi obtido através das três medições em cada espécime e ao final foi realizada a média aritmética das medições.



Figura 16. Surftest 402, Mitutoyo.

2.6 Etapas de preparação para realização da parte laboratorial com *Streptococcus mutans*

Todas as etapas microbiológicas foram feitas no laboratório de microbiologia do instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal de Uberlândia (ICBIM/UFU) em condições assépticas e com uso de capela de fluxo laminar desinfectado com álcool 70%. Todo o teste tanto para contagem (UFC/mL) quanto para a coloração com cristal violeta foi realizado em triplicata.

2.6.1 Esterilização

Foi realizado a esterilização das placas de poliestireno de 48 poços (placa para microculturas) (TPP, Trasadingen, Switzerland) através da exposição da superfície superior à luz ultra-violeta por 30 minutos, e também, dos espécimes, dos meios de cultura e soluções por meio da autoclave, a 121 °C com pressão atmosférica, por 15 minutos.

2.6.2 *Streptococcus mutans*

Para a realização do ensaio, foi utilizado a cepa de *Streptococcus mutans* (ATCC 25175) (Figura 17), a qual foi inoculada em placas de ágar-sangue acrescido de 5% de sacarose, e posteriormente incubada a 37 °C por 24 horas em uma jarra de anaerobiose (Figura 18) em condições anaérobicas dentro da estufa bacteriológica.



Figura 17. *Streptococcus mutans*.



Figura 18. Jarras de anaerobiose.

2.6.3 Imersão em saliva artificial

Primeiramente, foi simulado a influência da película adquirida na colonização. Foi inserido 1 mL de saliva artificial com pH = 7, através de pipeta e ponteiros descartáveis estéreis, nos poços de placa de cultura celular de 48 poços (TPP, Trasadingen, Switzerland). Os espécimes foram totalmente imersos e permaneceram por 1 hora a 37 °C.³⁴ A solução de saliva artificial foi feita em uma farmácia de manipulação (Biopharma, Uberlândia, MG) preparada de acordo com a composição e concentração descrito na Tabela 2. Finalizado 1 hora, os espécimes foram cuidadosamente lavados individualmente uma vez em 1 mL de PBS.

Tabela 2. Componentes da saliva artificial utilizada no estudo.

COMPONENTES:	
Cálcio	0.1169 g de hidróxido de cálcio/L de água deionizada
0.9 mM de fósforo e potássio	0.1225 g fosfato de potássio monobásico/L de água deionizada
20 mM tampão TRIS	2.4280 g tampão TRIS/L água deionizada

2.6.4 Formação do biofilme

Após as 24 horas, colônias isoladas foram retiradas da placa de ágar-sangue para serem inseridas em um tubo com 40 mL de meio Brain Heart Infusion (BHI) estéril. Esse meio foi acrescido de 5% de sacarose e resultou em uma suspensão de *Streptococcus mutans* ajustada para 10^5 UFC/mL (Unidades formadoras de colônia/mL) (Figura 19).



(A)

(B)

Figura 19. A. Seleção da colônia isolada da placa de ágar-sangue com alça bacteriológica; B. Colônia de *Streptococcus mutans* sendo inserida com alça bacteriológica em tubo de meio BHI estéril.

Com auxílio da densidade padrão de turbidez de 0,5 da escala de McFarland e do vórtex por 5 minutos a turvação foi ajustada (Figura 20).



Figura 20. Comparação do meio BHI caldo com *Streptococcus mutans* com turbidez de 0,5 da escala de McFarland.

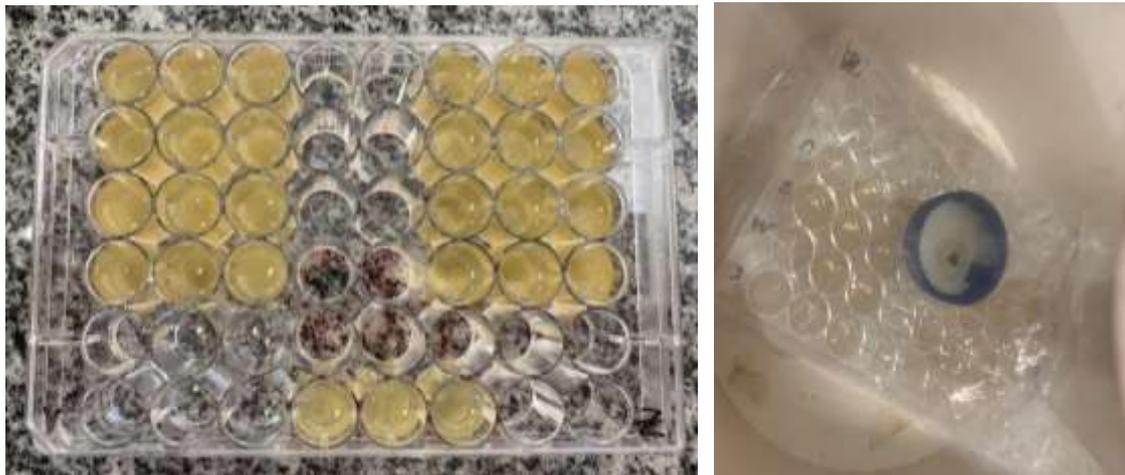
Em seguida, 1,5 mL de caldo contendo a suspensão bacteriana foi inserido com auxílio da pipeta e de ponteira (Figura 21) na placa de 48 poços, onde os espécimes estavam previamente com a presença da película adquirida formada com a saliva artificial. Também foi adicionado 1,5 mL de caldo BHI puro em 3 poços para realizar o controle negativo e garantir que não houve contaminação, conforme representado na Figura 22. As placas de 48 poços foram incubadas em condições anaeróbicas por 24 horas à 37 °C em estufa para a formação e crescimento do biofilme (Figura 23).



Figura 21. Pipeta calibrada para dispensar 1000 µl, em seguida 500 µl e ponteiras descartáveis esterilizadas.

	Resina Vittra				Resina Z350 XT			
Controle	●	●	●	○	○	○	○	○
Wetting resin	●	●	●	○	○	○	○	○
Adesivo Scotchbond	●	●	●	○	○	○	○	○
Adesivo Single Bond Universal	●	●	●	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○
Controle negativo (caldo BHI puro)	○	○	●	●	●	○	○	○

Figura 22. Esquema representativo da distribuição dos espécimes na placa de 48 poços com caldo BHI com *Streptococcus mutans* e os 3 poços de controle negativo.



(A)

(B)

Figura 23. A. Placa de 48 poços com caldo bacteriológico; B. Placa de 48 poços embalada com plástico filme pvc e inserida em jarra anaeróbica na estufa por 24 horas.

Após esse período, os espécimes foram retirados com pinça esterilizada (Golgran Instrumentos Cirúrgicos e Odontológicos, São Caetano do Sul, Brasil) e transferidos para eppendorfs com 1,5 mL de caldo BHI. Os eppendorfs contendo o meio foram agitados em um vórtex (Vortex Mixer VX 200 – Labnet mod: S0200, Ontario, New York, US) (Figura 24) por 60 segundos e posteriormente agitados em uma cuba ultrassônica por 15 minutos

(Ultrasonic Cleaner USC-1450^a- Indaiatuba, São Paulo, Brasil), (Figura 25) para o desprendimento das células e liberação das bactérias fracamente aderidas aos espécimes.



Figura 24. Agitador vórtex.

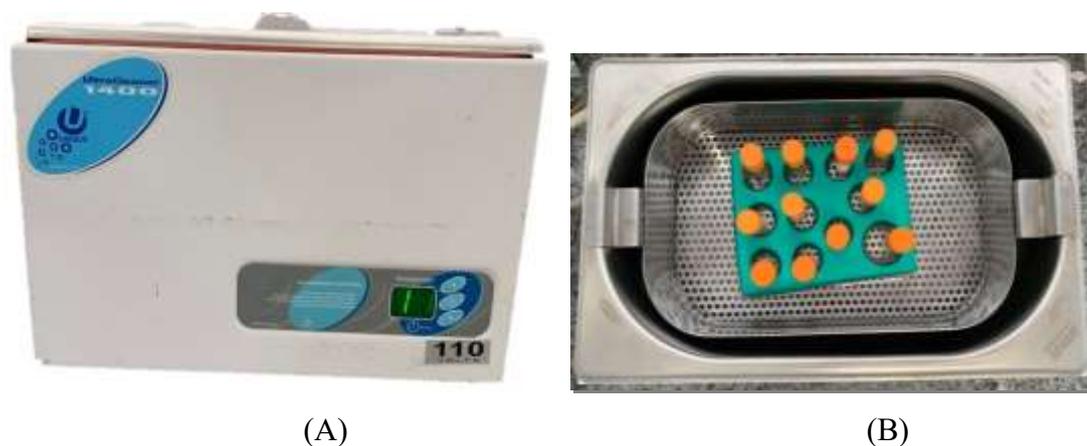


Figura 25. Cuba ultrassônica A. Vista lateral com ultrassom fechado; B. Vista superior do ultrassom sem a tampa, mostrando o posicionamento vertical dos eppendorfs.

2.7 Adesão bacteriana

O método usado para esta contagem é o processo de diluição seriada 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} (Figura 26).

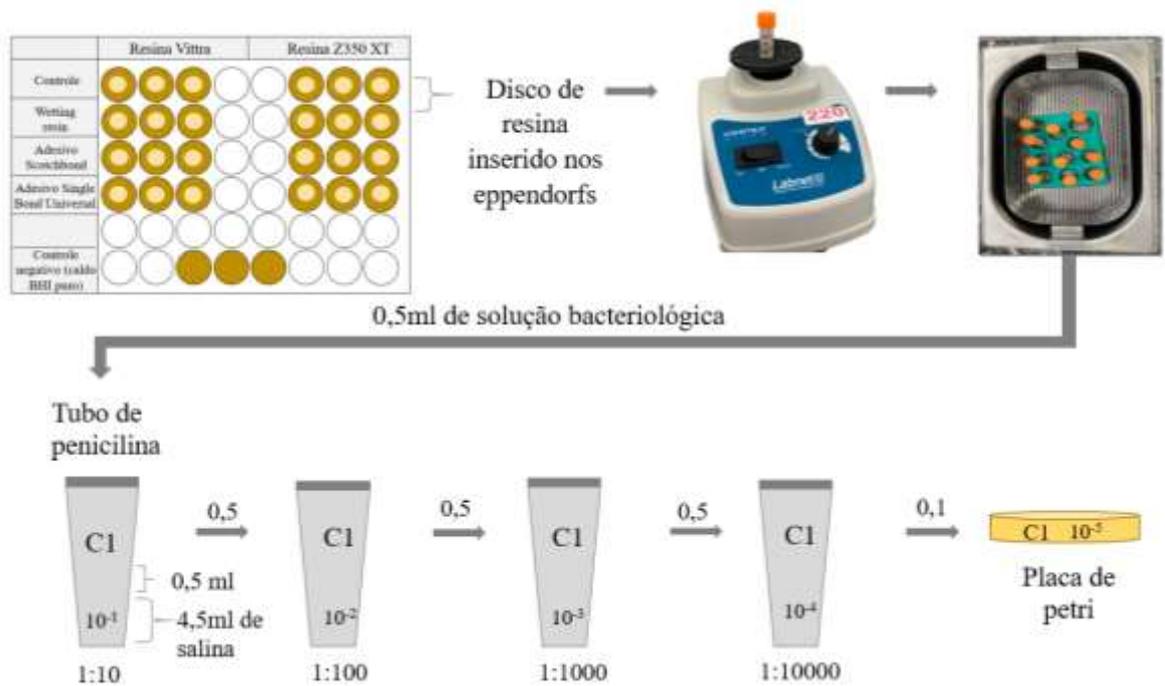


Figura 26. Esquema representativo do processo da diluição seriada.

Foi realizado em solução com 4,5 mL de salina estéril em tubos de penicilina por meio da transferência de alíquotas de 500 μL da solução de tudo em tubo. Foi finalizado com um volume de 100 μL semeado em placas petri contendo BHI ágar suplementado com 5% de sacarose com auxílio de pipeta, ponteiras e alças drigalski (Figura 27) para espalhar. Em seguida, foram levadas novamente para a estufa a 37 $^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. A contabilização das unidades formadoras de colônias (UFC/mL) foram realizadas de modo manual com auxílio de lupa (Figura 28).

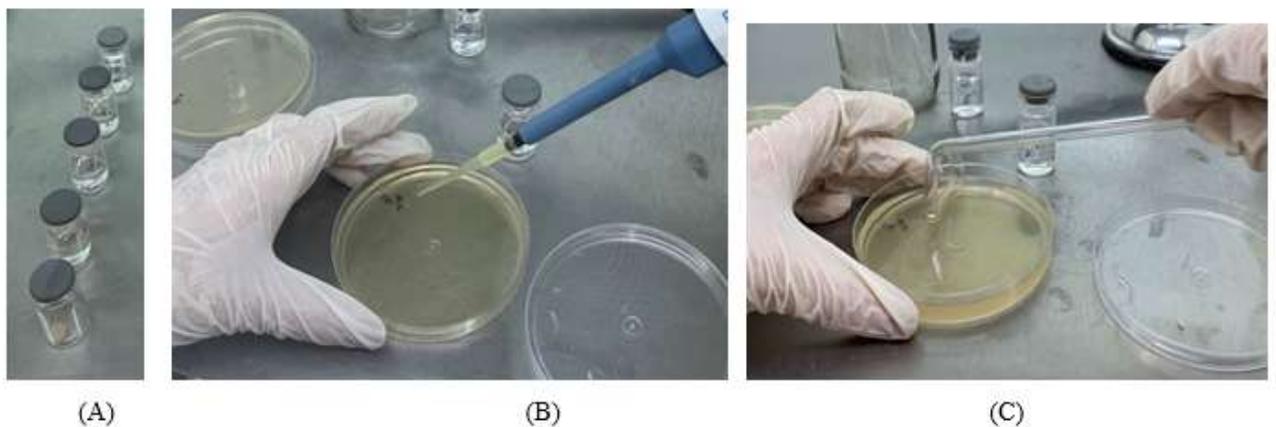


Figura 27. A. Tubos de penicilina; B. Foram semeados solução de 100 μL em placas de petri com auxílio da pipeta e ponteira; C. Alças drigalski para espalhar e homogeneizar a alíquota

responsável para o crescimento e posteriormente contagem das colônias de *Streptococcus mutans*.

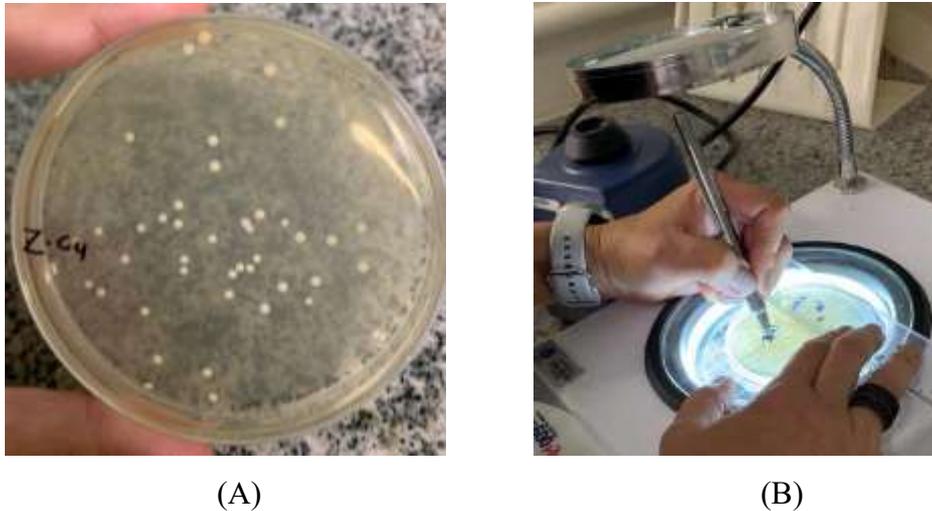


Figura 28. A. Placa de Ágar BHI com colônias de *Streptococcus mutans*;
B. Placa posicionada contra a luz para a contagem manual das colônias bacterianas.

2.8 Análise quantitativa com solução aquosa de cristal violeta

Após as etapas de preparação dos estudos, citados no item 2.6, em que os espécimes inseridos foram agitados no vórtex e no ultrassom, o líquido foi inserido em placas com 48 poços. Foi depositado BHI caldo puro para realizar o controle negativo em novos poços, e em seguida, foram incubados por 24 horas a 37 °C para a formação do biofilme bacteriano (Figura 29).

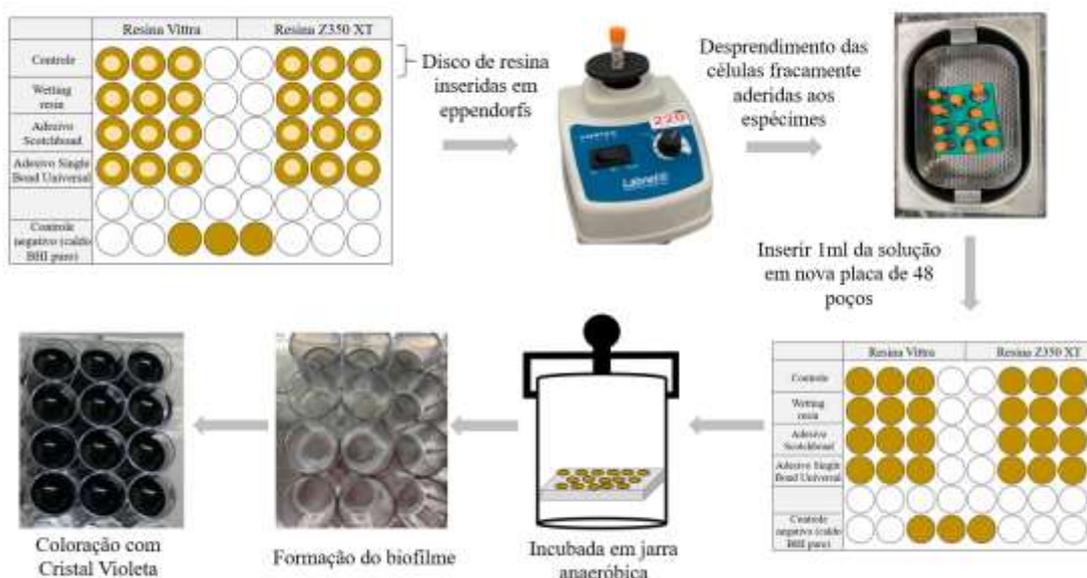


Figura 29. Esquema das etapas para análise da solução aquosa de cristal violeta.

Após esse período, foi realizada a inspeção visual, confirmando o crescimento da cepa de *Streptococcus mutans* e a não contaminação dos controles negativos. Logo após, foi removido o sobrenadante dos poços e lavado cada poço com 1 mL de PBS com auxílio da pipeta e da ponteira para remoção das células fracamente aderidas e que fosse mantido somente o biofilme formado, para quantificação da biomassa do biofilme (Figura 29). Foi adicionado 1 mL em cada poço de solução de coloração de cristal violeta 0,2% em etanol 2% por 30 minutos (Figura 30), em temperatura ambiente com o objetivo de corar as células aderidas.



Figura 29. Biofilme formado no fundo da placa de 48 poços.

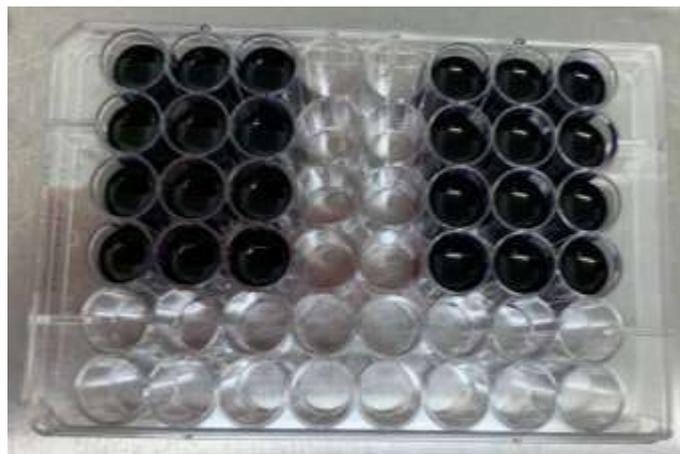


Figura 30. Cristal Violeta inserido nos poços, e permanece por 30 minutos.

Após esse período, o corante foi aspirado e foram lavados em água corrente para remoção do corante não difundido. Optou-se por aguardar 10 minutos na capela de fluxo laminar para completa evaporação dos vestígios de água (Figura 31).

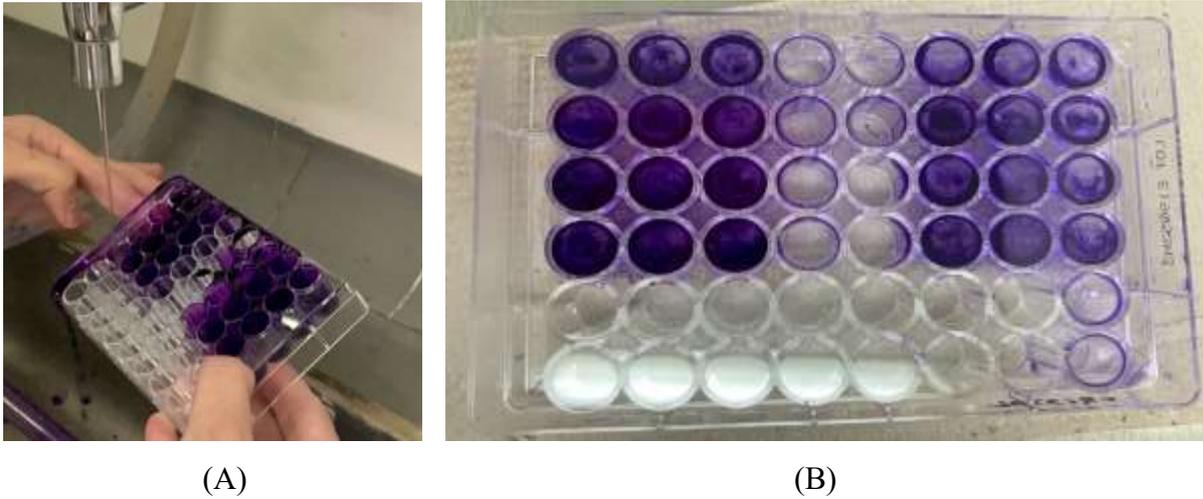
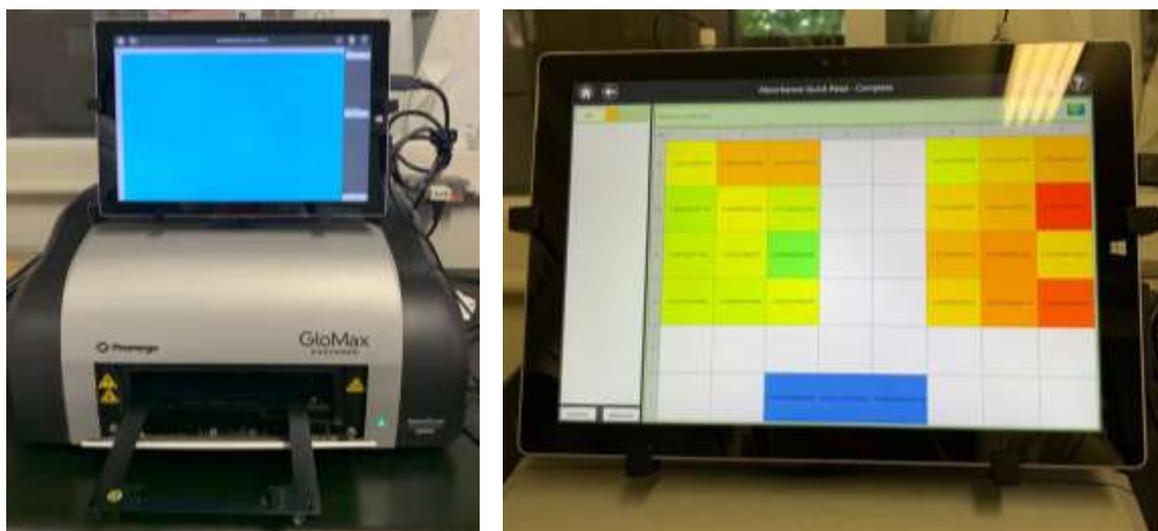


Figura 31. A. Placa de 48 poços com o corante removido com água corrente;
B. Processo de secagem natural dentro da capela de fluxo laminar.

O cristal violeta ligado ao biofilme foi descorado em 1 mL de ácido acético a 30% por 20 minutos, resultando no sobrenadante (Figura 32). Posteriormente, foi realizada a leitura da absorbância, ou seja, a biomassa foi quantificada através do espectrofotômetro (GloMax Multi, Promega, Madison, WI, EUA) (Figura 33) utilizando o comprimento de onda de 600 nm.³⁵



Figura 32. Aplicação de ácido acético 30%.



(A)

(B)

Figura 33. (A) Espectrofotômetro GloMax Multi, Promega, Madison, WI, EUA; (B) Leitura quantificada por absorvância.

2.9 Análise estatística

Os dados foram inicialmente avaliados quanto à distribuição normal (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) e igualdade de variância (teste de Levene). Em seguida, a análise de variância fatorial dois-fatores (Two-way ANOVA) e os testes de comparações de Tukey foram utilizados. Os testes foram utilizados com nível de significância $\alpha = 0,05$ e a análise estatística foi realizada com utilização do *software* Sigma Plot (Versão 13.1, Systat Software Inc., San Jose, CA, USA).

3 RESULTADOS

3.1 Dureza Knoop

Ambos os fatores “tipo de resina” ($p = 0,001$) e “material para modelagem” ($p < 0,001$) afetaram a dureza (KHN), e a interação entre os fatores também foi significativa ($p = 0,005$). Os valores de dureza estão apresentados na Tabela 3.

Para o grupos que utilizaram a resina composta Vittra, o grupo controle demonstrou os maiores valores de dureza Knoop. Quando a mesma resina Vittra foi utilizada, o Wetting Resin apresentou os menores valores de dureza Knoop. O Scotchbond e Single Bond Universal apresentaram valores intermediários, sendo que este último não apresentou diferença estatística quando comparado ao Wetting resin. A resina Z350 XT também apresentou maior dureza Knoop quando submetida ao grupo controle, quando comparada aos

demais grupos que também utilizaram esta resina. Já os grupos que utilizaram a Z-350 XT com Wetting resin e Single Bond Scotchbond, os valores de dureza Knoop encontrados foram intermediários, enquanto que Single Bond Universal apresentou os menores valores.

Não houve diferença estatística entre o tipo de resina, Vittra ou Z-350 XT, quando os espécimes foram submetidos aos controle ou Single Bond Universal. A resina Z350 XT apresentou maiores valores de dureza quando comparados a resina Vittra ao serem tratados com os líquidos para modelagem Wetting resin e Scotchbond.

Tabela 3. Média \pm desvio padrão da dureza Knoop (KHN) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 10).

	Vittra	Z350 XT
Controle	73,74 \pm 2,62 Aa	74,55 \pm 2,79 Aa
Wetting resin	49,60 \pm 3,69 Bc	57,43 \pm 3,51 Ab
Scotchbond	54,19 \pm 3,72 Bb	59,10 \pm 3,75 Ab
Single Bond Universal	52,82 \pm 3,75 Abc	52,28 \pm 3,33 Ac

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam os líquidos para modelagem ($p < 0.05$).

3.2 Ângulo de contato

Apenas o fator “material para modelagem” ($p = 0,003$) interferiu nos resultados do ângulo de contato, enquanto “tipo de resina” não ($p = 0,606$). A interação entre os fatores foi significativa ($p = 0,028$). Os resultados de ângulo de contato estão apresentados na Tabela 4.

Os maiores valores de ângulo de contato foram encontrados nos grupos Scotchbond e Single Bond Universal para a resina composta Vittra, enquanto o grupo controle obteve os menores valores. O Wetting resin apresentou valor intermediário de ângulo de contato, sem diferença estatística dos demais tratamentos. Não houve diferença estatística entre os líquidos para modelagem para a resina Z350 XT.

Dentro do grupo controle e do Scotchbond, o tipo de resina é importante, no qual para o grupo controle, a resina Z350 XT apresentou maior ângulo de contato, e para o grupo Scotchbond a resina Vittra apresentou maior ângulo de contato. Dentro do Single Bond Universal e Wetting resin, não teve diferença estatística entre as resinas.

Tabela 4. Média \pm desvio padrão do ângulo de contato (ϕ) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 3).

	Vittra	Z350 XT
Controle	67,64 \pm 0,66 Bb	77,33 \pm 1,76 Aa
Wetting resin	76,63 \pm 3,3 Aab	74,56 \pm 0,88 Aa
Scotchbond	90 \pm 3,22 Aa	78,73 \pm 3,12 Ba
Single Bond Universal	84,80 \pm 2,54 Aa	79,63 \pm 2,64 Aa

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam os líquidos para modelagem ($p < 0.05$).

3.3 Rugosidade

Apenas o fator “material para modelagem” ($p = < 0,001$) afetou a rugosidade, que não foi modificado pelo “tipo de resina” ($p = 0,967$). A interação entre os fatores avaliados também não foi significativa ($p = 0,219$). Os resultados de rugosidade (Ra) estão apresentados na Tabela 5.

Independentemente do tipo de resina, o controle e o Single Bond Universal resultaram nos menores valores de Ra. O Wetting resin apresentou os maiores valores de Ra. Valores intermediários de Ra foram observados para o Scotchbond, sem diferença dos demais tratamentos.

Tabela 5. Média \pm desvio padrão da rugosidade (Ra) de acordo com tipo de resina e material para modelagem (n = 10).

	Vittra	Z350 XT
Controle	0,27 \pm 0,14 Aa	0,26 \pm 0,09 Aa
Wetting resin	0,52 \pm 0,22 Ab	0,44 \pm 0,09 Ab
Scotchbond	0,38 \pm 0,30 Aab	0,40 \pm 0,07 Aab
Single Bond Universal	0,24 \pm 0,27 Aa	0,39 \pm 0,12 Aa

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam os líquidos para modelagem ($p < 0.05$).

3.4 Formação de biofilme

Ambos os fatores “tipo de resina” ($p = 0,335$) e “material para modelagem” ($p = 0,434$) não afetaram a formação de biofilme (UFC/ml) dos espécimes, assim como a interação

entre os fatores também não foi significativa ($p = 0,412$). Dessa forma, não houve diferença estatística entre os grupos tanto para o uso de líquidos para modelagem quanto para o tipo de resina.

Um valor de $OD_{600} < 0,1$, foi considerado como ausência de formação de biofilme, correspondendo ao controle negativo (sem bactérias) na câmara de fluxo. Apenas o fator “tipo de resina” ($p = 0,034$) afetou a biomassa (polissacarídeos e bactérias), que não foi modificado pelo fator “material para modelagem” ($p = 0,925$), e a interação entre os fatores não foi significativa ($p = 0,208$). Os valores para ambos os métodos estão representados na Tabela 6.

Independentemente do material para modelagem, os espécimes da resina Vittra apresentaram menor acúmulo de biomassa total por densidade óptica, quando comparados a resina Z350 XT.

Tabela 6. Média \pm desvio padrão da formação de biofilme por UFC/ml (log 10) e biomassa por densidade óptica (600nm) de acordo com tipo de resina e material para modelagem ($n = 3$).

	Formação de biofilme (UFC/ml)		Biomassa/Densidade Óptica	
	Vittra	Z350 XT	Vittra	Z350 XT
Controle	1,38 \pm 0,31 Aa	1,72 \pm 0,25 Aa	3,83 \pm 0,35 Aa	4,34 \pm 0,42 Ba
Wetting resin	1,75 \pm 0,23 Aa	1,78 \pm 0,10 Aa	3,94 \pm 0,53 Aa	4,36 \pm 0,31 Ba
Scotchbond	1,60 \pm 0,54 Aa	1,92 \pm 0,06 Aa	3,91 \pm 0,37 Aa	4,89 \pm 0,59 Ba
Single Bond				
Universal	1,75 \pm 0,25 Aa	1,60 \pm 0,07 Aa	4,00 \pm 0,15 Aa	4,61 \pm 0,11 Ba

* Letras maiúsculas distintas na coluna indicam diferença estatística entre as resinas compostas. Letras minúsculas nas linhas comparam os líquidos para modelagem ($p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

A crescente exigência dos pacientes e a busca por um sorriso harmonioso, levaram os clínicos a alcançarem restaurações cada vez mais estéticas.² No intuito de facilitar a construção de restaurações com resinas compostas, os agentes umectantes podem ser utilizados tanto na técnica de estratificação (adição entre as camadas), bem como, para facilitar a escultura final.^{16,19} O presente estudo é um dos poucos que buscaram identificar os efeitos dos materiais para modelagem em diversas propriedades físicas das resinas, quando usado na camada superficial. As propriedades das resinas compostas têm sido constantemente avaliadas a fim de se investigar a longevidade desse material quando exposto a diversas simulações de condições bucais.

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, os valores de dureza foram distintos entre os diferentes tipos de líquidos para modelagem, os quais foram significativamente inferiores quando comparados a resina com ausência de material para modelagem. O grau de redução variou entre os materiais, portanto, a primeira hipótese nula foi rejeitada. Esse achado está de acordo com outros estudos.^{28,36} Embora as alterações na estrutura e propriedades das resinas compostas estejam mais relacionadas aos componentes da matriz polimérica, o tamanho e o tipo de partícula de carga também podem influenciar na resistência à degradação deste material, principalmente na dureza.^{8,37} Isso justifica os maiores valores de dureza Knoop encontrados para os grupos controles independente das resinas testadas, uma vez que apresentam maior conteúdo de carga inorgânica ao comparar com os outros grupos.

Embora se espera que a camada superficial finalizada com os materiais para modelagem possa ser removida pelo procedimento de acabamento e polimento, pode ser que os mesmos sejam difundidos para camadas mais profundas da resina. Portanto, sugere-se que houve um aumento do conteúdo orgânico total, ao incorporar os líquido para modelagem sobre a resina, justificando os menores valores para dureza na presença dos modeladores. Assim, ao ser avaliada, a superfície pode não ser composta somente pelo material para modelagem, mas também ter influência da resina utilizada. Ao se comparar os valores de dureza quando a resina foi tratada com Wetting resin e Scotchbond foram encontrados maiores valores para a Z350 XT comparados com a Vittra (~72% de peso de carga), uma vez que a Z350 XT (~78% de peso de carga) apresenta maior conteúdo de partículas de carga, no que se refere a peso, segundo as informações contidas nos catálogos dos fabricantes.³⁸ Vale lembrar que o Wetting resin apresenta 45% de carga, e por isso maior viscosidade comparado aos adesivos, o que confere uma superfície irregular, e que pode influenciar na indentação

durante o teste de dureza Knoop. Já o Single Bond Universal apesar de possuir carga, não é informado qual tipo e quantidade de partícula e o Scotchbond não apresenta conteúdo inorgânico, o que nos leva a acreditar que isso pode refletir nos menores valores de dureza quanto utilizados como material para modelagem em ambas as resinas. Além disso, os adesivos possuem em sua composição, o HEMA, monômero hidrofílico que causa a absorção de água³⁹ e poderia ocasionar menores valores de dureza.

Em termos de resistir às forças mastigatórias, a microdureza é uma das propriedades mecânicas *in vitro* mais importante das resinas compostas. Apesar dos baixos valores de dureza atribuídos aos grupos que utilizaram os materiais para modelagem, há relatos na literatura que encontraram efeito benéfico do conjunto resina modelada ao utilizar os mesmos adesivos utilizados no presente estudo. Além disso, sugeriram melhora na coesão e estabilidade do material, evitando a hidrólise rápida e redução na ocorrência e propagação de fissuras sob diferentes condições de carregamento mecânico e comportamento de fratura.^{19,40-42} Mais estudos são necessários, principalmente sob condições *in situ* e *in vivo* para detectar essa controvérsia.

Os maiores valores de ângulo de contato encontrados foram quando utilizou a resina composta Vittra com os respectivos líquidos para modelagem, adesivo Scotchbond ($90 \pm 3,22$) e Single Bond Universal ($84,80 \pm 2,54$). Dessa forma, a segunda hipótese nula foi rejeitada. Esses valores sugerem um ambiente mais hidrofóbico, ou seja, com menor afinidade pela água. O Scotchbond obteve um maior ângulo de contato comparado ao Single Bond Universal, um fator relevante, pois ambos possuem o monômero BisGMA, que é um composto de grupamento hidrofóbico¹⁰ (Tabela 1). No entanto, a porcentagem desse monômero é consideravelmente maior para o Scotchbond Multipurpose (60 – 70%), justificando a menor molhabilidade desse compósito, que atuou como uma barreira protetora. Outra plausível explicação é que esses adesivos não possuem o diluente TEGDMA¹⁴, que é um monômero hidrofílico (contem éteres hidrofílicos), e leva a sorção de água pelo polímero.⁴³ Entretanto, esse monômero acrescido na composição da resina composta apresenta uma função significativa, visto que aumenta a polimerização e diminui a viscosidade da resina para facilitar o manuseio e escultura.¹⁴

Seguindo este mesmo raciocínio, espera-se que a presença do monômero BisGMA hidrofóbico justifique o maior ângulo de contato para o grupo controle da resina Filtek em comparação a Vittra¹⁰. Isso porque a resina Vittra não possui BisGMA nem BisEMA em sua composição, e sim monômeros metacrílicos como UDMA e TEGDMA.¹⁴ Esses monômeros possuem na estrutura molecular grupamentos carboxílicos e hidroxilas que são mais

propensos a hidrólise⁴³, aumentando sua molhabilidade. Além disso, a presença do iniciador APS (Advanced Polymerization System) pode indicar uma natureza complexa e influenciar na química do material, embora seja um componente confidencial da empresa. Os demais grupos que utilizaram a resina Vittra apresentaram maiores ângulos de contato, justamente pela característica dos materiais para modelagem utilizados na superfície. Esperava-se que os mesmos grupos de materiais para modelagem apresentassem o mesmo comportamento para a resina Z350 XT. Porém, algum tipo de reação química ou interação com a resina pode ter acontecido para que obtivesse menores valores de ângulo de contato comparados a Vittra.

A camada final da restauração tem um efeito determinante sobre a estética, estabilidade de cor e rugosidade superficial da resina composta.⁴⁴ Restauração bem polida e lisa reduz o acúmulo de placa e, conseqüentemente, diminuem o risco de cárie secundária e manchamento.²⁵ Os achados deste trabalho mostraram diferenças na rugosidade superficial entre os líquidos para modelagem, o que leva a terceira hipótese nula ser rejeitada. O grupo controle e Single Bond Universal apresentaram os menores valores de Ra, enquanto o Wetting resin apresentou os maiores, decorrente da maior viscosidade do material. Diferentemente, os adesivos são menos viscosos e conseqüentemente resultaram em menores valores de rugosidade.³² No entanto, em relação ao tipo de resina composta não houve diferença estatística, justificado pela maior quantidade de pequenas partículas de carga para ambas. Partículas de carga menores conferem boas propriedades mecânicas e físicas para as resinas compostas, como exemplo menor rugosidade superficial.^{20,45,46} A resina Z350 XT é nanoparticulada com partículas a partir de uma mistura de sílica com tamanho de 20 nm e zircônia com tamanho de 4-11 nm e a Vittra é nanohíbrida com cargas de silicato de zircônia, com partículas de 100-200 nm. Todas as informações foram consideradas conforme o fabricante (Tabela 1).

A quantidade de adesão de *S. mutans* não se diferiu entre os diferentes tipos de líquidos para modelagem. Portanto, a quarta hipótese nula foi aceita para a metodologia de UFC/ml. Existem muitos estudos *in vitro* e *in vivo* que demonstram a influência das características da superfície como a rugosidade superficial, na adesão bacteriana,²³⁻²⁵ assim como outros sugerem ausência desse efeito.²⁶ Porém, neste estudo, não teve diferença estatística entre os materiais para modelagem e os tipos de resina na adesão bacteriana por UFC/ml. A presença da película adquirida decorrente da saliva artificial pode ter mascarado as diferenças entre as superfícies respectivas dos grupos testados.⁴⁷ Da mesma forma, as características morfológicas, como tamanho da partícula de carga, forma e distribuição da composição da matriz inorgânica para ambas as resinas podem ter influenciado neste

resultado, levando em consideração que todos os grupos passaram pelo mesmo procedimento de polimento.²⁰

Por outro lado, apesar do tipo de resina não ter apresentado diferenças entre si na rugosidade superficial e formação de biofilme na UFC/ml de *S. mutans*, a Z350 XT apresentou maior acúmulo de biomassa total. Esse resultado sugere ter influência da presença do monômero BisGMA, que é liberado no ambiente oral frente a alguns fatores como a polimerização, hidrólise e degradação mecânica.⁴⁸ Apesar de reduzir o crescimento e a viabilidade de *S. mutans*,²³ curiosamente, o número de células mortas no biofilme aumentou significativamente na presença de BisGMA. Isso pode ser explicado pela capacidade que este monômero tem de diminuir a resistência ao estresse ácido e por consequência aumentar o acúmulo de polissacarídeo intracelular e o transporte de açúcar em *S. mutans* no meio contendo sacarose. Assim, neste estudo a composição dos materiais pareceu exercer maior influência na superfície do que a rugosidade. A análise por coloração com cristal violeta também inclui a matriz extracelular de polissacarídeos (que protege e envolve as colônias bacterianas), ou seja, identifica uma medida das bactérias vivas, mortas e fragmentadas.⁴⁹ Em contrapartida, a análise por UFC quantifica somente o número de bactérias viáveis, com capacidade de multiplicação e com metabolismo ativo.^{50,51}

Considerando os resultados do presente estudo, quanto ao ângulo de contato, rugosidade superficial e adesão bacteriana, os adesivos podem ser utilizados como agentes umectantes para facilitar a construção das restaurações sem prejudicar essas propriedades físicas das resinas compostas. Apresentam ainda como vantagem a facilidade no uso e a disponibilidade para os clínicos em seus consultórios odontológicos. Quanto à resina composta, são necessários mais estudos que avaliem outros tipos para detectar se a composição dos monômeros realmente é o fator mais influente. No presente estudo *in vitro* foi avaliado de forma pioneira o ângulo de contato e adesão bacteriana desses materiais para modelagem, contribuindo para o avanço dos estudos nessa área. Portanto, mais estudos devem ser realizados para avaliar o efeito de diferentes líquidos para modelagem, e poder assim estimar outros parâmetros físicos e químicos, tais como a quantidade de líquido ideal, oscilação de pH presente na cavidade oral, dentre outros. Além dessas possibilidades, estudos com uma variedade de espécies de bactérias, principalmente sob condições *in situ* e *in vivo*, uma vez que neste estudo foi utilizado somente uma cepa de bactéria para adesão e formação de biomassa bacteriana, não simulando de forma adequada a microbiota bucal.

5 CONCLUSÃO

Apesar das limitações desse estudo *in vitro*, é possível concluir que:

1. O uso dos adesivos Scotchbond e Universal aumentou o ângulo de contato das resinas compostas e manteve a rugosidade superficial e adesão bacteriana de *S. mutans*.
2. Z350 XT apresentou maiores valores de dureza e maior acúmulo de biomassa total. Vittra e Z350 XT tiveram comportamentos similares para ângulo de contato, rugosidade e adesão bacteriana por UFC/ml.
3. Dessa forma, os adesivos podem ser utilizados como agentes umectantes para facilitar a construção das restaurações em resinas compostas sem prejudicar as propriedades físicas de ângulo de contato, rugosidade e formação de biofilme das resinas compostas, com exceção da dureza.

6 REFERÊNCIAS

1. Ferracane JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):29-38.
2. Borgia E, Baron R, Borgia JL. Quality and Survival of Direct Light-Activated Composite Resin Restorations in Posterior Teeth: A 5- to 20-Year Retrospective Longitudinal Study. *J Prosthodont.* 2019 Jan;28(1):e195-e203.
3. Hirata R, Clozza E, Giannini M, Farrokhmanesh E, Janal M, Tovar N, Bonfante EA, Coelho PG. Shrinkage assessment of low shrinkage composites using micro-computed tomography. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2015 May;103(4):798-806.
4. AlShaafi MM. Factors affecting polymerization of resin-based composites: A literature review. *Saudi Dent J.* 2017 Apr;29(2):48-58.
5. Martins LC, Oliveira LRS, Braga SSL, Soares CJ, Versluis A, Borges GA, et al. Effect of Composite Resin and Restorative Technique on Polymerization Shrinkage Stress, Cuspal Strain and Fracture Load of Weakened Premolars. *J Adhes Dent.* 2020;22(5):503-514.
6. Nakano EL, de Souza A, Boaro L, Catalani LH, Braga RR, Gonçalves F. Polymerization Stress and Gap Formation of Self-adhesive, Bulk-fill and Flowable Composite Resins. *Oper Dent.* 2020 Nov 1;45(6):E308-E316.
7. Kusuma Yulianto HD, Rinastiti M, Cune MS, de Haan-Visser W, Atema-Smit J, Busscher HJ, van der Mei HC. Biofilm composition and composite degradation during intra-oral wear. *Dent Mater.* 2019 May;35(5):740-750.
8. Yadav R, Kumar M. Dental restorative composite materials: A review. *J Oral Biosci.* 2019 Jun;61(2):78-83.
9. Dionysopoulos D, Gerasimidou O. Wear of contemporary dental composite resin restorations: a literature review. *Restor Dent Endod.* 2021 Feb 25;46(2):e18.
10. Palagummi SV, Hong T, Wang Z, Moon CK, Chiang MYM. Resin viscosity determines the condition for a valid exposure reciprocity law in dental composites. *Dent Mater.* 2020 Feb;36(2):310-319.
11. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Brondani LP, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Effects of modeling liquid/resin and polishing on the color change of resin composite. *Braz Oral Res.* 2016 Aug 18;30(1)
12. Sampaio CS, Garcés GA, Kolakarnprasert N, Atria PJ, Giannini M, Hirata R. External Marginal Gap Evaluation of Different Resin-filling Techniques for Class II Restorations-A Micro-CT and SEM Analysis. *Oper Dent.* 2020 Jul 1;45(4):E167-E175.
13. Rizzante FAP, Bombonatti JSF, Vasconcelos L, Porto TS, Teich S, Mondelli RFL. Influence of resin-coating agents on the roughness and color of composite resins. *J Prosthet Dent.* 2019 Sep;122(3):332.e1-332.e5.

14. Fugolin AP, de Paula AB, Dobson A, Huynh V, Consani R, Ferracane JL, Pfeifer CS. Alternative monomer for BisGMA-free resin composites formulations. *Dent Mater*. 2020 Jul;36(7):884-892.
15. Nagarkar S, Theis-Mahon N, Perdigão J. Universal dental adhesives: Current status, laboratory testing, and clinical performance. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2019 Aug;107(6):2121-2131.
16. Araujo FS, Barros MCR, Santana MLC, de Jesus Oliveira LS, Silva PFD, Lima GDS, Faria-E-Silva AL. Effects of adhesive used as modeling liquid on the stability of the color and opacity of composites. *J Esthet Restor Dent*. 2018 Sep;30(5):427-433.
17. Perdigão J, Araujo E, Ramos RQ, Gomes G, Pizzolotto L. Adhesive dentistry: Current concepts and clinical considerations. *J Esthet Restor Dent*. 2021 Jan;33(1):51-68.
18. Sedrez-Porto JA, Munchow EA, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Translucency and color stability of resin composite and dental adhesives as modeling liquids - A one-year evaluation. *Braz Oral Res* 2017;31:54–61.
19. Münchow EA, Sedrez-Porto JA, Piva E, Pereira-Cenci T, Cenci MS. Use of dental adhesives as modeler liquid of resin composites. *Dent Mater* 2016;32(4):570–577.
20. Cazzaniga G, Ottobelli M, Ionescu AC, Paolone G, Gherlone E, Ferracane JL, Brambilla E. In vitro biofilm formation on resin-based composites after different finishing and polishing procedures. *J Dent*. 2017 Dec;67:43-52.
21. Lemos JA, Palmer SR, Zeng L, Wen ZT, Kajfasz JK, Freires IA, Abranches J, Brady LJ. The Biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Spectr*. 2019 Jan;7(1):10.
22. Kozmos M, Virant P, Rojko F, Abram A, Rudolf R, Raspor P, Zore A, Bohinc K. Bacterial Adhesion of *Streptococcus mutans* to Dental Material Surfaces. *Molecules*. 2021 Feb 21;26(4):1152.
23. Kim DH, Kwon TY. *In vitro* study of *Streptococcus mutans* adhesion on composite resin coated with three surface sealants. *Restor Dent Endod*. 2017 Feb;42(1):39-47.
24. Paula AB, Alonso RCB, Taparelli JR, Camassari JR, Innocentini-Mei LH, Correr-Sobrinho L, Puppini-Rontani RM. Influence of the incorporation of triclosan methacrylate on the physical properties and antibacterial activity of resin composite. *J Appl Oral Sci*. 2019 Sep 9;27.
25. Kurt A, Cilingir A, Bilmenoglu C, Topcuoglu N, Kulekci G. Effect of different polishing techniques for composite resin materials on surface properties and bacterial biofilm formation. *J Dent*. 2019 Nov.
26. Park JW, Song CW, Jung JH, Ahn SJ, Ferracane JL. The effects of surface roughness of composite resin on biofilm formation of *Streptococcus mutans* in the presence of saliva. *Oper Dent*. 2012 Sep-Oct;37(5):532-9.

27. Kutuk ZB, Erden E, Aksahin DL, Durak ZE, Dulda AC. Influence of modeling agents on the surface properties of an esthetic nano-hybrid composite. *Restor Dent Endod*. 2020 Jan 29;45(2):e13.
28. Bayraktar ET, Atali PY, Korkut B, Kesimli EG, Tarcin B, Turkmen C. Effect of Modeling Resins on Microhardness of Resin Composites. *Eur J Dent*. 2021 Jul;15(3):481-487.
29. Liber-Kneć A, Łagan S. Surface Testing of Dental Biomaterials-Determination of Contact Angle and Surface Free Energy. *Materials (Basel)*. 2021 May 21;14(11):2716.
30. Wikant AW, Gedde UW, Hakeberg M, Örtengren UT. Suboptimal light curing and direct exposure to water of two contemporary composites: degree of conversion, sorption, solubility, and Knoop hardness. *Eur J Oral Sci*. 2020 Aug;128(4):345-353.
31. Yu X, He J, Li S, Liu F, Yang J, Deng F. Preparation of experimental resin composites with an anti-adhesion effect against *S. mutans* using branched silicone methacrylate. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020 Jan;101:103.
32. Barbosa, TP. Características funcionais de implantes dentários topografia superficial e molhabilidade. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia de Minas Gerais, 2016. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. 108f.
33. Cortopassi LS, Shimokawa CAK, Willers AE, Sobral MAP. Surface roughness and color stability of surface sealants and adhesive systems applied over a resin-based composite. *J Esthet Restor Dent*. 2020 Jan;32(1):64-72.
34. Bilgili D, DüNDAR A, Barutçugil Ç, Tayfun D, Özyurt ÖK. Surface properties and bacterial adhesion of bulk-fill composite resins. *J Dent*. 2020 Apr;95:103317.
35. Yaghmoor RB, Xia W, Ashley P, Allan E, Young AM. Effect of Novel Antibacterial Composites on Bacterial Biofilms. *J Funct Biomater*. 2020 Aug 1;11(3):55.
36. Tuncer S, Demirci M, Tiryaki M, Unlü N, Uysal Ö. The effect of a modeling resin and thermocycling on the surface hardness, roughness, and color of different resin composites. *J Esthet Restor Dent*. 2013 Dec;25(6):404-19.
37. Atai M, Watts DC, Atai Z. Shrinkage strain-rates of dental resin-monomer and composite systems. *Biomaterials*. 2005 Aug;26(24):5015-20.
38. De Oliveira, R. Estabilidade físico-química de resinas compostas dentais. Faculdade de Odontologia. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador Valadares, 2019. p31.
39. Chou KF, Han CC, Lee S. Water transport in 2-hydroxyethyl methacrylate copolymer irradiated by γ rays in air and related phenomena. *J Polym Sci Pol* 2000;38:659–671.
40. Choi, K.K., Condon, J.R., Ferracane, J.L., 2000. The effects of adhesive thickness on polymerization contraction stress of composite. *J. Dent. Res.* 79, 812–817.

41. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Valente LL, Cenci MS, Pereira-Cenci T. New material perspective for endocrown restorations: effects on mechanical performance and fracture behavior. *Braz Oral Res.* 2019 Feb 11;33:e012.
42. Sedrez-Porto JA, Münchow EA, Cenci MS, Pereira-Cenci T. Which materials would account for a better mechanical behavior for direct endocrown restorations? *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020 Mar;103:103592.
43. Bourbia M, Finer Y. Biochemical Stability and Interactions of Dental Resin Composites and Adhesives with Host and Bacteria in the Oral Cavity: A Review. *J Can Dent Assoc.* 2018 Jan;84:i1.
44. Alkhadim YK, Hulbah MJ, Nassar HM. Color Shift, Color Stability, and Post-Polishing Surface Roughness of Esthetic Resin Composites. *Materials (Basel).* 2020 Mar 18;13(6):1376.
45. Ruivo MA, Pacheco RR, Sebold M, Giannini M. Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. *Microsc Res Tech.* 2019 Oct;82(10):1756-1767.
46. Karatas O, Gul P, Gündoğdu M, Iskenderoglu DT. An evaluation of surface roughness after staining of different composite resins using atomic force microscopy and a profilometer. *Microsc Res Tech.* 2020 Oct;83(10):1251-1259.
47. Ionescu AC, Cazzaniga G, Ottobelli M, Ferracane JL, Paolone G, Brambilla E. In vitro biofilm formation on resin-based composites cured under different surface conditions. *J Dent.* 2018 Oct;77:78-86.
48. Koin PJ, Kilislioglu A, Zhou M, Drummond JL, Hanley L. Analysis of the degradation of a model dental composite. *J Dent Res.* 2008 Jul;87(7):661-5.
49. Feoktistova M, Geserick P, Leverkus M. Crystal Violet Assay for Determining Viability of Cultured Cells. *Cold Spring Harb Protoc.* 2016 Apr 1;2016(4):pdb.prot087379.
50. KRZYŚCIAK, W. et al. The virulence of *Streptococcus mutans* and the ability to form biofilms. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, v. 33, n.4, p. 499-515, 2014.
51. Kim K, An JS, Lim BS, Ahn SJ. Effect of Bisphenol A Glycol Methacrylate on Virulent Properties of *Streptococcus mutans* UA159. *Caries Res.* 2019;53(1):84-95.