

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA
CURSO DE ODONTOLOGIA

Manoela Vieira

**Análise da microdureza de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de
pós-polimerização**

Florianópolis
2023

Manoela Vieira

Análise da microdureza de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de pós-polimerização

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Orientador(a): Prof.(a) Renata Gondo Machado,
Coorientador(a): Prof.(a) Silvana Batalha Silva

Florianópolis
2023

FICHA TÉCNICA

Vieira, Manoela

Análise da microdureza de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de pós-polimerização / Manoela Vieira ; orientador, Renata Gondo Machado , coorientador, Silvana Batalha Silva , 2023.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Saúde, Graduação em Odontologia, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Odontologia. 2. Dureza; Resina Composta; Polimerização. I. Gondo Machado , Renata . II. Batalha Silva , Silvana. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Odontologia. IV. Título.

MANOELA VIEIRA

Análise da microdureza de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de pós-polimerização

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Cirurgiã-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 27 de outubro de 2023

Prof.^a Dr.^a Glaucia Santos Zimmermann
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Renata Gondo Machado
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Maurício Malheiros Badaró
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Sylvio Monteiro Júnior
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, minha fonte de fé e força durante toda minha vida.

Agradeço ao meu pai e minha mãe, Zulmar Vieira e Luciana Turnes Vieira, por não medirem esforços para que eu realize meus sonhos, por sempre me apoiarem e incentivarem. Eu sei o quanto vocês batalharam para que eu alcançasse esse sonho e agradeço imensamente por isso. Essa conquista só foi possível com vocês, por vocês.

Agradeço à minha família, em especial aos meus avós, que tanto aqui de baixo quanto olhando lá de cima, sempre me colocaram em suas orações, torceram pelo meu sucesso e vibraram a cada conquista minha.

Agradeço ao meu namorado e colega de profissão, Daniel Antônio Campos, por todo amor, incentivo e apoio. Nos momentos mais difíceis, ele sempre esteve presente dando confiança e força para seguir em frente. Obrigada por cada palavra de conforto, afeto, paciência e ajuda durante todos esses anos.

Agradeço aos meus amigos de faculdade, em especial à minha turminha 18.1 que sempre esteve comigo desde o princípio, e aos amigos que fiz durante a graduação. Criamos memórias incríveis e enfrentamos momentos de angústia e incertezas, mas tudo se tornou mais leve com vocês.

Agradeço à minha orientadora e coorientadora, Renata Gondo e Silvana Batalha, que sempre foram muito pacientes e solícitas comigo. Vocês me proporcionaram todo auxílio necessário para elaboração dessa pesquisa e me orientaram de maneira única. Obrigada por todo conselho e aprendizado que com certeza levarei para minha vida profissional e pessoal. Suas trajetórias e conquistas são inspiradoras.

Agradeço a todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina, por todo conhecimento transmitido. Em especial aos membros dessa banca, Maurício Malheiros Badaró, Sylvio Monteiro Júnior e Artur Ferronato Soto, que foram muitos importantes para mim durante a faculdade. Muito obrigada por terem aceitado o convite, é um prazer ter pessoas tão inspiradores na minha banca.

Agradeço ao Instituto de Soldagem e Mecatrônica - LABSOLDA por apoiarem essa pesquisa, disponibilizarem o microdurômetro para realizar os testes e por sempre serem muito prestativos. Em especial à Giulia, que me ajudou muito durante a realização dos testes, mostrando-se sempre paciente e disponível para me auxiliar.

Agradeço também à Universidade Federal de Santa Catarina, que durante todos esses anos foi minha segunda casa e que me acolheu tão bem. Ela me proporcionou todo

conhecimento necessário para que eu me tornasse uma pessoa e profissional melhor. Orgulho-me de tê-la como parte da minha história.

Por fim, agradeço imensamente a todos que contribuíram com a minha formação acadêmica, direta ou indiretamente, enriquecendo meu processo de aprendizado e contribuindo para meu crescimento pessoal. Mais um ciclo se encerra e sou extremamente grata a todos que participaram.

RESUMO

A presente pesquisa busca avaliar, a partir de um estudo *in vitro*, o efeito da polimerização adicional na microdureza de resinas compostas. Os espécimes foram confeccionados a partir de dois compósitos resinosos: Vittra APS - Grupo V e Forma - Grupo F utilizando uma matriz metálica, circular, polida, de 3 mm de espessura por 1 cm de diâmetro posicionada entre duas placas de vidro e preenchida com o material. Todas as amostras foram fotopolimerizadas no topo e na base com fotopolimerizador Valo Cordless, durante 60 segundos com potência de 1.000 mW/cm² e distribuídas, aleatoriamente, em quatro grupos (n=10) de acordo com o método de pós-polimerização: Subgrupo 1 (controle) – fotopolimerização sem polimerização adicional; Subgrupo 2 - fotopolimerização adicional por 3 segundos, no topo, com alta potência de 3.200 mW/cm²; Subgrupo 3 - polimerização adicional com aquecimento em micro-ondas imersos em recipiente com 200 ml de água por 4 minutos e 27 segundos em potência máxima de 900W; Subgrupo 4 - polimerização adicional com calor e pressão em autoclave a 129° C, durante 16 minutos, com uma pressão interna de 1,8 Kgf/cm². Todas as amostras receberam polimento com pasta à base de óxido de alumínio e foram armazenadas, individualmente, em caixa com divisórias imersas em água, em temperatura ambiente, e ao abrigo da luz. Após sete dias, os espécimes foram submetidos ao teste de microdureza Vickers (Wilson VH1102, Illinois, EUA), com o qual foi realizado três indentações equidistantes em uma das faces de cada amostra com carga de 100gf (980,7 mN) aplicada durante 10s. Os valores médios foram tabulados e submetidos a análise estatística ANOVA de dois fatores com pós-teste de Bonferroni com significância de 5%. Observou-se que para o grupo V (p=0.141), não houve diferença significativa entre os métodos adicionais de polimerização em relação ao seu grupo controle. Já no grupo F, foi observado que os métodos adicionais apresentaram valores maiores de microdureza quando comparados ao seu grupo controle (p=0.001). Em relação às duas resinas compostas, o subgrupo controle da resina Vittra apresentou maiores valores de microdureza, em comparação a todos os outros subgrupos da resina Forma. Com base nesse estudo, concluiu-se que os métodos de pós-polimerização aumentam a microdureza de resinas compostas, dependendo da composição do material, isso porque a resina Forma apresentou diferença significativa nos grupos que foram submetidos à fotopolimerização adicional, a pós-polimerização em micro-ondas e a pós-polimerização em autoclave quando comparada ao seu grupo controle (sem polimerização adicional), diferente da Vittra APS, que não apresentou mudanças. Dessa maneira, os métodos de pós-polimerização podem ser indicados para aprimorar as propriedades mecânicas de restaurações semidiretas.

Palavras-chave: 1. Dureza. 2. Resina composta. 3. Polimerização

ABSTRACT

The present research evaluates, based on an in vitro study, the effect of additional polymerization on the microhardness of composite resins. The specimens were made from two composite resins: Vittra APS - Group V and Forma - Grupo F using a circular, polished metal matrix, with 3 mm thick and a diameter of 1 cm, positioned between two glass plates and filled with the material. All samples were light-cured at the top and bottom with a Valo Cordless light-polymerizer, for 60 seconds with a power of 1.000 mW/cm² and randomly distributed into four groups (n=10) according to the post-polymerization method: Subgroup 1 (control) – photopolymerization without additional polymerization; Subgroup 2 - additional photopolymerization for 3 seconds, at the top, with high power of 3.200 mW/cm²; Subgroup 3 - additional polymerization with microwave heating immersed in a container with 200 ml of water for 4 minutes and 27 seconds at maximum power of 900W; Subgroup 4 - additional polymerization with heat and pressure in an autoclave at 129° C, for 16 minutes, with an internal pressure of 1.8 Kgf/cm². All samples received aluminum oxide-based paste and were stored in a box, individually, with dividers immersed in water, at room temperature, and protected from light. After seven days, the specimens were subjected to the Vickers microhardness test (Wilson VH1102, Illinois, USA), with which three equidistant indentations were made on one side of each sample with a load of 100gf (980.7 mN) applied for 10s. . The average values were tabulated and subjected to two-way ANOVA statistical analysis with Bonferroni post-test with a significance of 5%. Note that for group V (p=0.141), there was no significant difference between the additional polymerization methods in relation to its control group. In group F, it was observed that the additional methods presented higher microhardness values when compared to the control group (p=0.001). In relation to the two composite resins, the control subgroup of the Vittra resin presented higher microhardness values, compared to all other subgroups of the Forma resin. Based on this study, it was concluded that post-polymerization methods increase the microhardness of composite resins, depending on the composition of the material, this is because the Forma resin showed a significant difference in the groups that were subjected to additional photopolymerization, post-polymerization in microwave and post-polymerization in an autoclave when compared to its control group (without additional polymerization), unlike Vittra APS, which showed no changes. Therefore, post-polymerization methods can be indicated to improve the mechanical properties of semi-direct restorations.

Keywords: 1. Hardness. 2. Composite Resins. 3. Polymerization

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resina Composta Forma.....	27
Figura 2 - Resina Composta Vittra APS.....	27
Figura 3 - Microdurômetro Wilson VH1102 – Vickers Micro-Hardness Tester	27
Figura 4 - Matriz metálica	28
Figura 5 - Aplicação de vaselina na superfície interna da matriz.....	28
Figura 6 - Matriz metálica posicionada sobre placa de vidro.....	28
Figura 7 - Inserção de resina composta	28
Figura 8 - Placa de vidro e folha de poliéster sobre a matriz com resina.....	28
Figura 9 - Fotopolimerização inicial	29
Figura 10 - Mensuração da espessura.....	29
Figura 11 - Pastas Diamond AC I e AC II.....	30
Figura 12 - Polimento do espécime com disco de feltro e pasta	30
Figura 13 - Divisão em grupos e subgrupos dos espécimes utilizados no estudo.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação, composição e informações sobre as resinas compostas do estudo.....	26
Quadro 2 - Equipamentos utilizados no estudo.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média \pm desvio padrão dos valores de microdureza Vickers das resinas Vittra e Forma após diferentes métodos de polimerização adicional.	33
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

atm – atmosfera

cm – centímetro

BIS (EMA) – Bisfenol A - polietileno glicol dieter dimetacrilato

BIS (GMA) – Bisfenol Glicidil Metacrilato

°C – grau Celsius

EUA – Estados Unidos da América

g – grama

gF – grama-força

h – horas

J/cm² – Joule por centímetro quadrado

kg/cm³ – quilograma por centímetro cúbico

Kgf/cm² – quilograma força por centímetro quadrado

KHN – Microdureza Knoop

LED – Diodo Emissor de Luz

min – minuto

ml – mililitro

mm – milímetro

mN – milínewton

mW/cm² – miliwatts por centímetro quadrado

nm – nanômetro

s – segundos

TEGDMA – Trietileno Glicol Dimetacrilato

UDMA – Uretano Dimetacrilato

W – Watts

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Por cento

< – Menor que

= – Igual a

+ – Mais

± – Mais ou menos

p – Significância estatística

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3 OBJETIVOS.....	25
3.1 OBJETIVO GERAL.....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4 HIPÓTESE DO ESTUDO.....	25
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
5.1 MATERIAIS.....	26
5.2 MÉTODOS.....	27
5.2.1 – Confeção dos espécimes.....	27
5.2.2 – Divisão dos grupos.....	30
5.2.3 – Métodos de pós-polimerização.....	31
5.2.3.1 <i>Fotopolimerização adicional.....</i>	<i>31</i>
5.2.3.2 <i>Polimerização adicional com calor (Micro-ondas com umidade)...</i>	<i>31</i>
5.2.3.3 <i>Polimerização adicional com calor e pressão (Autoclave).....</i>	<i>32</i>
5.2.4 – Avaliação da microdureza.....	32
5.2.5 – Análise estatística.....	32
6 RESULTADOS.....	33
7 DISCUSSÃO.....	35
8 CONCLUSÃO.....	39
REFERÊNCIAS.....	40
ANEXO 1 – ATA DE DEFESA.....	43

1 INTRODUÇÃO

As resinas compostas constituem materiais que mimetizam a aparência de dentes naturais, o que as torna amplamente utilizadas e populares na Odontologia Restauradora, restabelecendo satisfatoriamente a estética e a função (PHILLIPS, 2013). Sua composição baseia-se em três substâncias principais: matriz orgânica com alta densidade de ligações cruzadas, reforçada pela dispersão de partículas de carga mineral, de vidro ou resinosas e/ou fibras curtas, ligadas à matriz através de agentes de união silânicos (PHILLIPS, 2013). Entre suas indicações, esses compósitos resinosos podem ser empregados como agentes adesivos, cimentos para coroas e facetas, selantes de sulcos e fissuras e como materiais restauradores de cavidades (PHILLIPS, 2013).

As resinas compostas podem ser utilizadas em restaurações, por 3 técnicas principais: direta, semidireta e indireta. A seleção do método restaurador depende do número, extensão e localização da cavidade (ALHARBI *et al.*, 2013). A técnica direta, popularmente utilizada, consiste na aplicação do material em pequenos incrementos dentro da cavidade em uma única sessão e é considerada uma técnica rápida, segura e barata. Entretanto, apresenta como desvantagem a contração de polimerização, que pode gerar infiltrações marginais e hipersensibilidade (DIAS *et al.*, 2020).

O método indireto consiste em confeccionar a restauração extra oralmente, por um técnico em laboratório. Em comparação a técnica direta, apresenta vantagens como melhor reprodução da anatomia oclusal, com adaptação marginal ideal e propriedades mecânicas e físicas superiores, devido aos métodos de pós-polimerização em temperaturas elevadas. Entretanto, essa técnica requer maior tempo clínico, confecção de provisório e uma etapa laboratorial, elevando os custos e o número de consultas clínicas (MONTEIRO *et al.*, 2017).

Em vista disso, a técnica semidireta é uma excelente opção, pois reuni as vantagens das técnicas direta e indireta, apresentando custo baixo, menor tempo clínico e um desgaste dental mais conservador (MONTEIRO *et al.*, 2017; MARQUES *et al.*, 2015). Este método restaurador possui as mesmas indicações da técnica indireta e consiste na restauração confeccionada em ambiente extra oral pelo próprio cirurgião-dentista no consultório, permitindo que o trabalho seja concluído em apenas uma sessão (MONTEIRO *et al.*, 2017; MARQUES *et al.*, 2015). Nesta técnica, as propriedades mecânicas e físicas podem ser aprimoradas, porque as resinas são submetidas a

processos de polimerização adicional, assim como na técnica indireta. O uso de métodos complementares como calor, pressão e temperatura aumenta o grau de conversão de monômeros em polímeros e tornam o processo de polimerização mais efetivo e simples (SOARES *et al.*, 2023).

A polimerização é uma etapa muito importante durante a rotina clínica e quando não realizada com excelência, pode causar degradação marginal e pouca resistência ao desgaste da restauração (GONULOL *et al.*, 2015). Esse processo consiste na mudança de estado físico da resina composta, a partir da ativação de fotoiniciadores presentes no compósito, que geralmente são as canforoquinonas e aminas terciárias. Quando ativadas, iniciam a conversão de monômeros em polímeros, passando assim o material restaurador do estado viscoso para o sólido (LINS *et al.*, 2023).

O material restaurador considerado ideal deve apresentar biocompatibilidade, estabilidade de cor, resistência ao desgaste, propriedades mecânicas adequadas e baixo custo (VERAS *et al.*, 2015). Dessa maneira, para alcançar um resultado adequado, é necessário o conhecimento de suas características mecânicas e uma adequada polimerização (LINS *et al.*, 2023).

Uma forma de avaliar as propriedades mecânicas dos materiais restauradores é a mensuração da microdureza, que determina a resistência de um material à penetração (CARRILLO-COTTO *et al.*, 2021). Esta análise pode ser considerada um indicativo indireto da resistência do material ao desgaste na cavidade bucal e pode ser empregada como um indicador da capacidade de um material resistir a riscos (RÊGO *et al.*, 2020).

Diante da diversidade de marcas comerciais, da ampla divulgação da técnica semidireta e na busca de materiais restauradores com propriedades ideais, essa pesquisa teve como objetivo avaliar a eficácia dos diferentes métodos de polimerização adicional na microdureza de diferentes resinas compostas utilizadas na técnica restauradora semidireta.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Gomes Filho *et al.* (2008), em um estudo *in vitro*, avaliaram a microdureza de uma resina composta, submetida a diferentes métodos de polimerização complementar, incluindo um protótipo experimental. Para o estudo, 50 espécimes da resina composta Fill Magic (Vigodent, Rio de Janeiro, Brasil) foram confeccionados, com o auxílio de uma matriz metálica de 2 mm de espessura e 25 mm de diâmetro. As amostras foram divididas em 5 grupos conforme o método de polimerização: Grupo 1: polimerização convencional com fotopolimerizador Ultralux (Dabi Atlante, São Paulo, Brasil) por 40s com potência de 480mW/cm²; Grupo 2: polimerização convencional + polimerização complementar com calor seco (estufa) por 10 minutos a 120°C; Grupo 3: polimerização convencional + polimerização complementar com calor úmido (autoclave) em um ciclo de 21 minutos por 121°C e pressão atmosférica de 1,5atm; Grupo 4: polimerização convencional + polimerização complementar com energia de micro-ondas por 3 minutos com potência de 560W; Grupo 5: polimerização convencional + polimerização complementar com calor e luz por 20 minutos, com potência de 1500mW/cm² em um protótipo experimental que consiste em uma caixa cúbica revestida internamente com espelhos e uma lâmpada. Posteriormente, as medidas de microdureza Knoop foram realizadas em um microdurômetro modelo HMV-2 (Shimadzu, Japão), aplicando uma carga de 50g por 15s, em 5 pontos equidistantes da amostra. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância ANOVA, seguida de teste de comparação múltipla de Tukey. A partir dos resultados, observou-se que todas as técnicas de pós-polimerização se mostraram eficientes no aumento da microdureza Knoop, com destaque para a região superficial da amostra, que apresentou valores maiores quando comparada à região mais profunda, independente do método de polimerização utilizado. Ainda, o grupo 5, que recebeu polimerização complementar com calor e luz, apresentou uma diferença significativa em relação aos demais grupos. O menor valor foi o do grupo 1, que recebeu a polimerização convencional. Como conclusão, pode-se dizer que todas as técnicas de polimerização complementar são eficientes para aumentar a dureza da resina composta Fill Magic e que o uso do protótipo experimental pode ser recomendado como um novo método alternativo dentro dos métodos de polimerização adicional.

Poskus *et al.* (2009), em um estudo *in vitro*, avaliaram a influência de métodos de pós-polimerização na dureza e na adaptação marginal de resinas compostas em

restaurações inlay. Para o estudo, 3 marcas de resina composta: Filtek Z250 (3M ESPE, Minnesota, EUA) Opallis (FGM, Santa Catarina, Brasil) e Esthet-X (Dentsply, Constança, Alemanha) foram testadas, e para cada uma foram criados 3 subgrupos de acordo com método de pós-polimerização: grupo controle (fotopolimerização por 40s); grupo autoclave (fotopolimerização por 40s + autoclave em 130°C por 15 min); e grupo micro-ondas (fotopolimerização por 40s + micro-ondas em 450W por 3 min). Após 24h de armazenamento em água destilada, 3 indentações foram realizadas para avaliação da microdureza Vickers (Bühler, Illinois, EUA), sob 50gF por 15s. A média das três medidas foi calculada e submetida à análise estatística ANOVA. De acordo com os resultados, os métodos de pós-polimerização aumentaram os valores de microdureza e a adaptação marginal das resinas compostas. Além disso, a resina Filtek Z250 apresentou melhores resultados, com maior dureza e menores valores de *gap* na margem cervical.

Em 2012, Santana *et al.* avaliaram a microdureza de resinas compostas diretas que foram submetidas a um tratamento térmico após a polimerização. Para o estudo, foram confeccionadas 14 amostras retangulares (10 x 2 x 2 mm) para cada marca de resina avaliada: FillMagic (Vigodent, Rio de Janeiro, Brasil), Glacier (SDI Limited Bayswater, Victoria, Austrália), Natural Look (DFL, Rio de Janeiro, Brasil), Prisma APH (Dentsply, Milford, EUA) e TE-Economic (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) que foram divididas aleatoriamente em 2 grupos: controle e experimental. Após a fotoativação por uma unidade de luz do tipo Ultraled (Dabi Atlante, São Paulo, Brasil) com potência de 600mW/cm² por 40s, o grupo experimental foi submetido também ao tratamento de calor a uma temperatura padronizada de 170°C em um forno de fundição (OVMAT 7, Manfredi S.p.A., Torino, Itália) por 10 minutos. Em seguida, a microdureza Knoop (KHN) foi avaliada com microdurômetro Vickers modelo HMV-2/2T (Shimadzu, Japão) em 3 pontos, com diferentes profundidades (0,2mm; 1 mm e 2 mm) em cada superfície da amostra aplicando uma carga de 100g por um tempo de permanência de 15 segundos. O valor médio do KHN foi obtido nas 3 leituras e submetido ao método ANOVA. Por fim, o estudo concluiu que o aumento dos valores de microdureza dependeu do tipo de resina composta. As marcas TE-Economica, Natural Look e Prisma foram significativamente melhoradas pelo tratamento térmico, enquanto que a FillMagic e Glacier permaneceram inalteradas após o processo de pós-polimerização. Além disso, observou-se que as áreas mais próximas

às superfícies irradiadas (0,2 mm) mostraram melhores resultados de microdureza do que as demais áreas testadas (1 e 2 mm), tanto no grupo controle quanto experimental.

Dimer *et al.* (2015) avaliaram a influência de diferentes métodos de polimerização complementar na microdureza de compósitos diretos comparados a uma resina laboratorial. Para o experimento, as amostras foram confeccionadas com as resinas de uso direto Opallis (FGM, Joinville, Brasil) e FillMagic (Vigodent S.A. Ind. Com. Bonsucesso, Rio de Janeiro, Brasil) e de uso indireto Ceramage (Shofu Corporação Odontológica, Kyoto, Japão), que foram polimerizadas, segundo recomendações do fabricante, com fotopolimerizador LED com potência de 400mW/cm² (LD Max Gnatus, São Paulo, Brasil). Logo depois, os compósitos de uso direto foram submetidos aos métodos de pós-polimerização e divididos, de maneira aleatória, em três grupos (n=5): grupo de controle negativo (fotopolimerização convencional); polimerização adicional com luz (80s) e polimerização complementar em autoclave a 134°C por 7 minutos, em uma pressão de 2,5kg/cm³ (Ortosintese, São Paulo, Brasil). O quarto e último, grupo de controle positivo, consiste em cinco amostras confeccionadas a partir da resina laboratorial. Os espécimes foram armazenados, por uma semana, em água sobre abrigo da luz e depois, submetidos ao teste de dureza em microdurômetro do tipo Vickers (INSIZE, São Paulo, Brasil) com carga de 100gF com duração de 10 segundos. Os dados foram comparados entre si utilizando o método estatístico ANOVA. Como resultado, a resina laboratorial Ceramage foi a que apresentou maior valor de microdureza Vickers, com diferença significativa quando comparada aos outros compósitos do estudo. Além disso, a resina Opallis apresentou melhores valores de microdureza no grupo autoclave e a FillMagic não mostrou diferença significativa dos grupos experimentais em relação ao controle.

Oliveira *et al.* (2015) realizaram um estudo *in vitro* com resinas compostas submetidas também aos métodos de polimerização adicional, com o objetivo de avaliar a rugosidade superficial e a resistência à microdureza desses compósitos. Para isso, três marcas de resina composta com indicação de uso direto foram avaliadas: Z100 (3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil), Z350 (3M ESPE, Sumaré, São Paulo, Brasil) e Opallis (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) e uma resina laboratorial: Solidex (Shofu, Kyoto, Kinki, Japão). Foram confeccionados 82 corpos de prova cilíndricos utilizando uma matriz bipartida de teflon com diâmetro de 4 mm e 2 mm de profundidade. O grupo das resinas de indicação direta (Z100, Z350 e Opallis) foi

dividido em dois subgrupos: somente fotopolimerização por 40 segundos e fotoativação convencional por 40 segundos + polimerização adicional com EDG-LUX (EDG, São Carlos, São Paulo, Brasil) durante 7 minutos. A resina laboratorial Solidex também foi submetida à fotoativação convencional por 40 s + polimerização adicional com EDG-LUX por 7 min. Após o polimento das amostras, foi realizada a perfilometria com perfilômetro Hommel Tester T1000 (Jenoptik AG, Jena, Alemanha) e, em seguida, foi avaliada a microdureza (Future Tech, Tóquio, Japão) com penetrador tipo Knoop, com carga de 25 gramas por 5 segundos. Os dados coletados foram analisados com o método estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis e o de comparação múltipla de Dunm. Como resultado, observou-se que a resina para uso direto Z100 teve maiores valores de microdureza, independente da fotoativação adicional. Já, a resina de uso indireto Solidex, apresentou os menores valores de microdureza. Em relação à rugosidade superficial, não houve diferença estatística significativa entre as resinas avaliadas. Em vista disso, concluiu-se que as resinas de uso direto submetidas aos métodos de polimerização adicional podem ser utilizadas, satisfatoriamente, de forma indireta.

Oliveira *et al.* (2016) avaliaram a influência dos métodos de pós-polimerização no grau de conversão e rugosidade de resinas compostas diretas, utilizadas em restaurações indiretas, com o objetivo de comparar com método convencional de fotopolimerização. Para o estudo *in vitro*, foram utilizadas 2 marcas de resina: Filtek Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA) e Amelogen (Ultradent Inc., South Jordan, UT, EUA). Em seguida, as amostras foram divididas em 3 grupos: método convencional de fotopolimerização com 48J/cm² (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein); pós-polimerização em micro-ondas por 4 minutos em alta potência de 1000mW (MEF41, Eletrolux, Estocolmo, Suécia); e pós-polimerização em ciclo de autoclave por 40 minutos a 121°C. Logo depois, o grau de conversão foi medido por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier com Refletância Total Atenuada (ATR-FTIR, PerkinElmer, MA, EUA) e a rugosidade superficial foi determinada com um medidor de rugosidade (Mitutoyo, Kanagawa, Japão). Os dados foram submetidos à análise bidirecional de variância (ANOVA) e teste de Tukey para múltiplas comparações. Os resultados mostraram que o grau de conversão foi maior nas amostras que sofreram os métodos de polimerização adicional para ambos os compósitos resinosos em comparação ao método convencional. Em relação à rugosidade superficial, não houve diferença significativa entre os métodos de

polimerização independente da resina composta avaliada. Isto posto, constatou-se que os métodos adicionais de polimerização como micro-ondas e autoclave são mecanismos eficientes para melhorar o grau de conversão de resinas compostas sem comprometer a rugosidade superficial, em comparação ao método convencional de fotopolimerização.

Duarte *et al.* (2019) avaliaram a influência dos métodos de pós-polimerização na resistência à flexão de resinas compostas para uso direto. Para o estudo, foram confeccionados 44 espécimes para cada marca de resina avaliada: Filtek Z350 XT (3M ESPE, São Paulo, Brasil) e Forma (Ultradent, South Jordan, UT, EUA). As amostras de cada marca foram subdivididas em 4 grupos, de acordo com o método de polimerização: fotoativação por 20 segundos com potência de 1.000 mW/cm²; fotoativação convencional + micro-ondas por 3 minutos a 450W; dois pulsos de 3 segundos com potência de 3.200 mW/cm²; e dois pulsos por 3 segundos de potência de 3.200mW/cm² com micro-ondas por 3 minutos a 450W. Após um mês, imersos em água destilada, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência à flexão de três pontos. Para a análise estatística, foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk e aplicada uma análise de variância com dois fatores (ANOVA). Foi possível verificar que a resistência à flexão não mostrou diferença estatística entre o tipo de resina e a forma de polimerização. Logo, concluiu-se que o uso de fotopolimerizador de alta intensidade de luz é suficiente para proporcionar propriedades físico-mecânicas adequadas das resinas compostas de uso clínico.

Grazioli *et al.* (2019) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a influência de 3 métodos de polimerização adicional nas propriedades mecânicas, químicas e ópticas de uma resina composta de uso direto utilizada em restaurações indiretas. A resina composta direta TPH3 (Dentsply, Konstanz, Alemanha) foi dividida de acordo com o protocolo de polimerização: fotoativação (grupo controle negativo) utilizando um diodo emissor de luz com potência de 950 mW/cm² (Optilight Max LED; Gnatus, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil); fotoativação seguida de forno seco a 170°C por 5 minutos; fotoativação com autoclave a 121°C por 6 minutos; e fotoativação com forno micro-ondas a 450W por 3 minutos. Como referência, uma resina composta de uso indireto (VitaVM LC, Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Alemanha) foi empregada. Em seguida, foi avaliada a resistência à flexão, módulo de elasticidade, grau de conversão, rugosidade, translucidez, estabilidade de cor e microdureza Knoop com carga de 50 gramas por 15 segundos. Os dados obtidos foram analisados utilizando análise de

variância unidirecional (ANOVA). Como resultados, a resina composta indireta apresentou menor grau de conversão e desempenho mecânico. Em relação à resistência à flexão, foi significativamente maior no grupo submetido ao forno seco quando comparado ao grupo controle. Além disso, os tratamentos térmicos adicionais aumentaram o grau de conversão, microdureza e módulo de elasticidade, sem interferir na translucidez e cor. Dessa maneira, o uso de métodos térmicos como forma de polimerização adicional surge como uma alternativa econômica e simples que aperfeiçoa as propriedades mecânicas, químicas e ópticas de compósitos diretos utilizados em restaurações indiretas.

Dias *et al.* (2020) avaliaram, em um estudo *in vitro*, a influência de diferentes métodos de termopolimerização na microdureza de resinas compostas. Para isso, foram confeccionados 150 espécimes de resinas compostas, utilizando uma matriz bipartida de aço de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Cinco marcas de resina composta foram testadas: Brilliant Everglow (Coltene Whaledent AG, Suíça); Filtek One BulkFill; Filtek P60; Filtek Z350XT; e Filtek Z250XT (3M ESPE, St. Paul, EUA). Para cada uma, 3 métodos de polimerização foram aplicados (n=50): fotopolimerização convencional; fotopolimerização + termopolimerização em autoclave; e fotopolimerização + termopolimerização em micro-ondas. Cada espécime foi submetido ao teste de microdureza Vickers, no qual foram realizadas 3 indentações de maneira aleatória, aplicando uma carga de 300gF por 15s. Os dados foram analisados pelo método estatístico ANOVA e comparados. De acordo com os resultados, tanto o método de termopolimerização em autoclave quanto em micro-ondas apresentaram comportamento semelhante na microdureza dos compósitos. Em relação ao tipo de resina, os valores de microdureza para as resinas Brilliant Everglow/Coltene e Filtek One BulkFill/3M foram mais altos e para as resinas Filtek P60/3M, Filtek Z350XT/3M, Filtek Z250XT/3M foram menores. Conclui-se, então, que os métodos de termopolimerização podem aumentar a microdureza das resinas compostas, independente da técnica utilizada, sendo a composição desses compósitos um fator determinante.

Souza (2020), em um estudo *in vitro*, avaliou a influência de diferentes métodos de pós-polimerização na microdureza de resinas compostas utilizadas para restauração semidireta. Três grupos de resina composta foram avaliados (n=40): Grupo O: Opallis; Grupo OL: OpallisLab e Grupo V: Vittra APS (FGM, Joinville, Brasil). Todos os espécimes foram fotopolimerizados (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan,

EUA) no topo e na base de acordo com as recomendações do fabricante, e distribuídos aleatoriamente em 4 subgrupos, de acordo com o modo de pós-polimerização: fotoativação convencional no topo e na base, com potência de 1000 mW/cm²; fotoativação complementar por 3 segundos, no topo e na base, com alta potência (3200 mW/cm²); micro-ondas, com imersão em 200 ml de água e irradiados por 4 min a uma potência de 800W; e autoclave a 132°C por 5 min. Após 7 dias de armazenamento, os espécimes foram submetidos ao teste de microdureza Vickers, com peso de 100gf (980,7mN) durante 10 segundos, em três pontos aleatórios da superfície. De acordo com os resultados, a pós-polimerização influenciou positivamente nos valores de microdureza, e a composição de cada resina composta foi determinante nos resultados encontrados.

Baldo *et al.* (2021) avaliaram a influência de tratamentos térmico pós-cura (PCHT) na microdureza Knoop (KHN), grau de conversão, alteração de cor e na razão de contraste de 4 marcas de resina composta: Z100 (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA); Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA); Estelite Omega (Tokuyama, Tóquio, Japão); e Empress Direct (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Para cada resina composta, 10 espécimes foram confeccionados com o auxílio de uma matriz de diâmetro de 12 mm e espessura de 1 mm, e fotoativados (Bluephase G2, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Liechtenstein) com irradiação de 1200 mW/cm². Em seguida, o grupo controle foi mantido a temperatura ambiente enquanto o restante das amostras foi submetido ao tratamento térmico pós-cura por 10 minutos a 100 ou 170°C. A microdureza Knoop foi avaliada 24 horas após o PCHT. Os dados foram analisados pelo método ANOVA de um e dois fatores. A partir dos resultados, observou-se que Z100, Z350 XT e Estelite Omega apresentaram valores de microdureza maiores quando em temperaturas mais elevadas. Além disso, o grau de conversão também foi maior em todos os compósitos submetidos ao tratamento térmico pós-cura. Portanto, foi possível concluir que o tratamento térmico pós-cura é uma alternativa econômica e prática, que aprimora as propriedades de materiais resinosos diretos utilizados em restaurações semidiretas e indiretas.

Soares *et al.* (2023), em um estudo *in vitro*, avaliaram a influência de diferentes métodos de polimerização adicional na microdureza de resinas compostas utilizadas para procedimentos semidiretos. Para isso, foram confeccionados espécimes da resina composta Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) em uma matriz padronizada (2 mm

x 5 mm de diâmetro), de acordo com os seguintes grupos (n=20): controle – polimerização com fotopolimerizador Radium-cal (SDI) por 20 segundos, com irradiância de 1150mW/cm²; fotoativação seguido de micro-ondas seco por 5min; fotoativação seguido de micro-ondas úmido por 5min; e fotoativação seguida de autoclave por 15 minutos. Foi realizado o teste de microdureza Vickers, com uma carga de 200g, por 30s. De acordo com os resultados, foi possível concluir que as diferentes formas de polimerização adicional influenciaram positivamente na microdureza dos compósitos. Entretanto, clinicamente, o uso de polimerização adicional com calor úmido alterou visualmente a superfície, comprometendo a estética.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar a influência da pós-polimerização na microdureza de resinas compostas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar e comparar a influência da pós-polimerização com fotopolimerização adicional na microdureza Vickers das resinas compostas;
- Avaliar e comparar a influência da pós-polimerização com micro-ondas na microdureza Vickers das resinas compostas;
- Avaliar e comparar a influência da pós-polimerização com autoclave na microdureza Vickers das resinas compostas.

4 HIPÓTESE DO ESTUDO

- As técnicas de polimerização adicional promoverão um aumento na microdureza das resinas compostas.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 MATERIAIS

Os materiais e os equipamentos utilizados nesta pesquisa estão listados e descritos com suas informações nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 - Classificação, composição e informações sobre as resinas compostas do estudo.

Resina	Vittra APS	Forma
Tipo	Nanohíbrida	Nanohíbrida
Composição	UDMA, TEGDMA, composição fotoiniciadora (APS), co-iniciadores, estabilizadores e silano. Partículas de carga de zircônia, sílica e pigmentos	Bis (GMA), Bis (EMA), TEGDMA, UDMA, vidro de bário, zircônia e sílica
Matriz Inorgânica (%)	52-60%	64,8%
Cor	EA2	EA2
Fabricante Local	FGM Joinville, SC, Brasil	Ultradent Indaiatuba, SP, Brasil
Lote	051022, 030522, 170523, 160822,	D0IG7,D0HZI, D0IDX, D0HXN

Quadro 2 - Equipamentos utilizados no estudo.

Equipamentos	Especificações	Fabricante e Local de Fabricação
Fotopolimerizador	Valo Cordless	Ultradent South Jordan, EUA
Forno Micro-ondas	Midea MTFS42 31 Litros	Climazon Industrial LTDA, Amazonas, Brasil
Autoclave	AC-05, Vitale 12 Litros	Cristófoli Equipamentos de Biossegurança, Campo Mourão, Brasil
Microdurômetro	Wilson VH1102 – Vickers Micro-Hardness Tester	Buehler, Illinois, EUA



Figura 1 - Resina Composta Forma



Figura 2 - Resina Composta Vittra APS



Figura 3 - Microdurômetro Wilson VH1102 – Vickers Micro-Hardness Tester

5.2 MÉTODOS

5.2.1 – Confeção dos espécimes

Cada espécime foi confeccionado individualmente, em uma matriz metálica polida, circular, de 3 mm de espessura por 1 cm de diâmetro (Figura 4). A matriz foi revestida internamente com uma fina camada de vaselina sólida (Rioquímica, São Paulo, Brasil) para facilitar a remoção do espécime depois de fotopolimerizado (Figura 5) e posicionada sobre uma placa de vidro, coberta com uma folha de poliéster (Figura 6). Na sequência, incrementos de resina foram inseridos até o preenchimento da matriz (Figura 7). Sobre a última camada, outra tira de poliéster foi posicionada e com uma

placa de vidro fina realizou-se leve pressão com o objetivo de nivelar a superfície (Figura 8) (SOUZA, 2020).



Figura 4 - Matriz metálica

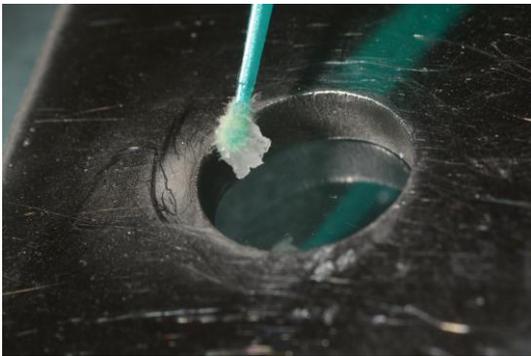


Figura 5 - Aplicação de vaselina na superfície interna da matriz

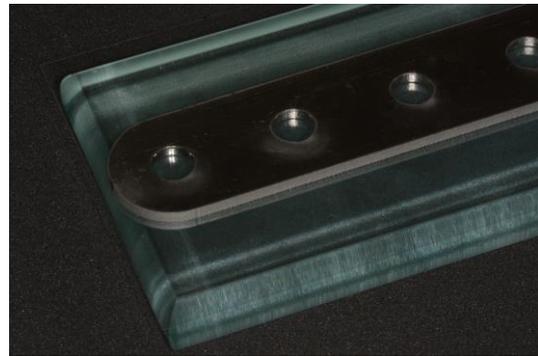


Figura 6 - Matriz metálica posicionada sobre placa de vidro

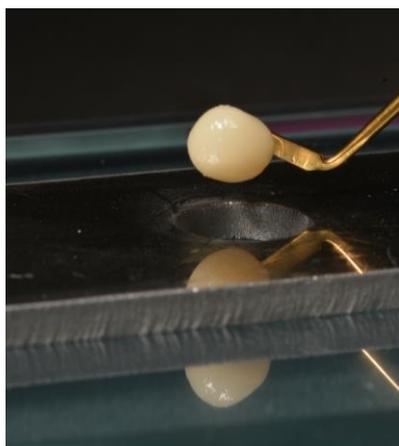


Figura 7 - Inserção de resina composta

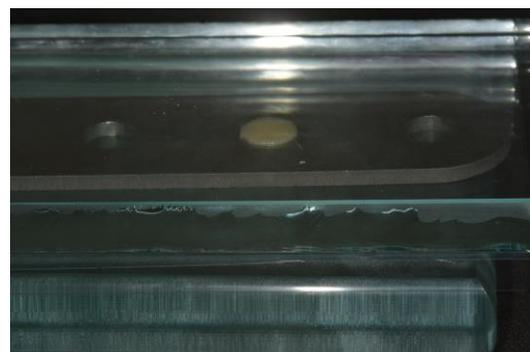


Figura 8 - Placa de vidro e folha de poliéster sobre a matriz com resina

Posteriormente, removeu-se a placa de vidro, e o espécime foi fotopolimerizado (Valo Cordless, Ultradent, South Jordan, EUA), com uma distância de aproximadamente 1 mm, no modo potência *Standart* durante 60s, no topo e na base (Figura 9) (SOUZA, 2020). O modo potência *Standart* possui intensidade de 1.000 mW/cm² e comprimento de onda entre 395nm a 415nm, segundo o manual de descrição do equipamento. O fotopolimerizador Valo Cordless (Ultradent, South Jordan, EUA) possui tecnologia *Polywave* com diodos emissores de luz (LED) de alta intensidade e amplo espectro, com lente de 12 mm de diâmetro e feixe de luz colimado.

Após a remoção do espécime da matriz, foi realizada a sua mensuração com um espectrômetro para garantir a padronização das medidas (Figura 10).



Figura 9 - Fotopolimerização inicial



Figura 10 - Mensuração da espessura

Para o acabamento e polimento, cada face do espécime foi polida com pastas à base de óxido de alumínio (Diamond AC I e AC II, FGM, Joinville, Brasil) (Figura 11), com o auxílio de um disco de feltro (Diamond, FGM, Joinville, Brasil), montado à peça reta e micromotor (Kavo, Joinville, Brasil) (Figura 12) (SOUZA, 2020). Entre cada polimento, o espécime foi lavado abundantemente com jato de ar-água.



Figura 11 - Pastas Diamond AC I e AC II



Figura 12 - Polimento do espécime com disco de feltro e pasta

Após a confecção, os espécimes do grupo controle foram armazenados imersos em água, identificados de acordo com o grupo, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz enquanto que as amostras dos outros grupos foram submetidas aos métodos de pós-polimerização correspondente e em seguida, também armazenadas em caixas com divisórias, ao abrigo da luz e em temperatura ambiente.

Após 7 dias de armazenamento, a avaliação de microdureza foi realizada.

5.2.2 – Divisão dos grupos

Para o estudo, foram selecionadas as seguintes resinas compostas, que constituíram 2 grupos:

- Grupo V – Resina Vittra APS (FGM);
- Grupo F – Resina Forma (Ultradent).

Para cada grupo, foram confeccionados 40 espécimes, que foram subdivididos aleatoriamente em 4 subgrupos (n=10) de acordo com o método de polimerização adicional estabelecido:

- C: Controle (fotopolimerização sem polimerização adicional)
- F: Fotopolimerização adicional por 3 segundos
- M: Polimerização adicional com calor (micro-ondas com umidade)
- A: Polimerização adicional com calor e pressão (autoclave)

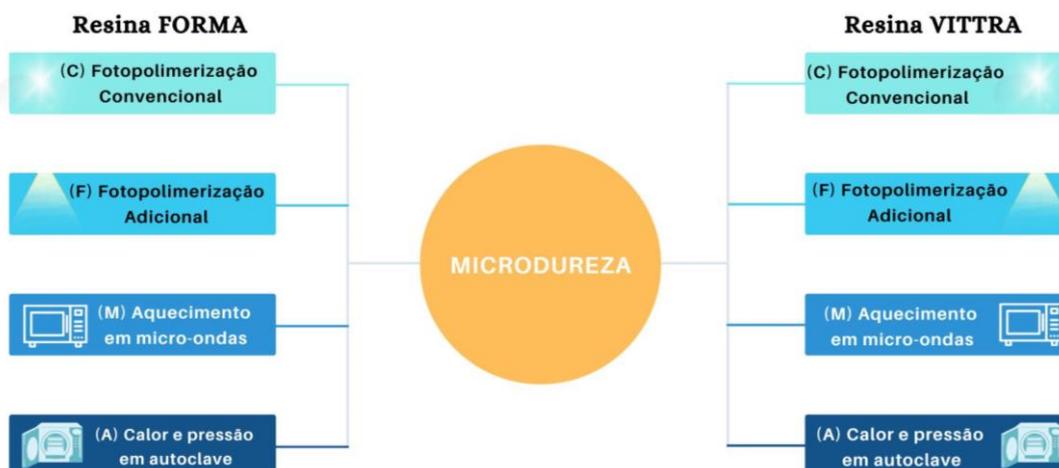


Figura 13 - Divisão em grupos e subgrupos dos espécimes utilizados no estudo

5.2.3 – Métodos de pós-polimerização

5.2.3.1 Fotopolimerização adicional

Imediatamente após a confecção, as amostras deste grupo foram submetidas à fotopolimerização complementar com um pulso extra no topo, em uma distância de aproximadamente 1 mm, com o fotopolimerizador Valo Cordless (Ultradent, South Jordan, EUA), no seu modo Potência *Xtra*, durante 3 segundos (DIMER *et al.*, 2015; SOUZA, 2020). Este modo possui uma intensidade de luz de 3.200 mW/cm² e alcança um comprimento de onda superior efetivo de 440 a 480nm.

5.2.3.2 Polimerização adicional com calor (Micro-ondas com umidade)

Os espécimes deste grupo foram imersos, individualmente, logo após a sua confecção, em um recipiente com 200 ml de água e aquecidos em forno micro-ondas (Climazon Industrial LTDA, Amazonas, Brasil), em potência máxima de 900W por 4 minutos e 27 segundos (GOMES FILHO *et al.*, 2008; POSKUS *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2016; DUARTE *et al.*, 2019; GRAZIOLI *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2020; SOUZA, 2020 e SOARES *et al.*, 2023). Posteriormente, foram removidos do recipiente e armazenados novamente com água, em temperatura ambiente, ao abrigo da luz em caixa com divisórias.

5.2.3.3 Polimerização adicional com calor e pressão (Autoclave)

Cada espécime deste grupo de pós-polimerização foi embalado individualmente em papel grau logo após a sua confecção e, em seguida, levado à autoclave a 129° C, com a fase de esterilização durante 16 minutos, por um ciclo completo de 50 a 60 minutos, com uma pressão interna de 1,8 Kgf/cm² (GOMES FILHO *et al.*, 2008; POSKUS *et al.*, 2009; DIMER *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016; GRAZIOLI *et al.*, 2019; DIAS *et al.*, 2020; SOUZA, 2020 e SOARES *et al.*, 2023) no equipamento AC-05, Vitale 12 Litros (Cristófoli Equipamentos de Biossegurança, Campo Mourão, Brasil). O ciclo é composto pelas seguintes etapas: pré-vácuo, aquecimento, esterilização e por fim, secagem. Após a autoclavagem, as amostras foram retiradas da embalagem em papel grau e armazenadas em recipiente com água, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

5.2.4 – Avaliação da microdureza

Após 7 dias da fotopolimerização convencional e da aplicação do método de polimerização adicional, os corpos-de-prova foram submetidos à análise de microdureza Vickers, utilizando um Microdurômetro Wilson VH1102, Vickers Micro-Hardness Tester (Buehler, Illinois, EUA). Foram realizadas 3 indentações equidistantes em cada amostra, com carga de 100gf (980,7 mN) aplicada durante 10 segundos. As médias aritméticas obtidas das três medidas foram calculadas e submetidas à análise estatística (POSKUS *et al.*, 2009; DIMER *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016; DIAS *et al.*, 2020; SOUZA, 2020 e SOARES *et al.*, 2023).

5.2.5 – Análise estatística

A análise estatística foi conduzida no software Jamovi versão 2.2.5 (The Jamovi Project 2021, Computer Software, Sydney, Austrália). A normalidade da distribuição dos dados foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk, e a homoscedasticidade pelo teste de Levene. Após a verificação da distribuição normal dos dados, o teste paramétrico de ANOVA a dois fatores com pós-teste de Bonferroni foi aplicado, para a comparação entre os tipos de resina, e entre os métodos adicionais de polimerização. O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises.

6 RESULTADOS

Os valores médios de microdureza das resinas compostas avaliadas com diferentes técnicas de pós-polimerização podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Média \pm desvio padrão dos valores de microdureza Vickers das resinas Vittra e Forma após diferentes métodos de polimerização adicional.

Método de polimerização	Resinas	
	Vittra (V)	Forma (F)
Subgrupo C - Controle	86,81 \pm 8,14 ^{A,a}	68,87 \pm 7,06 ^{B,a}
Subgrupo F - Fotopolimerização adicional	79,08 \pm 4,55 ^{A,a}	81,87 \pm 12,21 ^{A,b}
Subgrupo M - Micro-ondas	86,18 \pm 4,75 ^{A,a}	80,03 \pm 4,40 ^{A,b}
Subgrupo A - Autoclave	79,09 \pm 6,86 ^{A,a}	79,41 \pm 11,19 ^{A,b}
<i>p-valor</i>	0.141	0.001

Análise intergrupo:

- Letras maiúsculas diferentes nas linhas indicam diferença significativa entre as resinas (ANOVA + Bonferroni);
- Letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença significativa entre os métodos adicionais de polimerização (ANOVA + Bonferroni).

Análise do método de polimerização

Para a resina composta Vittra ($p=0.141$), a análise do método adicional de polimerização demonstrou que não há diferença significativa entre os métodos complementares de polimerização.

No grupo da resina Forma, foi observado que todos os métodos adicionais de polimerização: fotopolimerização adicional (FF); polimerização adicional por calor em micro-ondas (FM), e polimerização adicional por calor e pressão em autoclave (FA), apresentaram valores de microdureza maiores, em comparação ao grupo controle – sem polimerização adicional (FC) ($p=0.001$).

Análise das resinas

Nos subgrupos controle – sem polimerização adicional, a resina Vittra (Subgrupo VC) apresentou os maiores valores de microdureza, em comparação ao subgrupo C, da resina Forma (FC) ($p < 0.001$).

Nos subgrupos de fotopolimerização adicional, polimerização adicional com calor em micro-ondas, e polimerização adicional com calor e pressão em autoclave, não houve diferença estatística entre as resinas Vittra (Subgrupos VF, VM e VA) e Forma (FF, FM e FA) ($p = 0.113$).

7 DISCUSSÃO

No presente estudo, foi possível observar que as técnicas de polimerização adicional resultaram em diferentes comportamentos de microdureza dependendo da resina composta avaliada. Isso porque, os subgrupos da resina Forma submetidos aos métodos de pós-polimerização apresentaram valores de dureza maiores em comparação a seu grupo controle (fotopolimerização convencional). Esses achados estão de acordo com os estudos de Gomes Filho *et al.* (2008), Poskus *et al.* (2009), Grazioli *et al.* (2019) e Soares *et al.* (2023), no que se refere a autoclave e micro-ondas como métodos de polimerização adicional utilizados. Ainda, os resultados da presente pesquisa em relação a Forma estão em concordância com o estudo realizado por Souza (2020), no que concerne a fotopolimerização adicional também utilizada como uma técnica de pós-polimerização, além dos outros dois métodos já citados que também apresentaram resultados positivos quanto a microdureza.

A respeito do material avaliado, os resultados positivos da resina Forma estão em desacordo com o estudo de Duarte *et al.* (2019), que testaram a resistência à flexão da mesma marca submetida a diferentes métodos adicionais de polimerização, e observaram que não havia diferença entre as técnicas. Em relação à resina Vittra, os resultados do presente estudo estão em concordância com o trabalho de Souza (2020) que também testou a microdureza da resina Vittra submetida a diferentes métodos de pós-polimerização, e em ambos os estudos o compósito apresentou os maiores valores de microdureza.

A hipótese de que os métodos de polimerização adicional aumentam a microdureza foi aceita no grupo da resina composta Forma. Em contrapartida, a marca Vittra não demonstrou diferença significativa entre os métodos de pós-polimerização em relação ao seu grupo controle. Entretanto, é importante destacar que, os espécimes deste estudo apresentam uniformidade em sua espessura, diferente das restaurações que variam esta característica de acordo com o tamanho da cavidade. Segundo Santana *et al.* (2012), as superfícies mais próximas a fonte de polimerização apresentam maiores valores de microdureza; logo, com os métodos de pós-polimerização é possível atingir mais regiões em comparação a fotopolimerização convencional, que se restringe ao topo da restauração.

Além disso, a diferença entre as duas resinas compostas avaliadas pode estar relacionada à composição desses materiais, como a matriz polimérica (composição dos monômeros), carga inorgânica (tipo, tamanho e distribuição da carga) e ao agente de ligação, o que está de acordo com o estudo realizado por Santana *et al.* (2012), Dimer *et al.* (2015), Dias *et al.* (2020) e Baldo *et al.* (2021).

Em relação ao tipo de matriz orgânica, Dimer *et al.* (2015) afirmaram que as resinas que possuem em sua composição monômeros como UDMA e BIS (EMA) possuem alto peso molecular. Consequentemente, possuem menos ligações duplas por unidade de peso, o que permite um maior grau de conversão quando expostas a luz. Isso pode explicar porque os métodos de polimerização adicional utilizados neste estudo mostraram aumento na microdureza do compósito Forma, que possui esses monômeros em sua composição, diferente da Vittra, a qual apresenta apenas o UDMA em sua fórmula, e que não apresentou mudança significativa aos testes.

A quantidade de carga inorgânica também pode desempenhar um papel importante nos resultados de microdureza de um material. De acordo com Santana *et al.* (2012), as resinas que possuem alto conteúdo de carga possuem alta resistência ao desgaste e a fratura. No entanto, os resultados da presente pesquisa estão em discordância com isso, posto que a resina Forma apresenta maior quantidade de carga, entretanto seus valores de microdureza no subgrupo controle foram menores do que da Vittra do mesmo grupo. Além disso, Marques *et al.* (2014) ainda afirmaram que essa relação direta entre quantidade de carga e resistência mecânica ocorre apenas até o limite de 55% de carga, a partir do qual novos incrementos de carga inorgânica não resultam em aumento significativo de resistência mecânica, o que pode explicar a diferença entre as duas resinas compostas avaliadas.

A respeito do tamanho da partícula de carga inorgânica, Santana *et al.* (2012) explicaram a relação entre esta e a microdureza, afirmando que a utilização de cargas de tamanhos maiores causam uma maior área ocupada entre interface de enchimento e matriz, melhorando a transmissão da luz de polimerização e possibilitando um grau de conversão superior. O grau de conversão possui relação direta com a dureza de um compósito (MAXIMOV *et al.*, 2022), isso explica porque a resina Vittra, que possui tamanho de partícula entre 100 a 200nm, apresentou maiores valores de microdureza quando comparado a Forma, a qual apresenta nanopartículas na faixa de 5 a 50nm.

Em relação ao grau de conversão, Duarte *et al.* (2019) afirmaram que nos materiais em que houve um elevado grau de conversão na fotopolimerização convencional, existe pouca tendência a um aumento no grau de conversão quando submetidos a polimerização adicional, o que pode esclarecer os resultados encontrados na resina Vittra, a qual não apresentou diferença significativa entre seus subgrupos. Além disso, Duarte *et al.* (2019) explica que outro fator que deve ser levado em consideração é a utilização de um aparelho fotopolimerizador de alta intensidade, o que pode justificar também os resultados da Vittra. Isso porque aparelhos de LEDs que alcançam valores de intensidade de luz acima de 1.000mW/cm² fornecem mais calor com a alta elevação de temperatura. O calor fornece energia para a resina, aumentando a mobilidade dos monômeros residuais e aumentando a conversão em polímeros, aumentando o grau de polimerização e consequentemente, a dureza do material (DUARTE *et al.*, 2019; MAXIMOV *et al.*, 2022).

Os estudos laboratoriais são muito importantes para a compreensão das características de um material, pois é possível, a partir deles, comprovar suas propriedades e interpretar seu desempenho clínico. A resistência ao desgaste de uma restauração é umas das características mais investigadas e o ensaio mecânico comumente utilizado para isso é a microdureza, visto que há relação direta entre essa propriedade e a resistência desses materiais. Entre os diversos testes, a microdureza Vickers, aplicada nessa pesquisa, é comumente empregada para análise de materiais odontológicos, como as resinas compostas, já que utiliza de uma área pequena de material e de pouca profundidade para testar a resistência de uma estrutura sólida à penetração (OLIVEIRA *et al.*, 2015). A dureza de uma resina composta também depende de outros fatores como do seu grau de conversão da matriz orgânica (BALDO *et al.*, 2021). Dessa maneira, as intervenções clínicas, como aplicação de diferentes fontes de energia (seja calor úmido, seco ou micro-ondas), que aumentam a temperatura interna do material e resultam em um aumento da taxa de conversão de ligações duplas entre carbonos para ligações simples, podem potencialmente determinar um aumento na dureza do material, melhorando o desempenho clínico das mesmas (DIMER *et al.*, 2015; RÊGO *et al.*, 2020; SOUZA, 2020).

Observou-se assim, que os métodos de polimerização adicional, realizados com equipamentos comumente disponíveis no consultório odontológico, melhoraram a microdureza da resina Forma, o que está de acordo com a literatura. Entretanto, esses

benefícios não foram verificados na resina Vittra. Dessa maneira, conclui-se que pode haver uma mudança de comportamento de acordo com a marca comercial devido à sua composição.

Isto posto, para a confecção de restaurações semidiretas, no que se refere à microdureza do material, recomenda-se a realização de polimerização adicional, pois pode melhorar as propriedades do material ou, pelo menos, não reduzir a dureza.

Sugere-se, por fim, a realização de pesquisas adicionais, com a mesma metodologia e composição dos materiais, devido à escassez de estudos na área, com o objetivo de expandir os conhecimentos sobre o tema e aprimorar as propriedades das resinas compostas.

8 CONCLUSÃO

Conclui-se, baseado neste estudo, que os métodos de pós-polimerização aumentam a microdureza de resinas compostas, de acordo com a composição do material, uma vez que, nesta pesquisa, a resina Forma apresentou diferença estatística significativa nos grupos que foram submetidos à fotopolimerização adicional, a pós-polimerização em micro-ondas e a pós-polimerização em autoclave quando comparada ao seu grupo controle (sem polimerização adicional), diferente da Vittra, que não apresentou mudanças entre seus subgrupos. Dessa maneira, os métodos de pós-polimerização podem ser indicados para aprimorar as propriedades mecânicas de restaurações semidiretas, pois conseguem alcançar mais regiões da restauração, diferente da fotopolimerização convencional, que se restringe a superfície. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar o efeito da polimerização adicional nessa propriedade.

REFERÊNCIAS

- ALHARBI, A. *et al.* Semidirect Composite Onlay With Cavity Sealing: a review of clinical procedures. **Journal Of Esthetic And Restorative Dentistry**, [S.L.], v. 26, n. 2, p. 97-106, 17 dez. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jerd.12067>.
- ARAÚJO, A.R. *et al.* Evaluation of three post-cure Methods at hardness of direct composite. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 18, n. 47, p. 28–33, mar, 2009.
- BALDO, V.O. *et al.* Post-cure heat treatments influence on mechanical and optical properties of resin composites. **Brazilian Dental Journal**, [S.L.], v. 32, n. 4, p. 96-105, ago. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440202104333>.
- CARRILLO-COTTO, R. *et al.* Effects of alternatively used thermal treatments on the mechanical and fracture behavior of dental resin composites with varying filler content. **Journal Of The Mechanical Behavior Of Biomedical Materials**, [S.L.], v. 117, p. 1-7, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104424>.
- DIAS, M. *et al.* Influence of different thermopolymerization methods on composite resin microhardness. **Journal Of Clinical And Experimental Dentistry**, [S.L.], p. 335-341, 2020. Medicina Oral. <http://dx.doi.org/10.4317/jced.56772>.
- DIMER, A.R. *et al.* Effect of different post-cure polymerization treatment on composite resin hardness. **RGO - Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 63, n. 4, p. 426–431, out/dez, 2016.
- DUARTE, T.S. *et al.* Resistência à flexão de duas resinas compostas diretas após diferentes métodos de polimerização. **Revista da Faculdade de Odontologia – UPF**, Passo Fundo, v. 24, n. 2, p. 256-262, 18 dez. 2019. UPF Editora. <http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v24i2.10447>.
- GOMES FILHO, E.B. *et al.* Evaluation of the hardness Knoop of composite resin in function of the variation of the technique of complementary polimerazition. **Acta Odontol. Venez**, Caracas, v. 46, n. 1, mar. 2008.
- GONULOL, N. *et al.* Effect of a third-generation LED LCU on microhardness of tooth-colored restorative materials. **International Journal Of Paediatric Dentistry**, [S.L.], v. 26, n. 5, p. 376-382, 9 nov. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ipd.12213>
- GRAZIOLI, G. *et al.* Simple and Low-Cost Thermal Treatments on Direct Resin Composites for Indirect Use. **Brazilian Dental Journal**, [S.L.], v. 30, n. 3, p. 279-284, jun. 2019. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201902473>
- LINS, M.H. *et al.* A influência do fotopolimerizador sobre a microdureza das resinas compostas. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 23, n. 5, p. 12603, 8 maio 2023. Revista Eletrônica Acervo Saúde. <http://dx.doi.org/10.25248/reas.e12603.2023>.
- MARQUES, S. *et al.* Técnica semidireta como opção restauradora para dentes posteriores. **Rev Dental Press Estét**, Minas Gerais, v. 12, n. 2, p. 40-49, abr-jun. 2015.

MARQUES, V.F. *et al.* Avaliação da microdureza Knoop e tração diametral de resinas compostas de uso direto. **RFO UPF**, Passo Fundo, v. 19, n. 2, mai./ago. 2014.

MAXIMOV, J. *et al.* Influence of Factors in the Photopolymerization Process on Dental Composites Microhardness. **Materials**, [S.L.], v. 15, n. 18, p. 6459, 17 set. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ma15186459>.

MONTEIRO, R.V. *et al.* TÉCNICA SEMIDIRETA: ABORDAGEM PRÁTICA E EFICAZ PARA RESTAURAÇÃO EM DENTES POSTERIORES. **Revista Ciência Plural**, v. 3, n. 1, p. 12-21, 2017.

OLIVEIRA, D.C. *et al.* Influência do método de pós-cura na eficiência da cura e rugosidade de resinas compostas diretas em restaurações indiretas. **Journal Of Clinical Dentistry And Research**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 84-89, 1 jul. 2016. Dental Press International. <http://dx.doi.org/10.14436/2447-911x.13.3.084-089.oar>.

OLIVEIRA, I.S. *et al.* Avaliação da microdureza e da rugosidade de compósitos resinosos de uso direto e indireto. **Revista da Faculdade de Odontologia – UPF**, Passo Fundo, v. 20, n. 1, p. 28-33, 28 jul. 2015. UPF Editora. <http://dx.doi.org/10.5335/rfo.v20i1.4410>.

POSKUS, L.T. *et al.* Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: an *in vitro* study. **Journal Of Applied Oral Science**, [S.L.], v. 17, n. 6, p. 617-622, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-77572009000600015>.

RÊGO, M.A. *et al.* Comparativo da técnica direta e semidireta no manejo das lesões cervicais dentárias não cariosas: relato de caso. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 12, n. 9, p. 4187, 24 set. 2020. Revista Eletrônica Acervo Saúde. <http://dx.doi.org/10.25248/reas.e4187.2020>.

SANTANA, I.L. *et al.* Effects of heat treatment on the microhardness of direct composites at different depths of restoration. **Revista Odonto Ciência**, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 36-40, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1980-65232012000100007>

SOARES, M.E. *et al.* A eficácia de diferentes métodos de polimerização adicional na microdureza das resinas compostas usadas de modo indireto. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 9, n. 05, p. 18471-18482, 29 maio 2023. South Florida Publishing LLC. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n5-270>

SOUZA, B.B. **Influência da pós-polimerização na microdureza de resinas compostas de uso semidireto**. 2020. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

SOUZA, R.O. *et al.* EFFECT OF DIFFERENT POLYMERIZATION DEVICES ON THE DEGREE OF CONVERSION AND THE PHYSICAL PROPERTIES OF AN INDIRECT RESIN COMPOSITE. **Acta Odontol. Latinoam.**, [S.L.], v. 23, n. 2, p. 129-135, 2010.

VERAS, B.M. *et al.* COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESINAS COMPOSTAS EM DENTES POSTERIORES – REVISÃO SISTEMATIZADA DA LITERATURA. **Odontologia Clínico-Científica**, Recife, v. 14, n. 3, p. 689-694, set. 2015.

ANEXO 1 – ATA DE DEFESA



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
DISCIPLINA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ODONTOLOGIA

ATA DE APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 27 dias do mês de Outubro de 2023, às 14 horas,
em sessão pública no (a) Auditoria de Pós-Grad. desta Universidade, na presença da

Banca Examinadora presidida pelo Professor
Renata Gondo Machado

e pelos examinadores:

1- Maurício Malheiros Badaró

2- Sylvio Monteiro Junior

o aluno Manuela Vieira

apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação intitulado:

"Análise da microdureza de resinas compostas submetidas a diferentes técnicas de pós-polimerização"

como requisito curricular indispensável à aprovação na Disciplina de Defesa do TCC e a integralização do Curso de Graduação em Odontologia. A Banca Examinadora, após reunião em sessão reservada, deliberou e decidiu pela aprovação do referido Trabalho de Conclusão do Curso, divulgando o resultado formalmente ao aluno e aos demais presentes, e eu, na qualidade de presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais componentes da Banca Examinadora e pelo aluno orientando.

Renata Gondo Machado

Presidente da Banca Examinadora

Maurício Malheiros Badaró

Examinador 1

Sylvio Monteiro Junior

Examinador 2

Manuela Vieira

Aluno

