



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**NATÁLIA CORTEZ GUTIERREZ**

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE DE POLIMERIZAÇÃO,  
ADAPTAÇÃO MARGINAL E INTERNA DE RESTAURAÇÕES  
CLASSE II DE RESINAS COMPOSTAS DE INSERÇÃO EM  
BLOCO UTILIZANDO DIFERENTES MATRIZES**

2016

**NATÁLIA CORTEZ GUTIERREZ**

**ANÁLISE DA EFETIVIDADE DE POLIMERIZAÇÃO, ADAPTAÇÃO  
MARGINAL E INTERNA DE RESTAURAÇÕES CLASSE II DE RESINAS  
COMPOSTAS DE INSERÇÃO EM BLOCO UTILIZANDO DIFERENTES  
MATRIZES**

Tese apresentada ao curso de Odontologia do Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP - Univ Estadual Paulista, Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Dentística.

Orientador: Prof. Adj. Carlos Rocha Gomes Torres

São José dos Campos

2016

Apresentação gráfica e normatização de acordo com:  
Alvarez S, Coelho DCAG, Couto RAO, Durante APM. Guia prático para  
Normalização de Trabalhos Acadêmicos do ICT. Rev. São José dos  
Campos: ICT/UNESP; 2016.

Gutierrez, Natália Cortez

Análise da efetividade de polimerização, adaptação marginal e interna de restaurações Classe II de resinas compostas de inserção em bloco utilizando diferentes matrizes / Natália Cortez Gutierrez. - São José dos Campos : [s.n.], 2016.  
73 f. : il.

Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) - Pós-Graduação em Odontologia Restauradora - Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista, 2016.  
Orientador: Carlos Rocha Gomes Torres.

1. Resinas Compostas. 2. Polimerização. 3. Bandas de Matriz. 4. Adaptação Marginal Dentária. I. Torres, Carlos Rocha Gomes, orient. II. Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, UNESP - Univ Estadual Paulista. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho'. IV. UNESP - Univ Estadual Paulista. V. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP com adaptações - STATi e STI do ICT/UNESP. Dados fornecidos pelo autor.

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 11 de fevereiro de 2016  
E-mail: natycortezgutierrez@gmail.com

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Adj. Carlos Rocha Gomes Torres** (Orientador)

Instituto de Ciência e Tecnologia  
UNESP – Univ Estadual Paulista  
Campus de São José dos Campos

**Prof. Dr. Eduardo Bresciani**

Instituto de Ciência e Tecnologia  
UNESP – Univ Estadual Paulista  
Campus de São José dos Campos

**Profa. Dra. Taciana Marco Ferraz Caneppele**

Instituto de Ciência e Tecnologia  
UNESP – Univ Estadual Paulista  
Campus de São José dos Campos

**Profa. Dra. Roberta Tarkany Basting Höfling**

Faculdade São Leopoldo Mandic  
Unidade Campinas

**Prof. Dr. Sérgio Ricardo Garcia Badini**

Universidade Metropolitana de Santos

São José dos Campos, 11 de fevereiro de 2016.

## DEDICATÓRIA

À minha mãe Lucia Helena, meu padrasto Marco, meu irmão Diego e meu noivo Guilherme, cujos carinhos e incentivos constantes foram fundamentais nesta etapa da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, por ter iluminado e protegido meu caminho e minhas escolhas.

Ao meu orientador Carlos Rocha Gomes Torres, por ter tornado possível a realização deste trabalho, principalmente pela competência e dedicação.

A todos meus familiares e amigos, pelo apoio, confiança e torcida pelo meu sucesso. Obrigada por estarem sempre ao meu lado.

À todas colegas de curso, em especial aquelas que se tornaram grandes amigas Roberta, Carolina, Letícia, Maria Beatriz, Graziela, Fernanda, Heleine, Rafaela, Stella e Érica. Obrigada por toda ajuda, companheirismo, momentos de alegria e por tornarem a jornada mais leve nos momentos de adversidade.

À UNESP, na pessoa do diretor do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos, Prof. Estevão Tomomitsu Kimpara.

Ao Programa de Pós-graduação em Odontologia Restauradora, na pessoa da coordenadora Profa. Márcia Valera Valera Garakis e do coordenador Prof. Alexandre Luiz Souto Borges.

Ao corpo docente do programa de Pós-graduação em Odontologia Restauradora, por contribuir com o meu crescimento e formação.

À secretária e técnicas do departamento de Odontologia Restauradora, Fernanda, Josiana e Rosângela, pelo apoio e bom convívio.

À CAPES pela concessão de bolsa e pela oportunidade de experiência internacional.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	06
ABSTRACT.....	08
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 Estudos sobre as resinas de inserção em bloco.....	14
2.2 Influência do tipo de matriz na qualidade da restauração.....	31
3 PROPOSIÇÃO.....	36
4 MATERIAL E MÉTODO.....	37
4.1 Delineamento Experimental.....	37
4.1.1 Unidades Experimentais.....	37
4.1.2 Fatores em Estudo.....	37
4.1.3 Variáveis de Resposta.....	37
4.2 Preparo dos Espécimes.....	38
4.3 Divisão dos Grupos Experimentais.....	40
4.4 Técnica Restauradora.....	42
4.5 Avaliação da Fenda Marginal Gengival.....	45
4.6 Avaliação da Efetividade de Polimerização.....	46
4.7 Envelhecimento Artificial por Ciclagem Termo- Mecânica.....	48
4.8 Avaliação da Fenda Interna.....	49
4.9 Planejamento Estatístico.....	50
5 RESULTADOS.....	52
5.1 Fenda Marginal.....	52
5.2 Efetividade de polimerização.....	54
5.3 Fenda Interna.....	56
6 DISCUSSÃO.....	59
7 CONCLUSÃO.....	67
8 REFERÊNCIAS.....	68

Gutierrez NC. Análise da efetividade de polimerização, adaptação marginal e interna de restaurações Classe II de resinas compostas de inserção em bloco utilizando diferentes matrizes [tese]. São José dos Campos (SP): Instituto de Ciência e Tecnologia, UNESP- Univ Estadual Paulista; 2016.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi analisar a efetividade de polimerização, a adaptação marginal e interna de resinas compostas para dentes posteriores, empregando diferentes matrizes associadas ao envelhecimento artificial. Cento e vinte incisivos bovinos foram cortados e desgastados para simular dentes posteriores, nos quais foram realizados preparados de Classe II, com o ângulo cavosuperficial gengival em dentina. As cavidades tinham 6 mm de altura (ocluso-cervical), 3 de largura (vestibulo-lingual) e 1,5 de profundidade (mesio-distal). Os espécimes foram divididos em seis grupos de acordo com o material restaurador utilizado: GrandioSO (Voco)– convencional incremental, G-aenial universal flo (GC)– fluída incremental, X-tra fil (Voco)– convencional com inserção em bloco, X-tra base (Voco)– fluída com inserção em bloco, Venus Bulk Fill (Kulzer)– fluída com inserção em bloco e SureFil SDR (Dentsply)– fluída com inserção em bloco. As resinas fluídas com inserção em bloco foram inseridas em incremento de 4 mm e receberam uma cobertura oclusal de 2 mm utilizando a resina GrandioSO, com exceção da X-tra fil que foi coberta com uma camada adicional do mesmo material. Nos demais grupos foi utilizada uma técnica incremental de 2 mm. Metade dos espécimes foi restaurada com matriz metálica e a outra metade com matriz de poliéster. O percentual de polimerização foi mensurado através da dureza Knoop e da relação dureza base/topo. A média da largura das fendas marginais presentes nas margens de cada restauração foi calculada após medição, em micrometros, no microscópio óptico (100x). Os espécimes foram submetidos à ciclagem mecânica (500,000 ciclos) e térmica (1,000 ciclos) e a fenda marginal foi avaliada novamente. Para fenda interna, os espécimes foram seccionados em uma cortadeira de precisão e o comprimento, em milímetros, da parede gengival que apresentava fenda foi mensurado no microscópio óptico. Foi calculada então a porcentagem de fenda em relação ao comprimento total da parede (1,5 mm). Os dados foram submetidos à ANOVA dois e três fatores. Com relação ao percentual de polimerização, houve diferença para o fator resina ( $p=0,001$ ). As resinas G-aenial universal flo (82,08%) e GrandioSO (84,62%) apresentaram os maiores percentuais de cura. Para fenda marginal foi encontrada diferença significativa para todos os fatores ( $p<0,05$ ). As resinas Venus Bulk e SDR apresentaram as menores médias de fenda marginal (19,16 e 19,62  $\mu\text{m}$ , respectivamente) e GrandioSO a maior (26,88  $\mu\text{m}$ ). As restaurações com matriz de poliéster resultaram em fendas menos largas (21,08  $\mu\text{m}$ ) que com matriz metálica (23,27  $\mu\text{m}$ ). Todos os grupos apresentaram fendas marginais mais largas após a ciclagem. Com relação à fenda interna, houve diferença apenas para o fator resina ( $p=0,001$ ). Somente a resina GrandioSO apresentou fenda em mais da metade da parede gengival (53,96%). As resinas de incremento em bloco apresentaram



menores valores de fenda marginal e interna do que a resina convencional. Porém, não apresentaram eficiência de cura superior à 80% (dureza da base em relação ao topo).

Palavras-chave: Fenda marginal. Resina composta. Polimerização. Bandas de matriz. Envelhecimento artificial.

Gutierrez NC. Effectiveness of cure, marginal and internal adaptation of Class II bulk-fill composites restorations made with different matrices bands [doctorate thesis]. São José dos Campos (SP): Institute of Science and Technology, UNESP - Univ Estadual Paulista; 2016.

## ABSTRACT

The aim of this study was to analyze the effectiveness of cure, marginal and internal adaptation of composite resins for posterior teeth using different matrices bands associated with artificial aging. One hundred and twenty bovine incisors were cut and flattened in order to simulate posterior teeth, and then were prepared for class II cavities with gingival cavosurface margin in dentin. Cavities had 6 mm height (occluso-cervical), 3 mm width (bucco-lingual) and 1.5 mm deep (mesio-distal). Specimens were divided into six groups according to the restorative material: GrandioSO (Voco)- conventional, G-aenial universal flo (GC)- flowable, X-tra fil (Voco)- conventional bulk, X-tra base (Voco)- flowable bulk, Venus Bulk Fill (Kulzer)- flowable bulk, and SureFil SDR (Dentsply)- flowable bulk. Bulk-fill composites were placed in single increment of 4mm and received a 2mm occlusal coverage of GrandioSO, with the exception of X-tra fil which was covered with a layer of the same material. The remaining groups were restored in 2 mm incremental technique. Half of the specimens were restored with metallic and the other half with polyester matrix. Effectiveness of cure was measured by Knoop hardness and the bottom/top hardness ratio was evaluated. The average width of marginal gaps present in the restoration was calculated after optical microscope measuring (100x), in microns. The specimens were subjected to mechanical (500.000 cycles) and thermal cycling (1.000 cycles) and marginal gap was evaluated again. For internal adaptation, the specimens were sectioned and the gap length, in millimeters, present on the gingival wall was measured in an optical microscope. The percentage of gap length in relation to the total length of the wall was also calculated. Data were analyzed with three and two-way ANOVA and Tukey's test. Regarding effectiveness of cure, significant differences were observed for resin factor. Composites G-aenial universal flo (82.08%) and GrandioSO (84.62%) had the highest cure rates. For marginal gap, significant differences were observed for all factors ( $p < 0.05$ ). Venus Bulk (19.16  $\mu\text{m}$ ) and SDR (19.62  $\mu\text{m}$ ) had the narrower and GrandioSO (26.88  $\mu\text{m}$ ) the wider gap. For matrix factor, groups restored with polyester (21.08  $\mu\text{m}$ ) had narrower gaps than metallic (23.27  $\mu\text{m}$ ). All groups showed wider gaps after aging. For internal adaptation, the only difference found was for resin factor ( $p = 0.001$ ). Conventional composite GrandioSO presented gap in more than half of the gingival wall (53.96%). Bulk-fill composites showed lower values of marginal and internal gap than

conventional composite. However, none of the bulk-fill composites showed efficiency of cure of 80% or more.

Keywords: Marginal gap. Composite resin. Polymerization. Matrix bands. Artificial aging.

## 1 INTRODUÇÃO

Desde seu desenvolvimento, as resinas compostas tem sido constantemente estudadas e aprimoradas, sendo cada vez mais utilizadas principalmente por se tratar de um material estético. Mesmo apresentando bons resultados clínicos este material ainda apresenta limitações (Burgess, Cakir, 2010; Leinfelder, 1995).

A polimerização das resinas compostas é acompanhada de uma contração volumétrica, que resulta no desenvolvimento de tensões internas na restauração. Estas tensões internas são transferidas para interface resina-estrutura dental (Ferracane, 2005). A contração e o estresse resultante da polimerização se relacionam diretamente com falhas na integridade marginal, deflexão de cúspides, aumento da sensibilidade pós-operatória, rachaduras na estrutura dental saudável e desenvolvimento de lesões de cáries secundárias (Weinmann et al., 2005).

O desenvolvimento da tensão ou estresse de contração de polimerização é um fenômeno multifatorial, já que pode ser influenciado por fatores dependentes da formulação do material como conteúdo de carga, estrutura química dos monômeros, presença de aditivos e interações entre carga e matriz orgânica, e por fatores relacionados à polimerização do material, como a taxa de polimerização, fator C, técnica de inserção e método de ativação. Esses diversos fatores levaram os fabricantes a tentarem diferentes abordagens no desenvolvimento de novas resinas que controlassem melhor essas tensões indesejadas (Ferracane, 2005).

No decorrer dos anos, os fabricantes tentaram produzir resinas com propriedades melhores, principalmente através de mudanças na quantidade, forma, tamanho e tratamento de superfície das partículas de carga (Ilie, Hickel, 2011). Tais mudanças tinham como objetivo reduzir a contração de polimerização, reduzindo assim o estresse induzido. Uma abordagem foi a redução da contração através do aumento do conteúdo de carga, porém esta produzia um material mais rígido, que por fim induzia mais tensão (Moreira da Silva et al., 2007; Rawls, Esquivel-Upshaw, 2005).

Outra abordagem muito utilizada é restaurar a cavidade pela técnica incremental, que se baseia na inserção de múltiplos incrementos de 2 mm. Tal

abordagem visa proporcionar uma melhor polimerização de cada incremento, contribuir para um menor fator C (evita a união de muitas paredes cavitárias ao mesmo tempo), reduzir o volume de material passível de contração e conseqüentemente minimizar a tensão (Ferracane, 2011; El-Damanhoury, Platt, 2013). No entanto, restaurar cavidades, especialmente muito profundas, com incrementos de 2 mm de espessura é um procedimento demorado e implica em maior risco de incorporação de bolhas e contaminação entre os incrementos. Além disso, não há um consenso na literatura sobre seus benefícios (Flury et al., 2012).

Recentemente, surgiu uma nova classe de resinas compostas denominadas resinas de inserção em bloco (em inglês *Bulk-fill*). Essas resinas propõem redução do estresse de polimerização e maior profundidade de cura, em torno de 4 mm. De forma geral, essa nova classe de resina não difere na composição química das resinas convencionais, pois também baseia-se em monômeros como Bis-GMA, UDMA e TEGDMA (Ilie et al., 2013a).

A forma como a redução do estresse e aumento da profundidade de cura são obtidas pode variar entre as resinas de inserção em bloco, nem sempre esta é clara ou revelada pelos seus fabricantes. Segundo a literatura algumas formas de reduzir o estresse encontradas nestas resinas são: incorporação de componentes capazes de interagir com o fotoiniciador e modular a cinética de polimerização, incorporação de mais de um fotoiniciador, conversão relativamente mais lenta, prolongar a fase pré-gel e a fluidez e retardar a gelificação (Ilie, Hickel, 2011; Marovic et al., 2014; Bucuta, Ilie, 2014). Foi relatada uma redução do estresse de polimerização em até 60%, quando comparada às resinas convencionais (Ilie, Hickel, 2011; Jin et al., 2009).

A maior profundidade de cura das resinas de inserção em bloco é atingida principalmente devido a maior translucidez para luz azul destas quando comparadas às resinas convencionais. Algumas das abordagens relatadas para obter essa maior translucidez são: diminuir a quantidade de partículas de carga e aumentar o tamanho das partículas de carga, o que resulta em uma menor dispersão de luz e conseqüente aumento da penetração em profundidade (Bucuta, Ilie, 2014).

Esses materiais são, em sua maioria, resinas fluídas que serão utilizadas como uma base de preenchimento de quase toda a cavidade em dentes posteriores. Sua utilização torna os procedimentos significativamente mais fáceis e rápidos, pois

elimina a etapa de inserção e polimerização de diversos incrementos de 2 mm. Contudo, a maioria dessas resinas são menos resistentes ao desgaste e portanto devem ser utilizadas somente como uma reposição da dentina perdida e devem ser cobertas por uma resina mais resistente nas áreas oclusais (Burgess, Cakir, 2010). Mais recentemente, foram lançadas no mercado resinas de inserção em bloco que também podem ser utilizadas na camada oclusal.

Como a inserção destes novos materiais é feita em incremento único, se questiona a efetividade da polimerização destes materiais, principalmente nas camadas mais profundas. Uma polimerização incompleta compromete as propriedades físicas do material (redução da resistência e dureza), pode afetar a polpa pela presença de monômeros livres não polimerizados (irritação pulpar) e levar à falha da restauração (Flury et al., 2012; DeWald, Ferracane, 1987). Tem sido sugerido que a profundidade de cura ideal de uma resina é aquela onde as camadas mais profundas apresentem no mínimo 80-90% da dureza da camada mais superficial (Moore et al., 2008; Pilo, Cardash, 1992; Tirtha et al., 1982; Yearn, 1985).

Considerando que estes materiais são indicados e serão utilizados em restaurações de Classe II, uma adequada reconstrução da superfície proximal se faz necessária. Para isso sistemas de matrizes e cunhas deverão ser utilizados. Kays et al., em 1991, observaram que quanto mais reflexiva for uma tira de matriz menor será a discrepância entre a dureza da porção gengival quando comparada com a porção oclusal da restauração. Por outro lado, existem estudos nos quais o tipo de matriz não influenciou os parâmetros avaliados (Cenci et al., 2006; Hofmann, Hunecke, 2006). Desta forma, é importante avaliar se a decisão do cirurgião dentista por usar um determinado tipo de matriz (metálica ou poliéster) poderia influenciar na polimerização e conseqüentemente no desempenho destes materiais. Além disso, ainda não há na literatura estudos que avaliem a influência do tipo de matriz no desempenho destas resinas.

É importante que uma restauração apresente um selamento hermético de suas margens, evitando a formação de fendas (Youngson et al., 1990). A presença de fendas permite a transferência de fluidos, bactérias e materiais (Ciucchi et al., 1997); e está relacionada com danos pulpares, hipersensibilidade, cáries secundárias e deteriorização precoce do material restaurador (Brannstrom, Nordenvall, 1978; Christen, Mitchell, 1966).

Estes materiais estarão sujeitos tanto a tensões mecânicas, advindas da força da mastigação, como térmicas advindas da própria alimentação, e estas tensões também são capazes de interferir na interface dente/restauração (Trowbridge, 1987). Segundo Moreira da Silva et al. (2007), resinas com maior fluidez, associadas com menor módulo de elasticidade, são mais adequadas para melhorar a adaptação, reduzir a transferência de estresse e diminuir a formação de fendas nas restaurações.

Mediante o exposto, torna-se importante analisar se a inserção em bloco destes novos materiais associada a diferentes matrizes pode influenciar sua efetividade de polimerização e desempenho. Tão como avaliar se as mudanças e melhorias propostas por estes são suficientes para eliminar fendas e falhas nas margens e no interior das restaurações.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

A elaboração desta revisão da literatura tem por objetivo abordar algumas das mais relevantes pesquisas que precederam este estudo e facilitar o entendimento dos assuntos abordados. Para tal, ela foi dividida nos tópicos: Estudos sobre as resinas de inserção em bloco e Influência do tipo de matriz na qualidade da restauração.

### **2.1 Estudos sobre as resinas de inserção em bloco**

Em 2009, Jin et al. apresentaram uma resina fotopolimerizável experimental com baixo estresse para confecção de restaurações. Um novo fotoiniciador foi incorporado à cadeia polimérica de uma resina à base de uretano metacrilato, a fim de facilitar a polimerização e conseqüentemente regular o estresse de cura. A contração e o estresse de polimerização desta nova resina foram medidos por picnometria a hélio e um tensometro, respectivamente. Quando ativada a resina demonstrou uma taxa de polimerização relativamente lenta, o que sugere que o fotoiniciador incorporado na resina afetou o processo de polimerização. Uma redução no estresse de polimerização de 60-70% foi medida nesta resina quando em comparação com uma resina convencional, embora a contração de polimerização da nova resina tenha sido apenas 20% menor do que a da resina convencional. Os autores concluem que o nível de contração de polimerização não é necessariamente proporcional ao estresse; e que este novo sistema de resina produz um estresse de polimerização notavelmente baixo.

Em 2010, Burgess e Cakir mediram a contração de polimerização, a rugosidade da superfície, o brilho, o desgaste, a estabilidade de cor e a resistência ao manchamento das resinas N'Durance (Septodont), SureFil SDR (Dentsply) e Filtek LS (3M ESPE), e compararam estes valores com aqueles de outros estudos, realizados com compósitos que já eram considerados clinicamente bem sucedidos. A contração de polimerização foi mensurada pela porcentagem de redução de



volume após a fotoativação pelo aparelho AcuVol. Para a análise da rugosidade foi utilizado um perfilômetro 3D e para o brilho um aparelho medidor de brilho. Para o desgaste, os espécimes receberam cargas repetitivas em uma máquina de desgaste e depois a perda de superfície foi determinada por um perfilômetro. A estabilidade de cor foi medida antes e após armazenagem em água destilada, luz ultravioleta e em uma solução de corante, utilizando um espectrofotômetro e o sistema  $L^* a^* b^*$ . O estudo mostrou que as três resinas apresentaram valores semelhantes com relação ao brilho, a rugosidade da superfície e a estabilidade da cor. As três resinas apresentaram menores valores de contração quando comparadas as resinas já utilizadas no mercado. Filtek LS apresentou os menores valores de contração de polimerização e melhor resistência ao desgaste seguido da N'Durance e SureFil SDR, respectivamente. Os autores atribuem os bons resultados encontrados para Filtek LS à sua composição química à base de silorano, porém esta resina necessita de um agente de união específico, o que não acontece com a N'Durance que também apresentou ótimos resultados. Os autores especulam que a resina SureFil SDR apesar de não apresentar valores de contração tão baixos como as outras resinas estudadas, poderia apresentar menor tensão devido à sua maior fluidez. Os autores concluem dizendo que os três materiais testados apresentam propriedades físicas e mecânicas similares às resinas já clinicamente bem sucedidas.

Ilie e Hickel, em 2011, analisaram o comportamento, com relação à contração, de uma nova resina que propõe controlar a cinética de polimerização através da incorporação de um grupo fotoativo, resultando em uma conversão relativamente mais lenta. Neste estudo, este material experimental (Exp-Flow, Dentsply) foi analisado em comparação a quatro compósitos à base de metacrilato, dois micro-híbridos e dois nano-híbridos, sendo que em cada um destes havia um compósito de baixa viscosidade e um de viscosidade convencional. Foram comparados também com um compósito micro-híbrido à base de silorano. Foi avaliado o desenvolvimento de tensões de contração, durante a cura até 300 s após a polimerização, bem como algumas propriedades micromecânicas: dureza Vickers, módulo de elasticidade, creep (escoamento) e deformação elástico-plástica. O material experimental apresentou o menor estresse de contração (1,1 MPa), seguido do silorano (3,6 MPa), e posteriormente dos compósitos a base de metacrilato (5,3 MPa). Apresentou também a menor taxa de contração (0,1 MPa/s), em comparação

com a resina à base de silorano (0,2 MPa/s) e as resinas à base de metacrilato variaram de 0,3 a 0,4 MPa/s. Para todos materiais analisados não foram encontradas diferenças nas propriedades mecânicas entre o topo e a base dos espécimes (2 mm espessura), 24 h após a polimerização. Quando comparada às resinas de viscosidade convencional e à base de silorano, a resina experimental apresentou menor dureza Vickers, menor módulo de elasticidade, maior creep e menor deformação elástica. Porém, quando comparada aos compósitos fluidos, o material experimental apresentou maior módulo de elasticidade. Com base nestes resultados, os autores concluem que a resina experimental não apresenta comportamento similar às resinas fluídas já existentes. O seu efeito sobre o acúmulo de estresse na interface não pode ser facilmente previsto, já que este material apresentou menor estresse porém maior rigidez que as resinas fluídas.

Um estudo realizado também em 2011, por Roggendorf et al., avaliou a influência de uma base fluída, do sistema adesivo e da ciclagem na integridade marginal de restaurações de resina composta em dentes posteriores. As margens das restaurações foram avaliadas em esmalte e em dentina, com diferentes sistemas adesivos (condicionamento total e autocondicionante), com e sem uma camada de 4 mm de uma base fluída (SDR, Dentsply), antes e após ciclagem termo-mecânica. Oitenta cavidades MOD foram preparadas em terceiros molares humanos extraídos, sendo uma das proximais preparadas abaixo da junção cimento-esmalte. Foram utilizadas as resinas diretas CeramX mono (Dentsply), Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Filtek Supreme XT (3M) e Venus Diamond (Heraeus Kulzer). As restaurações foram submetidas a 100.000 ciclos mecânicos (50 N) e 2.500 ciclos térmicos (5 °C e 55°C). As fendas marginais foram analisadas antes e após a ciclagem, usando microscopia eletrônica de varredura (aumento 200x) de réplicas feitas em resina epóxi. Os espécimes foram então cortados longitudinalmente para investigar a adaptação interna, que foi realizada da mesma forma anterior. A integridade marginal entre resina composta e dente foi expressa em percentual de toda a extensão da margem em esmalte e dentina. Os autores notaram que tanto em esmalte quanto em dentina, antes da ciclagem haviam altos índices de margens sem fendas e que após a ciclagem houve um aumento na porcentagem de fendas marginais. Em ambos tecidos dentários, os adesivos de condicionamento total

apresentaram melhor desempenho que os autocondicionantes, tanto na fenda marginal quanto na interna. Os autores concluíram que a presença da base de 4 mm da resina SDR não teve influência na adaptação marginal e interna, já que todos os grupos com a base obtiveram resultados similares quando comparados aos grupos sem base, somente restaurados com técnica incremental.

Em 2012, Flury et al. questionaram se o método de avaliação da profundidade de cura proposto pela ISO 4049, em 1988, seria capaz de retratar com precisão a obtenção de uma polimerização adequada para as resinas mais recentes, como as de preenchimento único (4 mm). Os autores compararam os resultados de profundidade de cura obtidos para as resinas de inserção em bloco Surefil SDR (Dentsply), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), Quixfil (Dentsply) e Tetric Evo-Ceram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), em relação à resina à base de silorano Filtek Silorane (3M ESPE) e também para a resina de viscosidade convencional, Filtek Supreme Plus (3M ESPE), seguindo a norma ISO 4049. Os resultados foram comparados com a análise da profundidade de polimerização das resinas através da mensuração da dureza Vickers, considerando que profundidade de polimerização adequada deve ser aquela em que a porção mais profunda tenha no mínimo 80% da dureza da superfície da resina exposta à luz. A ISO 4049 propõe a medição a profundidade de cura através da inserção de um material restaurador em um molde de aço inoxidável cilíndrico. Após a polimerização do topo, o cilindro de resina é removido do molde. Se houver resina amolecida (não polimerizada) esta é removida com uma espátula, a altura resultante do cilindro é medida por um micrômetro e dividida por dois, sendo este valor considerado como a profundidade de cura aceitável. Espécimes de 15x4 mm foram confeccionados para cada resina, e a dureza Vickers foi registrada em diferentes distâncias, com início na região mais próxima do fotopolimerizador (topo) seguindo em direção à camada de resina não polimerizada (base), determinando a partir de qual profundidade um valor de 80% do da dureza superficial era obtida. A profundidade de cura obtida por meio da dureza Vickers foi menor do que a da ISO para todas as resinas, exceto para a Filtek Silorano. Os autores acreditam que a ISO 4049 superestimou os valores de profundidade de cura para todas as resinas de inserção em bloco.

Moorthy et al., em 2012, avaliaram a influência de bases de inserção em bloco na deflexão das cúspides e na microinfiltração cervical em diferentes

restaurações de Classe II. Preparos MOD foram realizados em 24 pré-molares superiores e os dentes foram divididos em três grupos de acordo com a restauração recebida. Grupo A foi restaurado com 8 incrementos oblíquos da resina convencional GrandioSO (Voco), Grupos B e C foram restaurados com resina fluída de inserção em bloco SDR (Dentsply) ou X-tra base (Voco), respectivamente, e os 2 mm oclusais de ambos foram restaurados com a resina GrandioSO. A distância entre as cúspides vestibular e palatina havia sido mensurada antes da restauração e esta distância foi mensurada novamente imediatamente, 30, 60 e 180 s após a polimerização através de um micrômetro digital. Para avaliação da microinfiltração, os dentes foram submetidos a 500 ciclos de termociclagem (5 °C e 65°C), imersos em solução de fucsina 0,2% por 24 h, seccionados e examinados em um estereomicroscópio (25x). A deflexão média total das cúspides para o grupo restaurado pela técnica incremental foi de 11,26 µm, para o grupo com base de resina SDR foi de 4,63 µm e para o grupo com base de resina X-tra base foi de 4,73 µm. Todos os grupos apresentaram microinfiltração, não havendo diferença significativa na microinfiltração cervical entre os grupos avaliados. Os autores concluíram que as resinas de inserção em bloco são capazes de reduzir as deflexões das cúspides, mas não foram capazes de influenciar na microinfiltração cervical.

El-Safty et al. (2012a), determinaram a deformação plástica (limite de escoamento) de diferentes tipos de resinas compostas. Seis resinas foram comparadas, sendo quatro de inserção em bloco: Venus bulk fill (Heraeus Kulzer), Surefil SDR (Dentsply), Tetric EvoCeram bulk fill (Ivoclar Vivadent) e X-tra base (Voco); e duas de inserção incremental: Beautiful flow (Shofu) e Filtek supreme XTE (3M ESPE). Foram confeccionados 10 corpos de prova cilíndricos (4 x 6 mm) para cada material. Após a polimerização, cada grupo foi dividido em dois de acordo com as condições de armazenamento. O grupo A foi armazenado seco à 37°C durante 24 h enquanto o grupo B armazenado em água destilada à temperatura de 37°C, também por 24 h. Cada amostra foi submetida à tensões de compressão com carga de 20 MPa durante 2 h e ficava sem carga durante as 2 h seguintes, sendo a deformação plástica registrada continuamente por 4 h. As resinas com maior conteúdo de carga apresentaram menor deformação plástica do que aquelas com menor quantidade de carga. Todas as resinas estudadas exibiram maior deformação

(variação de comprimento), com maior quantidade de deformações irreversíveis (plástica) do que reversíveis (elástica) no grupo armazenado em água do que no grupo à seco. As resinas de inserção em bloco apresentaram deformação e recuperação aceitáveis e semelhantes às resinas de inserção convencional.

Outro estudo realizado por El-Safty et al. (2012b), visava determinar através de nanoindentações a dureza e o módulo de elasticidade de diferentes resinas compostas fluídas e compará-las com resinas de viscosidade convencional. Foram testadas três resinas fluídas: GrandioSO Flow (Voco), GrandioSO Heavy Flow (Voco) e Estelite Flow Quick (Tokuyama); três de inserção em bloco: X-tra base (Voco), Surefil SDR (Dentsply) e Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar vivadent); e quatro convencionais: GrandioSO (Voco), Venus Diamond (Heraeus Kulzer), Filtek Supreme XTE (3M ESPE) e Spectrum TPH3 (Dentsply). Discos de 15 x 2 mm de cada material foram confeccionados usando um molde metálico. Os discos foram polimerizados em vários pontos para garantir uma máxima polimerização, sendo então polidos e armazenados em água à 37°C por 7 dias. Os espécimes foram a seguir avaliados por meio de um nanoindentador e o módulo de elasticidade foi calculado posteriormente, a partir de fórmulas matemáticas. As resinas fluídas e as de inserção em bloco apresentaram menor média de nanodureza e de módulo de elasticidade quando comparadas às resinas híbridas convencionais e não diferiram entre si. Com relação aos valores de nanodureza, o menor valor encontrado foi de 0,73 GPa para resina de inserção em bloco Tetric EvoCeram Bulk Fill e o maior de 1,60 GPa para resina convencional GrandioSO. Esta mesma resina convencional também apresentou o maior módulo de elasticidade 24,07 GPa e a resina de inserção em bloco X-tra base o menor, no valor de 14,44 GPa. Em todas as resinas estudadas houve forte correlação entre módulo de elasticidade e nanodureza.

Rullmann et al. também em 2012, examinaram o estresse gerado pela contração de polimerização de várias resinas compostas. Foram estudadas as resinas: Filtek Silorane (3M ESPE), experimental a base de ormocer (VOCO), de inserção em bloco SDR (Dentsply) e as convencionais de baixa contração Els (Saremco), Venus Diamond (Heraeus Kulzer), Filtek Supreme XT (3M ESPE) e Clearfil Majesty Posterior (Kuraray). Amostras de cada resina foram confeccionadas em um molde cilíndrico de 4mm de diâmetro de resina epóxi Araldite-B. Após a polimerização as amostras foram armazenadas no escuro, a seco e à 23°C. O

estresse de contração foi medido em MPa após 4 min e 24 h da polimerização. Foi utilizado o método fotoelástico para medir este estresse. Por ser a resina epóxi um material sensível ao estresse, linhas de tensão foram produzidas e incorporadas neste material devido à contração das resinas compostas. O estresse de contração foi calculado por uma fórmula matemática com base no diâmetro do anel isocromático de primeira ordem formado e também pelo módulo de elasticidade inerente de cada resina. Após 24 h a média obtida para cada grupo foi: Venus Diamond – 3,4 MPa; SDR – 3,3 MPa; Ormocer – 4,0 MPa; Filtek Silorane – 2,8 MPa; Els – 2,5 MPa; Filtek Supreme XT – 6,0 MPa e Clearfil Majesty Posterior – 5,6 MPa. Os autores concluíram que os compósitos Venus Diamond, SDR e Ormocer foram capazes de reduzir o estresse de contração quando comparados aos compósitos convencionais. Venus Diamond, SDR e Els apresentaram resultados semelhantes ao silorano. Os autores demonstraram também que todas as resinas apresentaram maior tensão após 24 h, porém para as resinas Venus Diamond e SDR este aumento não foi estatisticamente significativo.

Em 2013a, Ilie et al., avaliaram o desempenho mecânico de sete resinas de inserção em bloco disponíveis no mercado. As resinas estudadas foram: Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), SureFil SDR (Dentsply), X-tra base (Voco), X-tra Fil (Voco), Filtek Bulk Fill (3M ESPE), SonicFill (Kerr) e Tetric EvoCeram bulk fill (Ivoclar Vivadent). Foram determinadas a resistência à flexão e o módulo de elasticidade à flexão através de um teste de flexão de três pontos realizado em uma máquina de ensaios universal. A dureza Vickers foi mensurada em um microdurômetro. O módulo de indentação foi calculado a partir da inclinação da tangente da curva de profundidade de indentação obtida na força máxima. O escoamento/deformação pôde ser calculado através da medição da alteração da profundidade de uma indentação submetida a uma força constante. O tamanho e morfologia das partículas de carga das resinas foi analisado por um microscópio eletrônico de varredura por emissão de campo. Os autores encontraram valores significativamente maiores de resistência à flexão para as resinas SonicFill, X-tra base e X-tra fil. Ainda com relação a este parâmetro, as resinas de inserção em bloco apresentaram valores semelhantes aos das resinas nano e microhíbridas convencionais e valores maiores que o das resinas fluídas presentes no mercado. Com relação ao módulo de elasticidade à flexão e módulo de indentação, Xtra-fil atingiu os maiores valores, as

resinas Filtek e Venus bulk fill os menores. As resinas de inserção em bloco se encontram entre as resinas híbridas e as fluídas com relação a estes dois parâmetros. Com relação ao escoamento elas se assemelham as resinas fluídas, ambas apresentam menor resistência à deformação quando comparadas as resinas nano e microhíbridas convencionais. O módulo de indentação e dureza das resinas SureFil SDR flow, Venus Bulk Fill e Filtek Bulk Fill foram consideravelmente menores que a média encontrada para resinas nano e microhíbridas convencionais. Desta forma, estas resinas quando utilizadas em restaurações oclusais, devem impreterivelmente receber uma camada de outra resina convencional de cobertura. Os autores acreditam que a explicação para uma possível maior profundidade de cura obtida por estas resinas de inserção em bloco, seja pela maior translucidez destes materiais, que é conseguida pela diminuição da quantidade e pelo aumento de tamanho das partículas de carga.

Outro trabalho realizado por Ilie et al. (2013b), avaliou o efeito da espessura do material, do tempo da irradiação e da distância do fotopolimerizador nas propriedades micro-mecânicas e na cinética da polimerização de resinas compostas. Foram estudadas duas resinas de inserção em bloco, Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent) e X-tra base (Voco). As propriedades micro-mecânicas avaliadas foram dureza Vickers, profundidade de cura e módulo de indentação. A cinética da polimerização avaliou o aumento do grau de conversão durante as fases da polimerização. A espessura de resina variou entre 0,1 a 6 mm. O fotopolimerizador usado foi o Elipar Freelight 2 (3M ESPE), os tempos de irradiação avaliados foram 10, 20 e 40 s; e as distâncias da ponteira testadas foram de 0 e 7 mm. Os dados foram obtidos através de um microdurômetro e de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier. Os autores observaram que com o aumento da distância entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície da amostra há diminuição em todos os parâmetros avaliados independente do material, da espessura ou do tempo de irradiação. Quando o fotopolimerizador era aplicado diretamente na superfície da amostra, a resina X-tra base apresentou propriedades mecânicas superiores às medidas para a Tetric EvoCeram. Os parâmetros avaliados tiveram forte influência no começo da polimerização (fase pré-gel) e pouca importância nas fases seguintes. Houve diferença significativa entre os materiais estudados nos parâmetros avaliados. A resina X-tra base apresentou uma melhor polimerização em

profundidade. Os autores acreditam que a principal razão para isso é a maior translucidez desta, o que permite uma melhor penetração de luz em camadas mais profundas.

Van Ende et al. (2013), avaliaram a influência da técnica de incremento em bloco na adesão a cavidades com diferentes fatores de configuração cavitária (Fator C). Após aplicação do sistema adesivo, a resina fluída (G-ænial Universal Flo, GC), a de inserção em bloco (Surefil SDR, Dentsply) e a convencional (Z100, 3M ESPE), foram aplicadas em cavidades padronizadas com diferentes configurações. As configurações cavitárias avaliadas apresentaram diferentes valores de fator C: C = 3,86 (Classe I; 2,5 mm de profundidade, incremento único), C = 5,57 (Classe I; 4 mm de profundidade, incremento único), C = 1,95 (Classe I; 2,5 mm de profundidade, preenchida em três incrementos iguais) e C = 0,26 (superfície plana). Depois de uma semana de armazenamento em água as restaurações foram seccionadas e submetidas ao teste de microtração. A resina de inserção em bloco, SDR, não apresentou diferença significativa de resistência à microtração entre todas as configurações de cavidade testadas. A resina fluída universal e a resina de viscosidade convencional obtiveram resultados significativamente semelhantes ao da resina SDR na cavidade de superfície plana e quando a cavidade foi restaurada em incrementos. No entanto, as resinas fluída e convencional obtiveram resultados significativamente menores do que a SDR quando as cavidades foram preenchidas em incremento em bloco, independentemente da profundidade da cavidade. Os autores concluíram que esta resina de incremento em bloco tem um impacto positivo sobre a adesão, principalmente em cavidades com fator C elevado, e que os compósitos convencionais se usados em preenchimento único levarão à falhas adesivas.

O estudo realizado por Poggio et al. (2013), avaliou a microinfiltração presente em restaurações profundas de Classe II restauradas com diferentes resinas e técnicas. Foram usados cinquenta dentes humanos e cada dente recebeu dois slots verticais padronizados, com margem gengival abaixo da junção cimento-esmalte, um na mesial e outro na distal. Os dentes foram divididos em 5 grupos: 1- Filtek Supreme XTE Flowable + Universal Filtek Supreme XTE (3M ESPE), 2- GrandioSO Heavy Flow + GrandioSO (Voco), 3- SDR + Esthet-XHD (Dentsply), 4- SonicFill (Kerr) e 5-Grandio (Voco). Os dentes foram submetidos a 1500 ciclos de



termociclagem (5°C e 60°C), imersos em solução de fucsina básica à 0,5%, seccionados mesiodistalmente e examinados em esteromicroscópio com aumento de 25x. Foi avaliada a penetração do corante na margem gengival de acordo com escores que variavam de 0 (sem penetração do corante) até 4 (penetração corante na parede pulpar). Os resultados mostraram que o grupo 1 teve maior frequência de escore 2, os grupos 2 e 3 tiveram prevalência significativa de escore 1, e os grupos 4 e 5 não diferiram estatisticamente entre si, sendo que ambos apresentaram uma alta frequência de escore 0. Os autores concluíram que nenhum dos materiais ou técnicas usadas foi capaz de eliminar completamente a microinfiltração.

Finan et al., também em 2013, avaliaram o grau de conversão, a resistência flexural de dois pontos e a dureza Vickers de duas resinas de inserção em bloco (SDR e X-tra base) com variações na distância entre a resina e a ponta do fotopolimerizador (de 1 a 8 mm). O grau de conversão foi mensurado por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, a resistência flexural em uma máquina de ensaios universal e a dureza Vickers em um microdurômetro. Os espécimes utilizados apresentavam 1 mm de espessura. A resina X-tra base não apresentou diferença significativa no grau de conversão nas diferentes distâncias da fonte de luz, que variou de 48% a 1 mm para 43% a 8 mm. Para resina SDR, não houve diferença significativa no grau de conversão para profundidades de irradiação de 1-4 mm. No entanto, em profundidades de irradiação de 5-8 mm os valores de conversão foram significativamente reduzidos (45%) em comparação com uma profundidade de irradiação de 1 mm (59%). Com relação à resistência flexural, ambas resinas apresentaram significantes reduções nos valores de resistência com distância da irradiação maior ou igual a 4 mm. Os valores obtidos para X-tra base a 1, 4 e 8 mm foram 181, 126 e 13 MPa, respectivamente. Para SDR os valores obtidos foram 178, 151 e 6 MPa respectivamente. O mesmo pode ser observado para a dureza Vickers, sendo que a resina X-tra base apresentou maiores valores de dureza vickers quando comparada a SDR. A resina X-tra base variou a dureza de 53 a 5 com o aumento da distância do fotopolimerizador, enquanto para a SDR a variação foi de 37 chegando até a zero. Os autores acreditam que as diferenças encontradas entre os dois materiais estejam relacionadas a composição e características das partículas de carga.

O trabalho de El-Damanhoury e Platt, de 2013, avaliou a cinética do estresse de contração de polimerização, módulo flexural e eficiência de cura de cinco resinas de inserção em bloco. As resinas avaliadas foram Surefil SDR flow (Dentsply), Tetric EvoCeram Bulk fill (Ivoclar Vivadent), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), X-tra fil (Voco) e uma resina experimental, que foram comparadas com uma resina convencional controle, a Filtek Z250 (3M ESPE). Estresse em tempo real, o estresse máximo, a taxa de estresse e o tempo para atingir o estresse máximo foram mensurados através de um tensômetro. Módulo flexural foi mensurado de acordo com a ISO 4049 em uma máquina de ensaios universais, já a eficiência da cura foi determinada pela porcentagem da dureza knoop encontrada entre base/topo de espécimes de 4 mm de espessura. Com relação ao estresse de contração, todas as resinas apresentaram valores significativamente menores (valores inferiores a 1,883 MPa) quando comparadas a resina controle (2,364 MPa), com exceção da resina X-tra fil (2,135 MPa). Com relação ao módulo flexural também a resina X-tra fil (16,03 GPa) e a controle Z250 (11,65 GPa) apresentaram maior valores que as demais resinas de inserção em bloco, que apresentaram valores inferiores a 8,98 GPa, e foi encontrada uma correlação direta entre estresse e módulo flexural. Todas as resinas de inserção em bloco foram capazes de alcançar uma eficiência de cura aceitável, 80% ou mais da dureza da base em relação ao topo, em 4 mm de profundidade. Os autores concluíram que as resinas de inserção em bloco que apresentaram redução do estresse e cura adequada poderiam ser indicadas para uso em cavidades profundas.

O estudo realizado em 2013 por Alshali et al., avaliou e comparou o grau de conversão de resinas de inserção em bloco com resinas fluídas e resinas de viscosidades convencionais. O grau de conversão foi mensurado por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier, imediatamente após a polimerização e após 24 h. Durante este período, as amostras ficaram armazenadas em uma estufa a prova de luz, à 37°C, dentro de um recipiente de vidro selado. As resinas avaliadas, seus fabricantes e abreviações usadas são: as de inserção em bloco SureFil SDR (Dentsply, SDR), Venus bulk-fill (Heraeus Kulzer, VBF), X-tra base (Voco, XB) e Filtek Bulk Fill (3M ESPE, FBF); as fluídas Venus Diamond flow (Heraeus Kulzer, VDF) e GrandioSO flow (Voco GRF); e as convencionais Venus Diamond (Heraeus Kulzer, VD) e GrandioSO (Voco, GR). Os resultados de grau de

conversão imediatamente após a cura variaram de 77,1 a 34,7%, e seguem a seguinte ordem: GRF > VDF > SDR > VBF > XB > GR > FBF > VD. Após 24 h, os valores variaram de 93,1% para 50,9%, e seguiram a ordem: GRF > VBF > VD > SDR > VDF > GR > XB > FBF. Os autores concluíram que a resina fluída GRF apresentou valores de conversão significativamente maiores que todos os outros materiais, nos dois intervalos de tempo, e as resinas de inserção em bloco XB e FBF, os piores valores após 24 h. As resinas de inserção em bloco SDR e VBF apresentaram valores comparáveis às resinas convencionais avaliadas, porém as resinas XB e FBF se mostram inferiores a estas quanto ao parâmetro avaliado.

Czasch e Ilie, 2013, mediram e compararam o grau de conversão, a dureza Vickers, a resistência à flexão e o módulo de elasticidade à flexão de duas resinas de inserção em bloco. As resinas estudadas foram a Surefil SDR (Dentsply) e a Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer). O grau de conversão foi mensurado por espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier em diferentes profundidades (0,1 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm em incremento único e 6 mm em técnica incremental) e tempos de irradiação relevantes clinicamente (10, 20, 40 s). Os espécimes foram armazenados em água destilada à 37°C por 24 h. A dureza foi avaliada em um microdurômetro, apenas no grupo de 6 mm de incremento único. A resistência à flexão e módulo de resistência à flexão foram mensurados através de um ensaio de flexão de três pontos, para tal, novas amostras com 2 x 2 x 16 mm foram confeccionadas. A profundidade de cura dos espécimes do grupo de 6 mm de inserção em bloco também foi mensurada, além disso o tamanho das partículas de cargas destas resinas foi avaliado em um microscópio eletrônico de varredura de emissão de campo. O fator tipo da resina apresentou maior influência em todas variáveis, enquanto o fator profundidade teve maior influência nas propriedades mecânicas do que no grau de conversão. O fator tempo de irradiação teve pouca influência nas variáveis avaliadas. O grau de conversão no grupo de 6 mm de incremento único foi significativamente menor do que no grupo incremental (3 camadas de 2 mm), somente em tempos de polimerização baixos (10 s). A resina Venus Bulk apresentou grau de conversão significativamente maior do que a resina SDR para todos os tempos de irradiação e todas profundidades. A resina SDR apresentou maiores valores de dureza que a Venus Bulk em todas variáveis avaliadas. Com relação à variável profundidade de cura, nenhuma das resinas

alcançou valores maiores ou iguais a 80% da dureza Vickers do topo. A resina SDR apresentou maiores valores com relação às variáveis a resistência à flexão e o módulo de elasticidade à flexão. As imagens do microscópio eletrônico de varredura mostraram que as partículas de carga da resina SDR são consistentemente menores que as da resina Venus Bulk Fill. Os autores concluíram que o uso de incrementos de 4 mm, polimerizados por 20 s, de ambas resinas podem ser recomendados.

Em 2014, Alrahlah et al. determinaram a profundidade de cura de cinco resinas de inserção em bloco através da avaliação da dureza Vickers. As resinas estudadas foram: Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), X-tra base (Voco), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), Filtek Bulk Fill (3M ESPE) e SonicFill (Kerr). Três espécimes de cada material foram confeccionados em um molde metálico de dimensões de 15 x 4 x 2 mm, o topo foi coberto por uma tira de matriz e a luz foi aplicada por 20 s pelo fotopolimerizador Elipar S10 (3M ESPE). Os espécimes foram armazenados em água por 24 h e a dureza vickers foi mensurada em intervalos de 0,3 mm de profundidade a partir do topo em direção à base. A dureza máxima variou de 37,8 para 77,4 entre as resinas, sendo que a SonicFill apresentou os maiores valores e a Venus Bulk Fill, os menores. A profundidade correspondente a 80% da dureza máxima variou entre 4,14 a 5,03 mm. A resina Filtek Bulk Fill apresentou os menores valores de profundidade de cura e as resinas SonicFill e Tetric EvoCeram Bulk Fill não diferiram entre si e apresentaram as maiores profundidades de cura. Contudo, todas as resinas apresentaram cura aceitável a 4 mm (80% ou mais da dureza do topo).

Também em 2014, Garcia et al. avaliaram a contração de polimerização e profundidade de cura de resinas fluídas. Foram estudadas as resinas fluídas de inserção em bloco, SureFil SDR (Dentsply) e Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer); a resina fluída padrão, Filtek Supreme Ultra Flowable (3M ESPE); e a resina de inserção em bloco de viscosidade convencional que fica fluída apenas durante a inserção ultrasônica, Sonic Fill (Kerr). Dez espécimes de 2 mm de cada resina foram polimerizados por 20 s e a contração de polimerização linear foi mensurada através de um dispositivo chamado *Kaman Linometer*. A profundidade de cura foi medida de acordo com as especificações da ISO 4049. Para tal, espécimes de cada resina foram feitos em um molde de 10 x 10 mm e polimerizados por 20 s, sendo a parte de

resina não polimerizada da base removida. A espessura resultante foi mensurada em um micrometro e dividida por dois, obtendo-se o valor da profundidade de cura. Os autores também avaliaram a profundidade de cura através da dureza Knoop. Foram confeccionados espécimes de 14 mm de diâmetro, com espessuras que variavam de 2, 3, 4 e 5 mm. Após 24 h da polimerização, a dureza foi medida em um microdurômetro. Foram realizadas 3 medições no topo (porção aonde o fotopolimerizador foi colocado) e 3 na base, e a proporção base/topo foi calculada. Sonic Fill apresentou a menor contração (1,76%) enquanto a Venus Bulk Fill a maior (4,40%). A resina SDR e Filtek Flowable apresentaram contração intermediária e não diferiram entre si (3,57 e 3,43%, respectivamente). Venus Bulk e SDR apresentaram profundidade de cura total até 5 mm, enquanto a Filtek Ultra Flowable e Sonic Fill apresentaram profundidades de cura significativamente inferiores; 2,98 e 3,46 mm respectivamente, segundo os dados obtidos pela avaliação porposta pela ISO 4049. A relação base/topo, obtida pela dureza, foi de 80% ou menos para todas as resinas em todas espessuras, com exceção da resina Sonic Fill a 2 mm. A Filtek Supreme Ultra Flowable apresentou valores de dureza significativamente menores que as outras resinas, e se encontrava muito mole para mensuração a partir de 3 mm de espessura. Os autores concluíram que todos os materiais testados apresentaram significativamente menor profundidade de cura do que alegado pelos fabricantes e do que a obtida quando medida pelas normas da ISO 4049, e que tal método significativamente superestimou as profundidades de cura, o que pode influenciar os resultados clínicos.

Park e Kim, em 2014, avaliaram a adaptação interna, e sua relação com a contração de polimerização de resinas compostas. Além disso, também propuseram um novo método de avaliação da adaptação interna, no qual os espécimes não precisam ser cortados/destruídos (corante e microtomografia computadorizada) e o comparou com outra técnica já estabelecida (corte, corante e estereomicroscópio). Foram estudadas as resinas fluídas: SDR, Dentsply (SD) e Tetric N-Flow, Ivoclar Vivadent (TF); e as não fluídas, Gradia Direct, GC (GD), Filtek P90, 3M ESPE (P9), Filtek Z350, 3M ESPE (Z3) e Charisma, Heraeus Kulzer (CH). As medidas de contração e estresse de polimerização foram realizadas por um dispositivo e software feitos sob encomenda. Para a avaliação da adaptação interna, cavidades de Classe I foram preparadas em premolares humanos. As cavidades foram

restauradas com as resinas estudadas em incrementos de 2 mm, com exceção da resina SDR, que foi usada em incremento único de 4 mm. Os dentes foram imersos em solução de nitrato de prata a 25% e foram avaliados por microtomografia computadorizada, antes e após ciclagem termomecânica (600.000 ciclos mecânicos com carga de 49 N realizados simultaneamente com banhos de 5°C e 55°C). Por fim, os espécimes foram seccionados no sentido vestibulo-lingual, penetrados por rodamina (corante) e avaliados em um estereomicroscópio. Para contração de polimerização os resultados foram:  $P9 < Z3 \leq GD < CH \leq SD < TF$ . Para estresse de polimerização, os resultados foram:  $P9 \leq GD \leq Z3 \leq CH \leq SD < TF$ . Para as resinas não fuidas, a infiltração com nitrato de prata foi distribuída de forma uniforme em toda parede pulpar e algumas bolhas foram observadas na resina. Enquanto que para as resinas fluídas, a infiltração se dava primeiramente nas regiões dos ângulos diedros do segundo grupo, e havia menor presença de bolhas. Para todas as resinas houve um aumento da infiltração após a ciclagem, porém este foi menor nas resinas fluídas, os autores acreditam que isto tenha ocorrido devido a maior habilidade das resinas fluídas em absorver estresse. Foi encontrada uma correlação positiva, de média para alta, entre contração e estresse de polimerização com adaptação interna (avaliada por infiltração de corantes). Os autores notaram uma correlação também entre o método já estabelecido e o novo método proposto, e validaram o uso deste.

O estudo de Marovic et al. (2014), investigou o grau de conversão e a tensão de contração de resinas fluídas. Foram estudadas três resinas de inserção em bloco: SureFil SDR flow (Dentsply), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer) e X-tra base (VOCO). A resina fluída tradicional, Esthet X flow (Dentsply), foi usada como controle. O grau de conversão foi mensurado 15 min após a fotopolimerização através de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier. Foram confeccionados 5 espécimes para cada grupo e para cada profundidade. O grau de conversão foi avaliado nas profundidades de 0,1; 1,5 e 4 mm. A tensão de contração foi registrada durante 15 minutos usando um analisador de estresse personalizado, apenas na profundidade de 1,5 mm. As forças geradas durante a contração de polimerização foram detectadas por meio de uma célula de carga. A resina SDR gerou forças de contração significativamente menores que todas as resinas estudadas (22,9N). A Venus bulk (29,4N) e a X-tra base (28,3N) não diferiram entre si, mas também apresentaram menores valores que a resina fluída Esthet X (40,7N).

O grau de conversão a 1,5 mm de profundidade foi maior para resina Esthet X (74,4%), enquanto que a 4 mm foi maior para resina Venus bulk (78,8%). Para todos os materiais foi encontrado maior grau de conversão a 4 mm quando comparado a 0,1 mm. Os autores acreditam que isso tenha acontecido devido a maior translucidez e também pelo calor gerado pela natureza exotérmica dos radicais livres em grande quantidade. Os autores concluíram que as resinas de inserção em bloco foram capazes de gerar menor tensão de polimerização e apresentaram níveis elevados de grau de conversão em uma profundidade de até 4 mm.

Em 2014, Bucuta e Ilie quantificaram a passagem de luz azul através de diferentes espessuras de resinas de inserção em bloco em comparação com resinas convencionais, e também relacionaram esses dados com suas propriedades mecânicas. Foram estudadas sete resinas de inserção em bloco, três de viscosidade convencional: X-tra fil (Voco), Sonic Fill (Kerr) e Tetric EvoCeram Bulk Fill (Ivoclar Vivadent); e quatro fluídas: SDR (Dentsply), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), X-tra base (Voco) e Filtek Bulk Fill (3M). Estas foram comparadas com cinco resinas nanohíbridas de viscosidade convencional: GrandioSO (Voco), Premise (Kerr), Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent), Venus Diamond (Heraeus Kulzer) e Ceram X mono (Dentsply) e duas resinas fluídas: GrandioSO Heavy Flow (Voco) e Clearfil Majesty Flow (Kuraray). Para cada resina, três espessuras diferentes de incremento (2, 4 e 6 mm) foram testadas (n = 5). As amostras foram preparadas em moldes cilíndricos de teflon, abertos no topo e no fundo. A polimerização foi realizada perpendicularmente à superfície por 20 s com o fotopolimerizador LED Elipar FreeLight 2 (3M). Enquanto as amostras eram fotopolimerizadas, um espectrômetro (MARC Resin calibrador, BlueLight Analytics Inc., Halifax, Canadá) mensurava em tempo real a irradiância transmitida na parte inferior das amostras. A dureza Vickers foi mensurada após 24 h, tanto na parte superior como inferior, em um microdurômetro, e a distribuição e tamanho das partículas de carga foram avaliadas em microscópio eletrônico de varredura. Os autores observaram que as resinas de inserção em bloco são mais translúcidas à luz azul que as resinas convencionais, com exceção da SonicFill. A quantidade de luz azul transmitida foi maior para resina Venus Bulk Fill em todas as espessuras avaliadas. As resinas de inserção em bloco fluídas apresentaram os menores valores de dureza. A relação da dureza da base/topo foi maior que 80% em todos os materiais quando usados incrementos de 2 e 4 mm, exceto para resina

convencional Premise. Considerando incrementos de 6 mm, valores acima de 80% foram encontrados apenas para quatro resinas de inserção em bloco (Venus Bulk Fill, SDR, X-tra fil e Tetric EvoCeram Bulk Fill). Considerando todos os materiais, essa relação foi superior a 80%, quando a energia medida na parte inferior das amostras era maior do que  $0,7 \text{ J/cm}^2$ . Os autores concluíram que a dureza foi significativamente influenciada, em ordem decrescente, pelos seguintes parâmetros: material (tipo de resina), espessura do incremento, volume das partículas de carga e irradiância máxima transmitida.

Ainda em 2014, van Dijken e Pallesen avaliaram a eficácia clínica da resina de inserção em bloco SDR (Dentsply) em dentes posteriores e compararam seu desempenho com a resina convencional, Ceram X mono (Dentsply), por 3 anos. Em todas as cavidades o adesivo autocondicionante Xeno V (Dentsply) foi aplicado. Trinta e oito pares de restaurações Classe II e 15 pares de Classe I foram realizadas em 38 pacientes com idade média de 55 anos. Uma das cavidades foi restaurada com a resina de inserção em bloco fluída SDR, em incrementos de até 4 mm, e posteriormente a parte oclusal finalizada pela resina nanohíbrida Ceram X mono. A segunda cavidade foi restaurada apenas com a resina convencional em incrementos de 2 mm. As restaurações foram avaliadas utilizando critérios USPHS. Risco de cárie e hábitos parafuncionais dos participantes também foram estimados. Após três anos, 76 restaurações Classe II e 28 Classe I foram reavaliadas. No grupo restaurado com técnica incremental, apenas um dente apresentou sensibilidade pós-operatória durante 3 semanas, e após 1 ano duas restaurações Classe II falharam, uma com fratura na cúspide e a outra com fratura na resina composta. Foi encontrada uma taxa de falha anual de 1,3% para técnica incremental e 0% para inserção em bloco. Durante o período de 3 anos, a reprodução da cor apresentou deterioração significativa, não foram observadas cáries secundárias e não houve diferença significativa entre os dois grupos. Dez participantes foram estimados como tendo alto risco de cárie e onze mostraram bruxismo ativo. Os autores concluíram que a técnica restauradora com 4 mm da resina de inserção em bloco SDR apresentou alta eficácia clínica e apresentou desempenho comparável com a técnica incremental tradicional.

Em 2015, Jang et al. avaliaram o comportamento frente à polimerização e a profundidade de cura de resinas compostas para uso posterior. Foram estudadas:



uma resina fluída de alto conteúdo de carga (G-aenial Flo Universal [GUF]), duas resinas fluídas de inserção em bloco (Surefil SDR [SDR] e Venus Bulk Fill [VBF]) e uma resina de inserção em bloco com viscosidade convencional (Tetric N-Ceram Bulk Fill [TBF]), as quais foram comparadas com uma resina fluída tradicional (Tetric Flow [TF]) e uma resina de viscosidade convencional (Filtek Supreme Ultra [FS]). Para mensurar a contração de polimerização linear, a resina composta foi prensada entre uma lâmina de vidro e um disco de alumínio e espécimes com espessura de 1,5 mm e diâmetro de 4,5 mm foram obtidos. A polimerização foi realizada a uma distância de 2 mm da lâmina de vidro por um aparelho LED com intensidade de luz de 700 mW/cm<sup>2</sup> por 40 s. O deslocamento do disco foi medido a cada 0,5 s por 120 s. Para avaliar o estresse de contração, 0,3 g de resina foi levada em um disco acrílico do dispositivo de mensuração e uma barra de aço foi posicionada 1 mm acima do disco. Após a polimerização, o estresse foi avaliado por uma célula de carga ligada à barra de aço e a um computador. Os dados foram registrados a cada 0,5 s por 180 s. Para avaliar a profundidade de cura, espécimes de resina foram confeccionados usando um molde com um orifício de 4 mm de profundidade e 4 mm de diâmetro interno. O orifício foi preenchido com incremento único de cada uma das seis resinas avaliadas e fotopolimerizado durante 20 s, seguido de 24 h de armazenamento em água. A microdureza Vickers foi medida na parte superior e na parte inferior através de um indentador. Os resultados de contração de polimerização linear foram: TF e GUF > VBF > SDR > FS e TBF. Os resultados de estresse de contração foram: GUF > TF e VBF > SDR > FS e TBF. Com relação à profundidade de cura, apenas para SDR e VBF a relação dureza da base/topo excedeu 80%. No entanto, para TF, FS, TBF e GUF, a relação foi inferior à 80%, sendo que GUF apresentou os piores resultados (49%). Os autores concluíram que as resinas estudadas não apresentaram comportamento frente à polimerização superiores à resina convencional, com exceção da TBF que se mostrou semelhante.

## **2.2 Influência do tipo de matriz na qualidade da restauração**

O estudo de Kays et al. (1991), avaliou o grau de polimerização, através da microdureza, de uma resina composta microparticulada com o uso de diferentes

matrizes e posições do fotopolimerizador. A resina Prisma-Fine (Dentsply) foi inserida em um molde de Teflon que simulava uma caixa proximal de 4 mm de largura, 5 mm de altura e 2 mm de profundidade. Foram testados: matriz plástica, matriz metálica e espelho. Os espécimes foram polimerizados por 1 minuto, com a luz no topo do molde (oclusal). Foi testado também outro grupo com matriz plástica porém com incidência de luz na margem gengival. A dureza Knoop foi avaliada em um microdurômetro após uma semana. Diferença nos valores da região mais gengival até a oclusal indicam diferenças no grau de polimerização do material. O uso do espelho gerou maior dureza nas duas regiões avaliadas, oclusal (24,86) e gengival (18,03). Os autores acreditam que esta maior dureza na superfície gengival seja proveniente do aumento da luz a partir do espelho refletor. Já a matriz metálica resultou em uma menor discrepância na dureza entre a região oclusal (19,53) e gengival (10,09). O uso da matriz plástica com cura por oclusal resultou em menor dureza na região gengival (5,95) e foi estatisticamente diferente da dureza encontrada na região oclusal (22,65). Com relação a posição da fonte de luz, o grupo no qual a luz foi colocada por gengival, obteve pouca discrepância entre as duas regiões avaliadas, com valores de dureza na região gengival semelhantes ao encontrado no uso do espelho (16,63) e os menores valores encontrados na região oclusal (14,59). Os autores concluíram que para restaurar dentes posteriores é preferível o uso de uma matriz metálica o mais reflexiva possível, não sendo necessário utilizar matriz plástica com incidência de luz na margem gengival.

Cenci et al. (2006), avaliaram *in vivo* e *in vitro* restaurações de Classe II de resina composta com utilização de diferentes matrizes e cunhas. Na avaliação *in vivo*, 23 pacientes receberam 59 restaurações feitas com matriz metálica e cunha de madeira e 50 feitas com matriz de poliéster e cunha reflexiva. No grupo da matriz metálica a polimerização foi feita por oclusal, enquanto no grupo de poliéster os incrementos iniciais (mais gengivais) foram polimerizados através das cunhas reflexivas. Foi utilizado o adesivo Single Bond e a resina P60 (3M ESPE). Após 1 semana e 1 mês, as restaurações foram avaliadas de acordo com o critério USPHS modificado. Na avaliação *in vitro*, 40 cavidades proximais foram realizadas em 20 terceiros molares humanos. A cavidade mesial apresentava margem gengival ao nível de esmalte e a distal ao nível de cimento/dentina. Foram usados os mesmos grupos que na avaliação *in vivo*, porém a resina usada foi a Z250 (3M ESPE). Os

espécimes foram termociclados (500 ciclos, 5°C e 55°C), imersos em fucsina por 8 h e a microinfiltração foi avaliada em um esteromicroscópio com aumento de 40x. Ambos sistemas de matriz/cunha apresentaram resultados semelhantes tanto na avaliação *in vivo* como *in vitro*. A microinfiltração foi mínima nas áreas de esmalte e estatisticamente menor do que na margem cimento/dentina. Os autores concluíram que os diferentes tipos de matriz não influenciaram no desempenho clínico e nem na capacidade de selamento *in vitro* destes materiais.

O estudo de Hofmann e Hunecke (2006), determinou a influência da protocolo de cura e do tipo de matriz no selamento marginal de restaurações de Classe II de resina composta. Cavidades MOD foram preparadas em molares humanos. As margens cervicais foram posicionadas a 1 mm no sentido coronal da junção cimento-esmalte. Os dentes foram posicionados em um dispositivo onde ficavam em contato com um “dente vizinho”. Uma interproximal foi restaurada com matriz metálica e a outra com matriz de poliéster, ambas com cunha de madeira. Após o condicionamento e aplicação do sistema adesivo Optibond FL (Kerr), as cavidades foram restauradas com uma camada horizontal de resina fluída (Revolution, Kerr) e depois resina convencional em técnica incremental e oblíqua (Herculite XRV, Kerr). Foram utilizados diferentes protocolos de cura: fonte de luz halógena (convencional, gradual em duas etapas, exponencial, descontínua – pulso) e arco de plasma. Os dentes foram armazenados por quatro semanas e submetidos a 2500 ciclos de termociclagem (5°C e 55°C). A qualidade marginal foi analisada por meio de uma réplica observada em microscópio eletrônico de varredura, antes e após a ciclagem. Os espécimes foram imersos em nitrato de prata 50% por 2 h, cortados e o selamento marginal foi avaliado por microscopia de luz. Os autores observaram que uma alta intensidade de irradiação não comprometeu e que a irradiação gradual não melhorou, o selamento marginal das restaurações. As matrizes transparentes e metálicas produziram resultados equivalentes no que diz respeito ao selamento marginal de restaurações de Classe II em resina composta.

Em 2007, Gharizadeh et al. avaliaram a microinfiltração em cavidades de Classe II restauradas com quatro técnicas diferentes. Quarenta pré-molares humanos receberam duas cavidades de Classe II, uma mesial com margem cervical 1 mm acima e uma distal com margem a 1 mm abaixo da junção cimento-esmalte. Todos os espécimes receberam o mesmo tratamento adesivo e restaurador e foram

divididos em 4 grupos: grupo 1- matriz metálica e cunha de madeira, grupo 2- matriz transparente e cunha reflexiva, grupo 3- matriz metálica, cunha de madeira e ponteira de luz (Light-tip, c-type, Denbur, Inc, Oakbrook, IL, USA) e grupo 4- matriz metálica, cunha de madeira e cilindro de vidro (Bio-glass, Par-e-Tavous Institute Research in Glass & Ceramics, Mashhad, Iran). No grupo 2, a primeira fotopolimerização foi realizada através da cunha e a segunda por oclusal. A ponteira de luz usada no grupo 3 era cônica e era encaixada no fotopolimerizador e convergia a luz por esta estrutura mais comprida e fina. O cilindro de vidro (7 mm de altura) do grupo 4 foi usado para transmitir a luz do fotopolimerizador em direção à parede gengival durante a polimerização do primeiro incremento. As restaurações foram polidas, termocicladas (2000 ciclos, banhos de 5°C e 55°C), imersas em solução de fucsina 0,2% por 24 h, seccionadas e a microinfiltração foi examinada em um estereomicroscópio (40x) através de escores. Os resultados mostraram que o grupo 1 apresentou microinfiltração significativamente maior que os demais grupos, que não diferiram entre si. Os autores acreditam que este grupo tenha apresentado uma diferente direção de contração, já que foi polimerizado por oclusal, que resultou em maiores fendas que os outros grupos, que foram polimerizados por gengival ou que usaram instrumentos condutores de luz. Não houve diferença significativa na microinfiltração encontrada no esmalte em relação à dentina. Os autores concluíram que a matriz transparente ou a matriz metálica associada a um instrumento condutor de luz deveriam ser preferencialmente usadas, devido à menor microinfiltração marginal apresentada por estas quando comparadas a matriz metálica somente.

Em 2011, Demarco et al. publicaram um estudo clínico de acompanhamento por 4 anos de restaurações de Classe II em resina composta com utilização de diferentes matrizes e cunhas. Cento e nove restaurações foram feitas em 23 pacientes, 59 feitas com matriz metálica e cunha de madeira e 50 feitas com matriz de poliéster e cunha reflexiva. O adesivo Single Bond e a resina P60 (3M ESPE) foram utilizados. No grupo da matriz metálica a polimerização foi feita por oclusal, enquanto no grupo de poliéster os incrementos iniciais (mais gengivais) foram polimerizados pelas cunhas, enquanto os demais foram polimerizados por oclusal. As restaurações foram avaliadas de acordo com o critério USPHS modificado. Após 4 anos, quinze pacientes (78 dentes/102 superfícies proximais) foram reavaliados. Considerando-se comparações entre as diferentes matrizes, nos diversos tempos de

avaliação, não foram observadas diferenças significativas. Embora os sistemas de matriz e cunha avaliados tenham apresentado desempenhos clínicos semelhantes, houve perda de qualidade clínica da maioria das restaurações, embora sendo ainda aceitável, e sem necessidade de intervenção depois de 4 anos.

### 3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo *in vitro* foi analisar a efetividade de polimerização de resinas compostas para dentes posteriores, assim como a adaptação marginal e interna de restaurações Classe II realizadas com estes materiais, empregando matrizes plásticas ou metálicas, associando-se ao envelhecimento artificial.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Delineamento Experimental**

#### **4.1.1 Unidades Experimentais**

Cento e vinte incisivos bovinos com preparos de Classe II.

#### **4.1.2 Fatores em Estudo**

- a) Material restaurador em 6 níveis (GrandioSO, X-tra Base, X-tra Fil, Venus Bulk Fill, G-aenial universal Flo e SureFil SDR);
- b) Tipo de matriz em 2 níveis (metálica e poliéster);
- c) Envelhecimento em 2 níveis (antes e após ciclagem termo-mecânica).

#### **4.1.3 Variáveis de Resposta**

- a) Fenda marginal;
- b) Efetividade de polimerização (percentual de microdureza);
- c) Fenda interna.

## 4.2 Preparo dos Espécimes

Neste estudo 120 dentes incisivos bovinos recém extraídos foram utilizados (Figura 1A). Dois cortes e desgastes vestibular foram realizados nos dentes para que se pudesse simular um dente posterior, onde um preparo de Classe II tipo slot vertical pudesse ser realizado. Para tal, cada dente recebeu uma marcação na coroa dental, a 6 mm da junção amelocementária (Figura 1B), para que a parede gengival ficasse à nível de dentina. Sua porção incisal e parte da raiz foram removidas através de duas secções perpendiculares ao seu longo eixo, empregando torno de alta rotação (Nevoni, São Paulo, SP, Brasil) com disco diamantado (Dremel, Breda, Holanda) montado em mandril (Figuras 1C e 1D). A remoção de parte da raiz de cada incisivo bovino foi realizada apenas para facilitar a inserção e posicionamento correto dos espécimes nas etapas seguintes.

Todos os espécimes tiveram o esmalte da face vestibular aplainado, empregando lixa d'água de granulação P400 (Fepa-P, Panambra, São Paulo, SP, Brasil), acoplada a uma politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, BR), até que a raiz e a coroa estivessem alinhadas em um mesmo plano (Figuras 1E e 1F). A face vestibular do incisivo passou então a representar a face mesial de um molar humano, e a região seccionada na coroa a superfície oclusal.

Assim os espécimes estavam prontos para receber o preparo cavitário de Classe II, que foi realizado com uma ponta diamantada cilíndrica de 6 mm de ponta ativa (FG 2096, KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil). A cada 10 preparos a ponta diamantada era substituída por uma nova. Essa ponta foi acoplada a uma máquina de preparos padronizados (Figura 1G), que trabalhou sob constante refrigeração (Figura 1H). Dois relógios comparadores digitais (modelo "absolute" ID-S, Mitutoyo, Kawasaki, Japão) foram acoplados à base desta máquina, permitindo-se mensurar com exatidão o deslocamento da ponta diamantada. A parte inferior da máquina corresponde a uma mesa de coordenadas, que permite o deslocamento preciso do espécime. Os espécimes foram fixados em uma morsa, de tal maneira que a face planificada ficasse paralela ao longo eixo da ponta diamantada, e o longo eixo do espécime ficasse exatamente no sentido vertical.



Através do deslocamento da mesa de cordenadas, mensurado através dos relógios comparadores, foi possível obter preparos tipo slot vertical com exatamente as mesmas dimensões, que foram de 6 mm de altura cérvico-oclusal, 1,5 mm de profundidade no sentido méso-distal e 3 mm de largura vestibulo-lingual. O aspecto final do dente preparado pode ser observado (Figura 1I). Após o preparo os espécimes foram mantidos em água destilada até o momento da restauração para evitar o seu ressecamento.

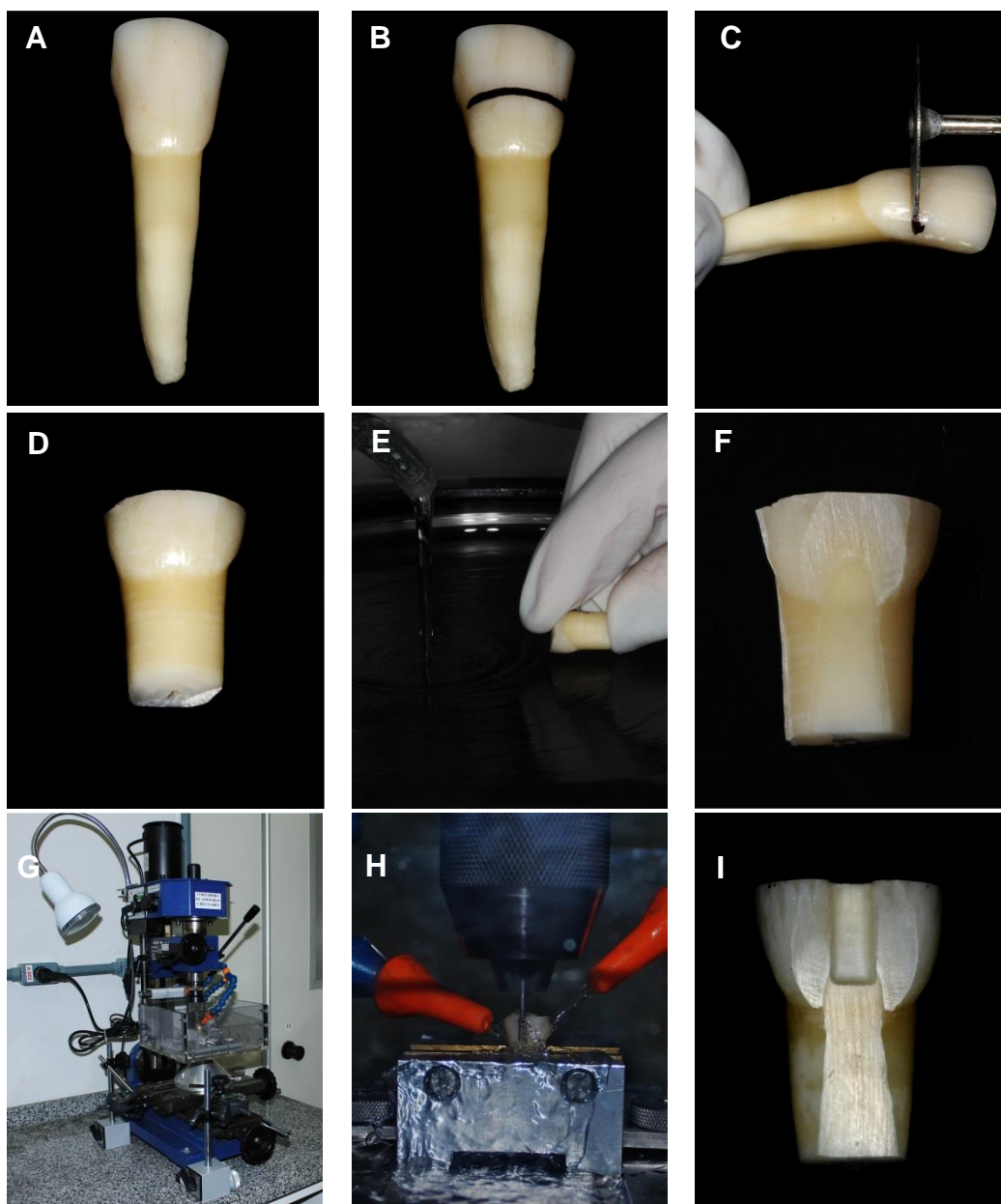


Figura 1- A) Incisivo bovino; B) Marcação a 6mm da junção amelocementária; C) Corte em torno de alta rotação; D) Dente seccionado; E) Aplainamento da face vestibular em politriz; F) Superfície vestibular aplainada; G) Máquina de corte com relógios comparadores acoplados; H) Preparo do dente sob refrigeração; I) Incisivo preparado.

### 4.3 Divisão dos grupos experimentais

Os 120 espécimes foram divididos em seis grupos, dependendo do material restaurador utilizado:

- G1: GrandioSO (Voco);
- G2: X-tra Base (Voco);
- G3: X-tra Fil (Voco);
- G4: Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer);
- G5: G-aenial universal flo (GC);
- G6: SureFil SDR (Dentsply).

Todos os grupos foram divididos em dois subgrupos, sendo metade dos espécimes restaurados com matriz metálica e a outra metade com matriz de poliéster (n=10). Todos os materiais, fabricantes, suas composições e lotes estão listados no Quadro 1.

Quadro 1- Materiais utilizados, fabricantes, composições e lotes

MATERIAL	FABRICANTE	COMPONENTES	LOTE
<b>GrandioSO</b> (convencional)	<b>Voco/ Cuxhaven/</b> Alemanha	<b>Matriz Resinosa:</b> Bis-GMA, BisEMA, TEGDMA, CQ, Amina, BHT. <b>Conteúdo inorgânico:</b> nanoparticulas de SiO <sub>2</sub> , cerâmica vítrea. <b>Carga:</b> 89% em peso e 73% em volume.	1230493 Cor A2
<b>X-tra Base</b> (inserção em bloco fluída)	<b>Voco/ Cuxhaven/</b> Alemanha	<b>Matriz Resinosa:</b> Bis-EMA. <b>Carga:</b> 75% em peso e 61% em volume.	5201790
<b>X-tra Fil</b> (inserção em bloco convencional)	<b>Voco/ Cuxhaven/</b> Alemanha	<b>Matriz Resinosa:</b> Bis-GMA, UDMA, TEGDMA. <b>Carga:</b> 85% em peso e 70% em volume.	1250290
<b>Venus Bulk Fill</b> (inserção em bloco fluída)	<b>Heraeus Kulzer/</b> Hanau/ Alemanha	<b>Matriz Resinosa:</b> UDMA, EBPDM. <b>Conteúdo inorgânico:</b> Cristais de Ba-Al-F-Si, SiO <sub>2</sub> . <b>Carga:</b> 65% em peso e 38% em volume.	010032
<b>G-aenial universal flo</b> (fluída)	<b>GC America/</b> Alsip, IL/ USA	<b>Matriz Resinosa:</b> UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA. <b>Conteúdo inorgânico:</b> dióxido de silício e cristais de estrôncio. <b>Carga:</b> 69% em peso e 50% em volume.	1205151 Cor A2
<b>Surefil SDR</b> (inserção em bloco fluída)	<b>Dentsply Caulk/</b> Milford, DL/ USA	<b>Matriz resinosa:</b> UDMA modificado, TEGDMA, EBPDM. <b>Conteúdo inorgânico:</b> Cristais de Ba-Al-F-B-Si e St-Al-F-Si. <b>Carga:</b> 68% em peso e 44% em volume.	11408
<b>Futurabond U</b> (adesivo autocondicionante)	<b>Voco/ Cuxhaven/</b> Alemanha	UDMA, Bis-GMA, HEDMA, 2-HEMA e monômero ácido.	V49874

#### 4.4 Técnica restauradora

Para simulação do contato proximal, um dispositivo em resina acrílica foi confeccionado, conforme mostrado na Figura 2A. Para simular o dente vizinho àquele que seria restaurado, uma coroa de incisivo foi preparada de forma semelhante ao já descrito, com excessão que a porção planificada foi deixada em esmalte e não foi preparada. Este dente foi afixado no dispositivo com resina acrílica, existindo ao seu lado um “alvéolo” artificial onde o espécime seria afixado no momento do procedimento restaurador.

Os espécimes com as cavidades preparadas foram posicionados em contato com o dente apenas planificado e afixado através do auxílio da massa densa de um silicone para moldagem (Optosil® Comfort Putty, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha). Foi inserida entre os dentes uma tira matriz metálica ou de poliéster, de acordo com o grupo (Figura 2A), possibilitando a realização da restauração. Não foi necessário o uso de cunha. O mesmo dispositivo com o “alvéolo” simulado e o dente vizinho à restauração foi utilizado para todos os espécimes. Após o término da restauração, o espécime restaurado era removido e um novo espécime era posicionado.

As cavidades foram secas através de uma bolinha de algodão e o sistema adesivo Futurabond U (Voco, Cuxhaven, Alemanha) foi aplicado (Figura 2B) e usado de forma autocondicionante, de acordo com as instruções do fabricante. Para tal, um aplicador tipo “microbrush” foi saturado com o adesivo e levado à cavidade, sendo agitado sobre ela por 20 s. A seguir foi aplicado um suave jato de ar para remover os excessos e evaporar os solventes do adesivo, que foi fotoativado por 10 s através do fotopolimerizador tipo LED (Elipar Free Light 2, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), com radiância de emissão média de 1000 mW/cm<sup>2</sup>.

O procedimento restaurador ocorreu de acordo com o grupo, conforme descrito a seguir:

- Grupo 1 - A resina composta de consistência convencional GrandioSO (Voco) foi aplicada na cavidade em 3 incrementos horizontais de 2 mm, sendo cada um deles fotoativado individualmente;

- Grupo 2 - A resina de inserção em bloco de consistência convencional X-tra Fil (Voco) foi aplicada na cavidade em incremento único de 4 mm seguida pela fotoativação. Os 2 mm oclusais restantes da cavidade também foram restaurados com a resina X-tra Fill;
- Grupo 3 – A resina de inserção em bloco fluída X-tra Base (Voco) foi aplicada em incremento único de 4 mm seguida pela fotoativação. Os 2 mm restantes da cavidade foram restaurados com um incremento horizontal da resina de consistência convencional GrandioSO;
- Grupo 4 - A resina de inserção em bloco fluída Venus Bulk Fill (Kulzer) foi aplicada em incremento único de 4 mm seguida pela fotoativação. Os 2 mm restantes foram restaurados com a resina de consistência convencional GrandioSO;
- Grupo 5 - A resina de inserção em bloco fluída SureFil SDR (Dentisply) foi aplicada em incremento único de 4 mm seguida pela fotoativação. Os 2 mm oclusais restantes foram restaurados com a resina de consistência convencional GrandioSO;
- Grupo 6 - A resina composta fluída G-aenial Universal Flo (GC) foi aplicada na cavidade em 3 incrementos horizontais de 2 mm, sendo cada um deles fotoativado individualmente.

A espessura dos incrementos de resina utilizados em cada grupo seguiram as recomendações de cada fabricante, com relação à profundidade de polimerização máxima de cada material. As resinas foram aplicadas nas cavidades (Figura 2C e F) e a quantidade correta de cada incremento de resina foi mensurada com o auxílio de uma sonda periodontal (Figura 2D).

Para as resinas fluídas (X-tra Base, Venus Bulk Fill, G-aenial Universal Flo e Surefil SDR) o material foi aplicado através de uma cânula fornecida pelo fabricante. Para as resinas de viscosidade convencional, GrandioSO e X-tra Fill, o material foi aplicado com uma espátula antiaderente para resina. Cada incremento foi fotoativado por 20 s, com a ponta do fotopolimerizador tocando a superfície dental, e o centro da ponteira centralizado na área da cavidade (Figura 2E). Após a confecção das restaurações, os espécimes foram armazenados em água destilada, em estufa a 37°C, por 24 h, para que a pós-cura das resinas pudesse ocorrer.

Para proporcionar o correto polimento dos espécimes e permitir a leitura futura das fendas marginais, eles foram posicionados em um dispositivo metálico, com o auxílio de um delineador e de um molde individual feito com silicone de condensação pasta densa (Optosil® Comfort Putty, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha). Os espécimes foram posicionados de tal forma que a superfície planificada dos dentes, correspondente ao longo eixo da restauração, ficasse paralela ao solo, conforme se observa na Figura 2G.

As superfícies das restaurações que ficaram em contato com as tiras matrizes foram polidas com lixas d'água de granulações decrescentes, adaptadas a uma politriz circular (DP-10, Panambra, São Paulo, SP, BR) que rotacionava a 300 rpm sob abundante refrigeração. A sequência de polimento consistiu na utilização das lixas P1200 por 30 s, P2400 também por 30 s e P4000 (Extec, Enfield, CT-EUA) por 2 min (Figura 2H). Por fim, o polimento foi concluído com um disco de feltro, também adaptado a politriz circular, impregnado com suspensão de partículas abrasivas de diamante monocristalino de granulação de 1 micrometro (Struers A/S, Ballerup, Dinamarca) por 1 min. Na Figura 2I podemos observar o aspecto final do espécime restaurado e polido.

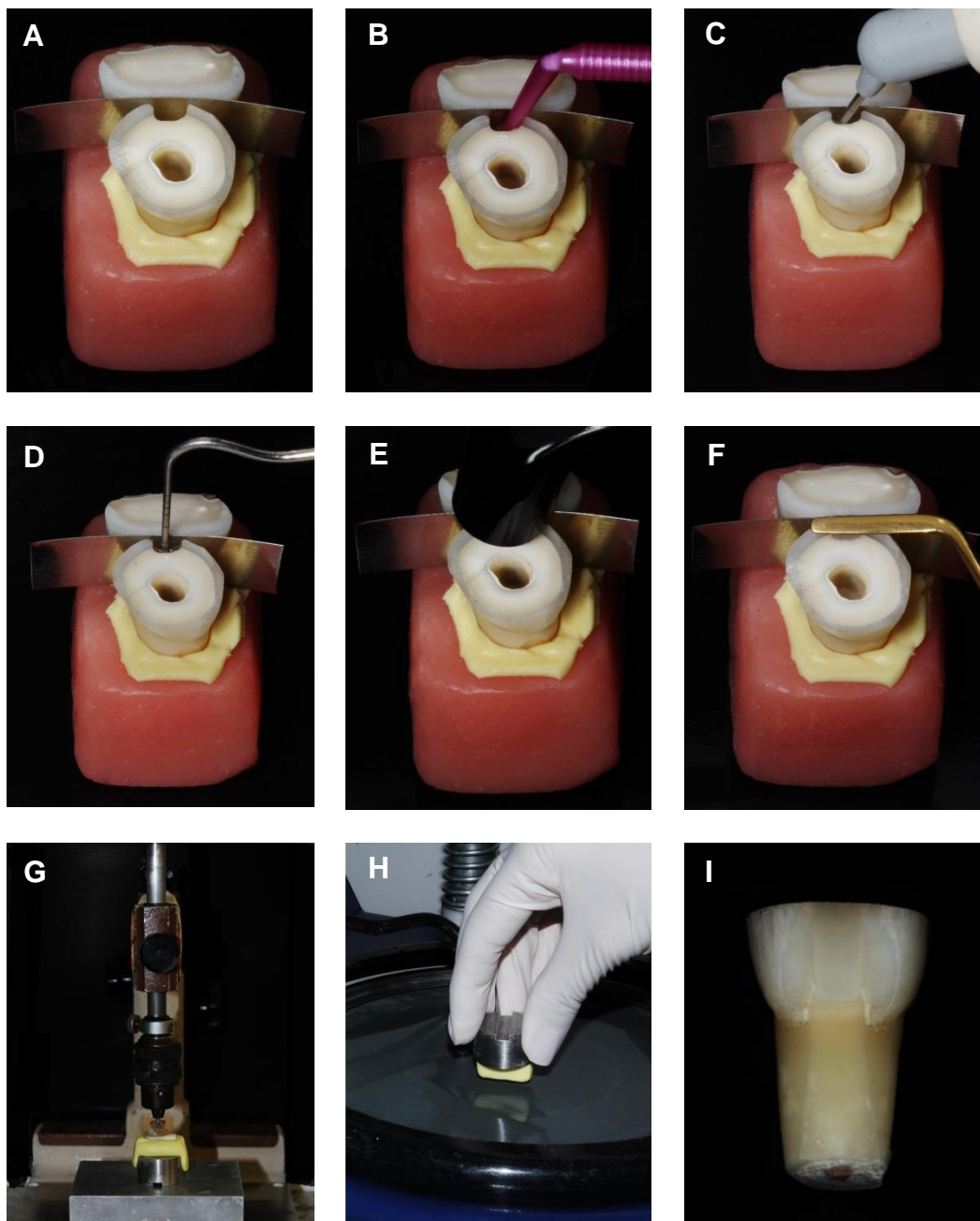


Figura 2- A) Espécime posicionado no dispositivo que simulava o dente vizinho; B) Aplicação sistema adesivo; C) Aplicação da resina de inserção em bloco (4 mm); D) Mensuração dos 2 mm restantes com sonda periodontal; E) Polimerização; F) Aplicação do incremento oclusal de GrandioSO; G) Posicionamento do espécime no dispositivo metálico; H) Polimento da restauração; I) Aspecto final restaurado e polido.

#### 4.5 Avaliação da fenda marginal gengival

Para permitir esta avaliação os espécimes foram posicionados novamente no molde de silicone que se acoplava no dispositivo metálico, permitindo que a

superfície proximal, onde se encontrava a restauração, ficasse paralela ao solo e perpendicular à lente e ponta identadora do microdurômetro e possibilitasse a sua observação e adequada leitura (Figura 3A).

A avaliação da fenda marginal foi realizada no microscópio óptico do microdurômetro (FM-700, Future- TECH, equilam, Tóquio, Japão), com aumento de 100x e com auxílio do programa HDPS- ARS 900. A parede gengival foi alinhada com as linhas de medição do programa e através da movimentação destas linhas foi realizada a mensuração, em micrometros, da largura da fenda marginal presente em cada restauração (Figura 3B).

Foram realizadas três mensurações por espécime, uma próxima ao ângulo diedro vestibulo-gengival, uma no centro da parede gengival e outra próxima ao ângulo diedro linguo-gengival (Figura 3C). Cada espécime foi avaliado duas vezes, uma antes e uma após a ciclagem termo-mecânica.

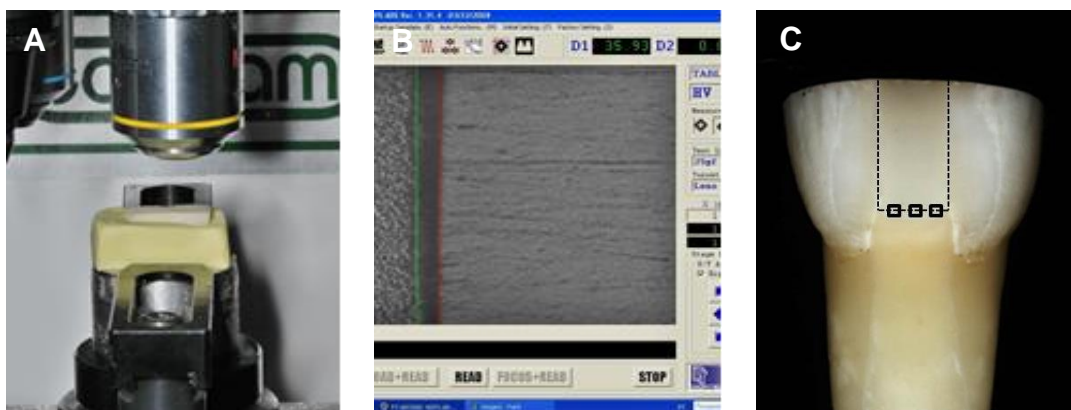


Figura 3 - A) Análise do espécime em microscópio óptico; B) Mensuração da fenda marginal; C) Esquema representando as posições onde as fendas foram avaliadas.

#### **4.6 Avaliação da efetividade de polimerização através da análise da microdureza**

A microdureza Knoop foi mensurada utilizando o mesmo microdurômetro usado para mensuração da fenda, empregando uma carga de 25 g, com um tempo de permanência de 10 s (Figura 4A e 4B).



A mensuração da dureza foi realizada em 3 posições da restauração, no sentido vestibulo-lingual, a 0,5mm do ângulo cavosuperficial gengival. A primeira localizou-se a 0,5 mm da parede vestibular, a segunda a mesma distância das paredes vestibular e lingual, e a terceira a 0,5 mm da parede lingual. Foram indentados 4 pontos no sentido gêngivo-oclusal, em cada posição da restauração, que começavam a partir de 0,5 mm da parede gengival e seguiam em direção a oclusal com diferença de 1 mm entre cada indentação, resultando em 12 medidas por restauração (Figura 4C).

Para mensuração da efetividade de polimerização, os valores de dureza encontrados a 3,5 mm da parede gengival, de cada grupo, foram considerados a dureza máxima daquele material restaurador (100%), enquanto os valores de dureza encontrados nas profundidades de 2,5; 1,5 e 0,5 mm foram convertidos proporcionalmente em porcentagem em relação a esse. Dessa forma foi possível avaliar a efetividade da polimerização nas diferentes partes da restauração.

Como nos quatro grupos restaurados com resina de inserção em bloco, na altura de 4 mm estava a interface entre este material a a resina de cobertura oclusal, optou-se por fazer as medições na altura de 3,5 mm evitando que em alguns espécimes fosse mensurada a dureza do material errado, o que invalidaria nossos resultados. Para que uma correta comparação entre os grupos pudesse ser feita, optou-se por também considerar a região de 3,5 mm como a dureza máxima dos outros dois grupos restantes.

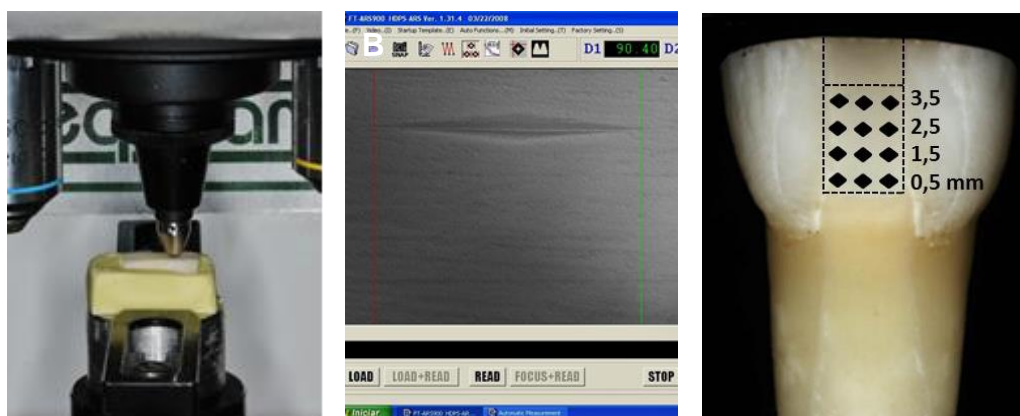


Figura 4 - A) Confecção da indentação; B) Mensuração da dureza Knoop; C) Esquema representando as posições das durezas avaliadas.

#### 4.7 Envelhecimento artificial por ciclagem termo-mecânica

As raízes de todos os espécimes foram cobertas por uma camada de material flexível a base de mercaptana para simular o ligamento periodontal (Permlastic, Kerr Corp., Orange, CA, EUA), como pode ser observado na Figura 5A. Canos de PVC de 25 mm de diâmetro foram cortados em um comprimento de 10 mm e inseridos em um molde de silicone de mesmo formato, que foram preenchidos por resina acrílica transparente ativada quimicamente (Jet-Clássico, São Paulo, SP, Brasil). As raízes dos espécimes foram inseridas na resina acrílica durante a fase plástica, de tal forma que a restauração ficasse para fora da parte coberta pela resina e o longo eixo do dente perpendicularmente ao solo (Figura 5B), permitindo o correto posicionamento dos espécimes na máquina de ciclagem termo-mecânica. A aplicação da carga foi feita perpendicularmente à superfície oclusal da restauração, a qual foi marcada para facilitar o correto posicionamento do pistão responsável pela ciclagem mecânica (Figura 5C).

Todos os espécimes de cada grupo foram submetidos à ciclagem termomecânica na máquina de Desgaste Termomecânico (ER 3700 ERIOS Equipamentos técnicos e Científicos Ltda., São Paulo - SP, Brasil). Foram realizados 500.000 ciclos mecânicos à uma carga de 88,4 N, que foi aplicada no centro da superfície oclusal da restauração. Simultaneamente, foram realizados 1.000 ciclos térmicos com banhos em água nas temperaturas de 5 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), 37 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) e 55 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), durante 30 s para cada temperatura, com intervalo de 10 s entre cada banho.

Após a ciclagem, devido à presença da mercaptana nas raízes foi possível remover os espécimes da resina acrílica e assim a avaliação da fenda marginal pode ser realizada novamente.

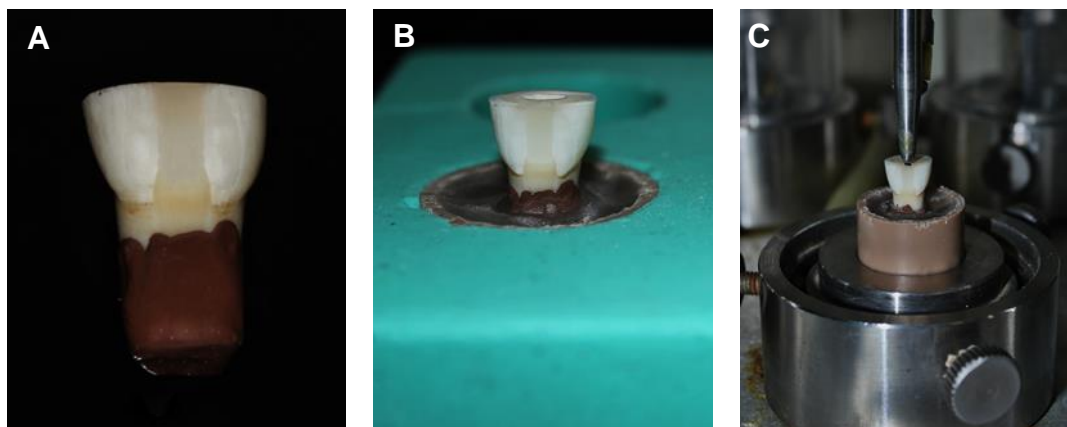


Figura 5- A) Mercaptana aplicada na raiz; B) Inclusão do espécime em resina acrílica; C) Ciclagem termo-mecânica.

#### 4.8 Avaliação da fenda interna

Para mensuração da fenda interna, os espécimes foram seccionados no centro da restauração em uma cortadeira de precisão (Labcut, Extec, Enfield, CT, EUA). Para isso, eles foram novamente colocados no cilindro de resina acrílica, do qual haviam sido removidos após a ciclagem, sendo afixados com cera pegajosa e então levados à cortadeira, como pode ser observado na Figura 6A. Foi realizada uma secção perpendicular ao longo eixo de cada espécime. O disco iniciou o corte na região central da parte oclusal da restauração em direção à raiz, separando o espécime em dois segmentos, um vestibular e um lingual. Este corte resultou em duas interfaces dente/resina por espécime (Figura 6B), cujas fendas foram avaliadas no microscópio do microdurômetro em um aumento de 100x, como pode ser observado na Figura 6C.

Foi mensurado o quanto a fenda interfacial se estendia na parede gengival, do cavosuperficial gengival em direção ao ângulo áxio-gengival. Foi calculada e considerada a média dos dois segmentos para cada espécime (Figura 6D) e este valor foi também transformado em porcentagem em relação ao comprimento total da parede gengival, que era de 1,5 mm.

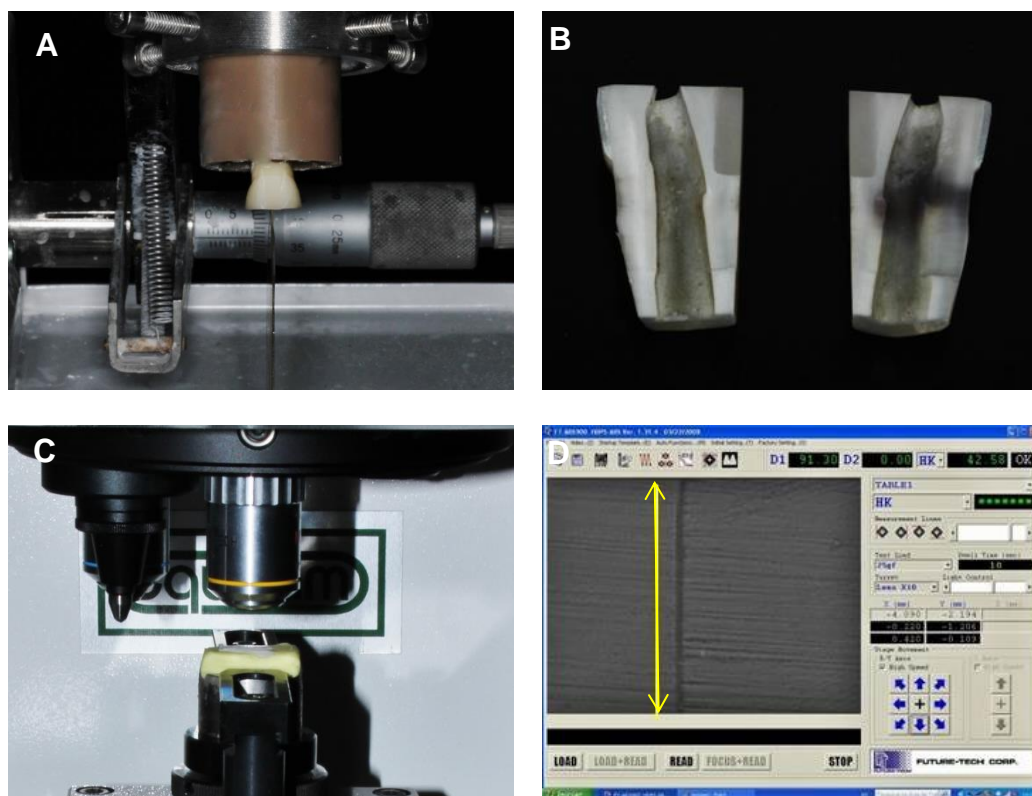


Figura 6- A) Secção do espécime na cortadeira de precisão; B) Segmentos gerados após o corte; C) Análise do segmento em microscópio ótico; D) Mensuração da extensão da fenda interna.

#### 4.9 Planejamento estatístico:

As hipóteses de nulidade analisadas foram as seguintes:

- H0a - O uso de diferentes materiais restauradores não resulta em influência significativa quanto aos parâmetros avaliados (efetividade de polimerização, fenda marginal e interna);
- H0b - O uso de diferentes tipos de matriz não resulta em influência significativa quanto aos parâmetros avaliados (efetividade de polimerização, fenda marginal e interna);
- H0c - A ciclagem termomecânica não resulta em influência significativa quanto ao parâmetro avaliado (fenda marginal).

Para a análise das fendas marginais e internas, os dados de largura e extensão das fendas, respectivamente, foram analisados estatisticamente. Para análise da efetividade de polimerização, somente os dados do percentual de dureza da porção mais profunda, obtidos a 0,5 mm do ângulo cavosuperficial gengival, foram analisados pelos testes estatísticos.

Para tal, os dados obtidos foram analisados quanto à normalidade usando o teste de Kolmogorov – Smirnov. Como eles apresentaram uma distribuição normal, foi realizado à análise de variância (ANOVA) a dois e três fatores e posteriormente o teste de Tukey. Para todas as análises foi adotado um nível de significância de 5%.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Fenda marginal

Os resultados do teste de ANOVA a três fatores para avaliação da fenda marginal podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da ANOVA a três fatores para fenda marginal

Fatores	Df	MS	F	p*
Resina	5	333,60	9,68	0,001*
Matriz	1	287,00	8,33	0,004*
Ciclagem	1	3003,80	87,23	0,000*
Resina x Matriz	5	47,2	1,37	0,236
Resina x Ciclagem	5	8,50	0,24	0,940
Matriz x Ciclagem	1	8,50	0,24	0,619
Resina x Matriz x Ciclagem	5	5,60	0,16	0,975

\* Diferenças significativas.

A Tabela 1 mostra que todos os fatores avaliados apresentaram diferenças significativas, embora não existam interações entre eles. Os resultados do teste de Tukey para o fator resina podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultado do teste de Tukey para o fator resina quanto à fenda marginal

Tipo de resina	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio Padrão	Conjuntos Homogêneos*		
Venus Bulk Fill	19,16	5,59	A		
SDR	19,62	7,53	A		
X-tra Fil	21,21	6,16	A	B	
X-tra base	22,26	5,76	A	B	
G-aenial Flow	23,91	7,32		B	C
GrandioSO	26,88	8,36			C

\*Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes entre si.

Observa-se na Tabela 2 que a resina convencional GrandioSO e fluída G-aenial apresentaram os maiores valores de fenda marginal e foram significativamente diferentes das resinas de inserção em bloco Venus Bulk e SDR, que apresentaram os menores valores de fenda marginal e não diferiram entre si. A Tabela 3 apresenta os resultados do teste de Tukey para o fator matriz.

Tabela 3 – Resultados do teste de Tukey para o fator matriz quanto à fenda marginal

Matriz	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio Padrão	Conjuntos Homogêneos*
Poliéster	21,08	6,68	A
Metálica	23,27	7,72	B

\*Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes entre si.

De acordo com os dados da Tabela 3 pode-se observar que os espécimes que foram restaurados com matriz de poliéster apresentaram valores de fenda marginal significativamente menores do que os restaurados com matriz metálica. Na Tabela 4 pode-se observar os resultados do teste de Tukey para o fator ciclagem.

Tabela 4 – Resultados do teste de Tukey para o fator ciclagem quanto à fenda marginal

Ciclagem	Média ( $\mu\text{m}$ )	Desvio Padrão	Conjuntos Homogêneos*
Antes	18,64	5,27	A
Depois	25,71	7,33	B

\*Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes entre si.

De acordo com os dados da Tabela 4 verifica-se que após à ciclagem termo-mecânica os espécimes apresentaram maiores valores de fenda marginal. Na Figura 7 podemos observar as médias de largura de fenda marginal encontradas para todos os grupos.

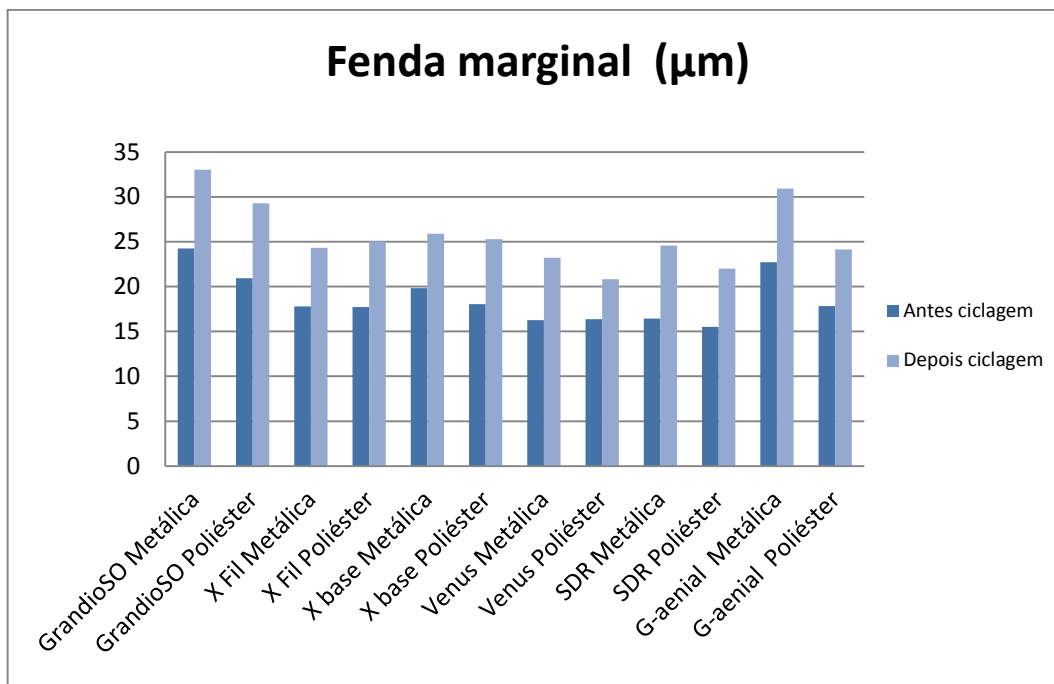


Figura 7- Médias de largura das fendas marginais para os diferentes grupos.

## 5.2 Efetividade de polimerização

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para efetividade de polimerização, avaliada através do percentual de dureza da resina à 0,5 mm da parede gengival, que é a região mais profunda, em relação à dureza da porção mais superficial, considerada dureza máxima, podem ser analisados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados ANOVA a dois fatores para a efetividade de polimerização

Fatores	Df	MS	F	p*
Resina	5	586	30,46	0,001*
Matriz	1	5,60	0,29	0,591
Resina x Matriz	5	67,80	3,52	0,005*

\* Diferenças significativas.



A Tabela 5 mostra que o fator tipo de resina e a interação resina/matriz apresentaram diferenças significativas. Os diferentes tipos de matrizes usadas não foram significantes nesta variável. O teste de Tukey para o fator resina pode ser observado na Tabela 6.

A Tabela 6 mostra que todas as resinas de inserção em bloco apresentaram relação dureza base/topo menor que 80%, quando inseridas em incremento único de 4 mm, sendo um percentual significativamente menor do que as resinas inseridas por técnica incremental, as quais não diferiram estatisticamente entre si. A resina X-tra base mostrou percentual de dureza significativamente menor que as resina Venus Bulk e X-tra fil.

Tabela 6 – Resultado do teste de Tukey para o fator resina quanto à efetividade de polimerização

Tipo de resina	Média (%)	Desvio Padrão	Conjuntos Homogêneos*	
X-tra base	70,06	5,31	A	
SDR	73,94	3,21	A	B
Venus Bulk Fill	74,94	5,26		B
X-tra Fil	75,98	4,41		B
G-aenial Flow	82,08	5,14		C
GrandioSO	84,62	3,91		C

\*Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes entre si.

Na Figura 8 podemos observar o percentual de polimerização para todos os grupos em diferentes profundidades, calculada através da porcentagem em relação à leitura a 3,5 mm, que foi considerada 100% da dureza. Apenas a resina convencional GrandioSO e a resina fluída G-aenial Universal Flo alcançaram uma efetividade de polimerização acima de 80%. Observa-se também uma tendência à maior polimerização das resinas quando associadas à matriz de poliéster.

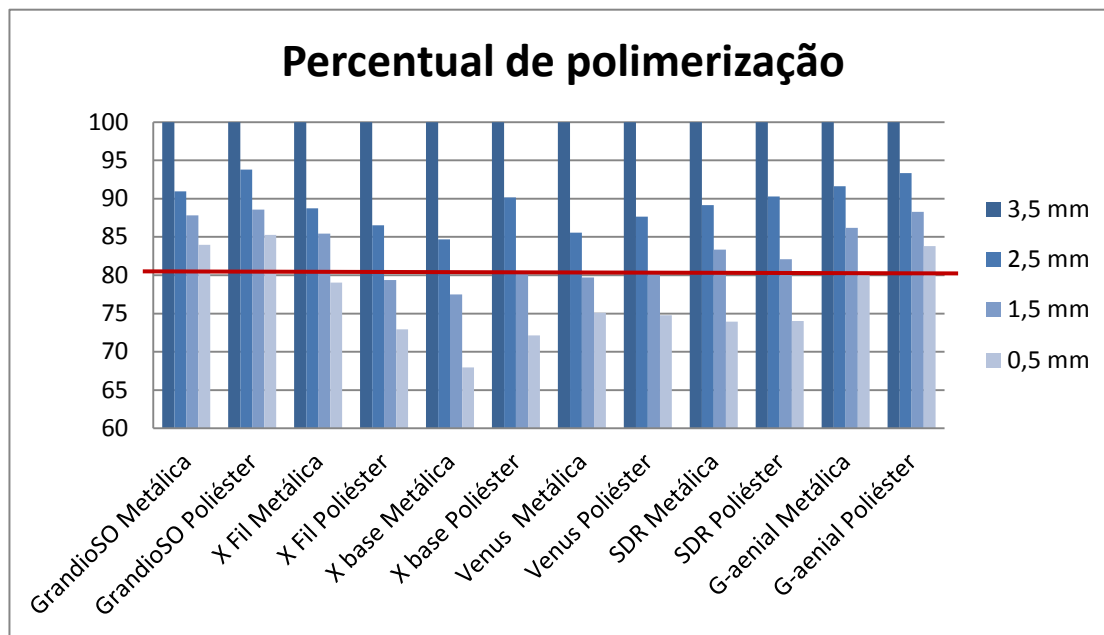


Figura 8- Percentual de polimerização das resinas nas diferentes profundidades, obtida através da análise da microdureza

### 5.3 Fenda interna

Os resultados do teste de ANOVA a dois fatores para avaliação do percentual de extensão da fenda interna em relação à extensão total da parede gengival podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados da ANOVA a dois fatores para fenda interna

Fatores	Df	MS	F	p*
Resina	5	1693,3	25,53	0,001*
Matriz	1	12,5	0,18	0,665
Resina x Matriz	5	115,5	1,74	0,131

\* Diferenças significativas.

A Tabela 7 mostra que apenas o fator resina foi significativa na variável fenda interna. A Tabela 8 apresenta os resultados do teste de Tukey para resina.

Tabela 8 – Resultado do teste de Tukey para o fator resina quanto ao percentual da extensão da fenda interna

Tipo de resina	Média (%)	Desvio Padrão	Conjuntos Homogêneos*	
SDR	28,96	5,96	A	
Venus Bulk Fill	30,30	8,22	A	
G-aenial Flow	32,73	7,07	A	B
X-tra Fil	33,73	6,50	A	B
X-tra base	37,76	6,93		B
GrandioSO	53,96	12,81		C

\*Grupos seguidos de letras diferentes apresentam diferenças significantes entre si.

Observa-se na Tabela 8 que a resina convencional GrandioSO apresentou os maiores valores de porcentagem da interface com presença de fenda interna e diferiu significativamente de todos os grupos. As resinas de inserção em bloco Venus Bulk, SDR e X-tra Fil e a resina fluída G-aenial apresentaram os menores valores de fenda interna e não diferiram entre si.

Na Figura 9 podemos observar a porcentagem de fenda interna presente em cada grupo, que foi calculada em relação ao comprimento total da parede gengival que era de 1,5 mm (100%). Podemos observar que todos os grupos apresentaram fenda interna, porém apenas o grupo restaurado com a resina GrandioSO apresentou fenda em mais da metade da interface avaliada.

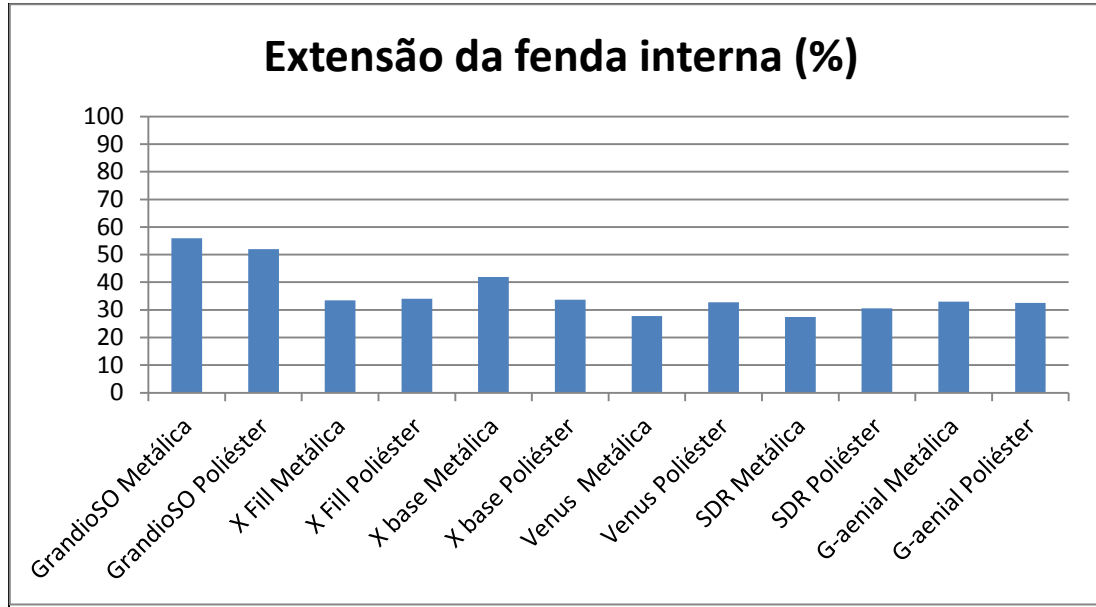


Figura 9- Extensão da fenda interna expressa em porcentagem da extensão total da parede gengival.

## 6 DISCUSSÃO

Restaurações de resina composta podem apresentar falhas na sua margem, possibilitando a troca de fluidos e bactérias entre o meio bucal e o elemento dentário. Também podem existir falhas internas e a formação de fendas entre a dentina e o material restaurador. Algumas consequências deste selamento imperfeito são: microinfiltração, cárie secundária, deteriorização precoce do material restaurador, hipersensibilidade, danos pulpare e degradação dos sistemas adesivos (Youngson et al., 1990; Ciucchi et al., 1997; Brannstrom, Nordenvall, 1978; Christen, Mitchel, 1966; Park, Kim, 2014). A formação destas fendas pode estar relacionada com a composição da resina e também com a interação entre a força de contração e a resistência da união adesiva (Asmussen, 1975).

É importante comentar que o parâmetro fenda interna foi avaliado apenas após ciclagem, desta forma não foi possível observar o comportamento antes da ciclagem, sendo esta uma limitação deste estudo. As resinas estudadas foram diferentes em relação a todos parâmetros avaliados, fenda marginal, fenda interna e efetividade de cura. Desta forma, a hipótese de nulidade  $H_0a$  foi rejeitada.

A resina GrandioSO apresentou os maiores valores de fenda marginal e interna e foi significativamente diferente das resinas de inserção em bloco (Tabela 2 e Tabela 8). Com relação à resina fluida G-aenial Flow, apresentou valores maiores apenas para fenda interna. Tal resultado pode estar relacionado com a composição e a viscosidade destes materiais.

A resina GrandioSO apresenta viscosidade convencional e esta maior viscosidade está relacionada principalmente ao aumento da quantidade de carga (Rawls, Esquivel-Upshaw, 2005). A resina Venus Bulk, que apresentou fenda marginal mais estreita, contém 65% de partícula de carga, em peso, contra 89% da GrandioSO. O menor conteúdo de carga das resinas permite uma maior fluidez e adaptação mais íntima às paredes da cavidade (Rawls, Esquivel-Upshaw, 2005; Marovic et al., 2014). Além disso, quando se restaura uma cavidade profunda em incrementos de 2 mm há um maior risco de incorporação de bolhas (Flury et al., 2012).

Resinas com menor viscosidade e baixo módulo de elasticidade podem ser mais adequadas para reduzir a incidência de fendas, uma vez que elas são capazes de compensar e reduzir a transferência de estresse gerado pela contração (Moreira da Silva et al., 2007). Estas características podem explicar os melhores resultados de adaptação obtidos pelas resinas de inserção em bloco fluídas no nosso estudo, que apresentam módulo de elasticidade em torno de 5 GPa contra os 16 GPa da resina GrandioSO.

No estudo de Scotti et al. (2014), resinas de inserção em bloco fluídas apresentaram menor microinfiltração marginal em dentina quando comparadas com resinas nanohíbridas de alta viscosidade. De acordo com Agarwal et al., 2015, a viscosidade das resinas de inserção em bloco foi capaz de influenciar a adaptação interna e a proporção de margens livres de fenda.

A resina de inserção em bloco X-tra Fil apesar de também conter alto conteúdo de carga e viscosidade convencional, apresentou desempenho mais satisfatório do que a GrandioSO com relação às fendas. Isso pode estar relacionado com a presença do monômero resinoso UDMA na X-tra Fil. O UDMA tem sido relatado como sendo um monômero de menor viscosidade e maior flexibilidade que o Bis-GMA, podendo diminuir a rigidez da resina (Asmussen, Peutzfeldt, 1988).

Apesar da resina G-aenial Universal Flo também ser fluída, esta apresentou maior fenda marginal quando comparada às resinas SDR e Venus Bulk. Uma maior tensão de polimerização está diretamente relacionada à falha na integridade marginal, fendas e pior desempenho clínico (Weinmann et al., 2005; Ferracane, 2005). O melhor desempenho destas resinas de inserção em bloco, provavelmente se relaciona à menor tensão (ou estresse) de polimerização. No estudo de Jang et al. (2015), que avaliou estas mesmas resinas, SDR e Venus Bulk apresentaram menor contração linear e estresse de polimerização quando comparadas com a G-aenial Universal Flo.

A peculiaridade da resina SDR é a presença de um "modulador de polimerização" incorporado à cadeia polimérica do UDMA. A função do modulador seria atrasar a gelificação, aumentar a flexibilidade do monômero e contribuir para o relaxamento da matriz polimérica, levando a menor estresse de polimerização (Marovic et al., 2014; Ilie, Hickel, 2011). Foi relatado na literatura que a resina Venus Bulk gerou uma taxa de estresse máximo mais baixa e levou mais tempo para atingir

esta taxa quando comparada à outras resinas de inserção em bloco. Especula-se que assim como a SDR, o alívio do estresse da Venus Bulk esteja relacionado a uma fase pré-gel prolongada (El-Damanhoury, Platt, 2013).

As resinas estudadas também diferiram com relação ao parâmetro efetividade de cura (Tabela 6). As resinas de inserção em bloco são indicadas em incrementos de 4 mm. Acredita-se que esta maior profundidade de cura quando comparada com as resinas convencionais, que devem ser usadas em incrementos de 2 mm, se relaciona com a translucidez. A translucidez é influenciada pela quantidade, tamanho das partículas de carga e pela diferença nos índices de refração entre as partículas de carga e a matriz resinosa, que determinará como a luz será espalhada dentro do material (Ilie et al., 2013a; Lee, 2008).

As resinas Venus Bulk e SDR apresentam menor conteúdo de carga e as resinas X-tra base, X-tra Fil e também SDR contém partículas de carga de maior tamanho (>20µm), o que reduz a interface resina-carga e conseqüentemente a dispersão da luz, permitindo que mais luz penetre na resina e melhore a polimerização em profundidade. Além disso, grande parte das resinas são nanohíbridas e apresentam também partículas de carga nanométricas. Tais partículas são incapazes de dispersar ou absorver luz visível, o que também aumenta a translucidez (Ilie et al., 2013a; Kim et al., 2007).

Não há consenso na literatura quanto à efetividade de cura das resinas de inserção em bloco. Alguns estudos afirmam que estas apresentam polimerização adequada quando usadas em incrementos de 4 milímetros (Alrahlah et al., 2014; Bucuta, Ilie, 2014; El-Damanhoury, Platt, 2013; Jang et al., 2015), mas outros mostram que não (Flury et al., 2012; Garcia et al., 2014). O desempenho inferior de polimerização destes materiais em relação a estudos prévios, pode estar relacionado com a distância entre a fonte de luz e a resina.

Os estudos mencionados acima, nos quais a cura foi considerada adequada à 4 mm, a ponta do fotopolimerizador estava em contato com a parte mais superficial da resina no momento da polimerização. Em nosso estudo, a resina foi adaptada à uma cavidade de Classe II tipo slot vertical, simulando uma situação semelhante à realizada na clínica. A ponta do fotopolimerizador era posicionada em contato com a superfície oclusal do dente, ficando desta forma à uma distância de 2 mm do topo da resina de inserção em bloco e 6 mm da sua porção mais profunda (base). Em se

tratando de dentes humanos, as pontas das cúspides ainda funcionariam como um obstáculo adicional, impedindo que a ponta do fotopolimerizador tocasse a superfície oclusal.

No estudo de Ilie et al. em 2013b, o qual avaliou o mesmo fotopolimerizador utilizado em nosso trabalho, foi demonstrada a influência negativa do aumento da distância da resina a partir do fotopolimerizador. Uma distância de 7 mm foi capaz de reduzir a intensidade da luz em quase 70%. Desta forma, as camadas mais profundas recebem menos luz e, conseqüentemente, menos moléculas fotoiniciadoras são ativadas. Em nosso estudo, para todos os grupos, houve uma diminuição da dureza nas regiões mais gengivais (6 mm distante da ponta do fotopolimerizador), mostrando que menos monômeros foram convertidos nesta área.

A resina de viscosidade convencional GrandioSO e a fluída G-aenial Universal Flo apresentaram maior relação dureza base/topo quando comparadas às resinas de inserção em bloco. Este resultado pode estar relacionado com a técnica restauradora e tempo de polimerização, que foi diferente entre os grupos. Uma vez que a GrandioSO e G-aenial Universal Flo, que apresentaram cura aceitável, foram inseridas em três incrementos de 2 mm, elas foram fotopolimerizadas três vezes, totalizando uma exposição à luz por 60 s.

Porém os outros grupos receberam apenas dois incrementos, um de 4 mm e um oclusal de 2 mm, o tempo total de exposição à luz foi de 40 s. Mesmo que todos os materiais tenham sido influenciados negativamente pela distância da luz do fotopolimerizador, talvez estes 20 s a mais recebidos pelos grupos GrandioSO e G-aenial Universal Flo, associados também a incrementos menores, tenham sido suficientes para ativar mais fotoiniciadores, converter maior quantidade de monômero e justificar os melhores resultados de dureza nas camadas mais profundas destes grupos. De acordo com Ferracane et al., 1997, o aumento no tempo de fotopolimerização produziu significativo aumento no grau de conversão das resinas.

A menor efetividade de polimerização da resina X-tra base pode estar relacionada também com a composição da matriz resinosa. As resinas Venus Bulk, Xtra-Fil e SDR apresentam os monômeros UDMA e TEGDMA na sua composição. Ambos foram relacionados com uma maior flexibilidade e grau de conversão relativamente alto, devido à mobilidade dos monômeros e dos radicais livres da



cadeia polimérica em crescimento (Asmussen, Peutzfeldt, 1988). Já a resina X-tra base apresenta o monômero Bis-EMA na sua composição. Quando avaliados os monômeros puros, o grau de conversão aumentou na ordem: Bis-GMA < Bis-EMA < UDMA < TEGDMA (Sideridou et al., 2002).

Em 1983, Skeeters et al. sugeriram que a profundidade de cura de uma resina deveria ser definida como a distância axial a partir da superfície onde a dureza Knoop não caia para menos de 90% da maior dureza mensurada. Em 1985, Johnston e colaboradores propuseram um modelo matemático que descrevia a proporção de dureza em função do tempo após a irradiação, e ratificaram o uso de uma proporção de 90%.

Ferracane, 1985, observou que o maior aumento na dureza ocorre no período onde 85% da conversão total foi atingida. Em 1987, DeWald e Ferracane encontraram uma boa correlação entre o grau de conversão e a dureza Knoop. Porém observaram que com o aumento do tamanho do incremento de resina, o grau de conversão caía de forma mais drástica que a dureza. Acreditava-se que estas proporções base e topo refletiam a relativa extensão de conversão de uma resina, e baseado nisso muitos autores começaram a considerar 80% o valor mínimo aceitável para razão entre a dureza da base em relação à do topo de uma resina (Flury et al., 2012; Moore et al., 2008; Garcia et al., 2014; Price et al., 2005; Alrahlah et al., 2014).

Essa suposição só foi avaliada diretamente em 2004, por Bouschlicher et al. Os autores demonstraram que a relação dureza base/topo se relaciona diretamente com a relação grau de conversão base/topo e que este pode ser considerado um método indireto, que apresenta praticidade e sensibilidade, para mensuração da efetividade de polimerização. Além disso também demonstraram que a taxa de 80% de dureza corresponde a um grau de conversão de aproximadamente 90%.

Foi verificado por espectrofotometria no infravermelho, que resinas comerciais apresentam conversão na ordem de 55-75% e que alguns grupos metacrilato permanecem sem reagir após a polimerização (Ferracane, 1994; Pongprueksa et al., 2015).

No estudo de Pongprueksa et al. (2015), o grau de conversão e a eluição de monômero de uma resina convencional (Filtek Z250 Universal) e de inserção em bloco (Filtek Bulk Fill Flowable) foram avaliados. Ambas resinas apresentaram

conversão entre 60 e 70%, sendo que a resina de inserção em bloco apresentou conversão ligeiramente menor e eluição de monômeros e de bisfenol A (BPA) maior. O BPA tem sido uma preocupação com relação à toxicidade, no entanto, a eluição máxima de BPA medida neste estudo foi de 0,053 mg após 1 semana, tal valor é significativamente menor do que a quantidade tolerável recomendada pela Autoridade Europeia de Segurança que é de 28 mg/kg/semana.

Por outro lado, o estudo de Cebe et al. (2015), observou eluição de Bis-GMA, TEGDMA, HEMA e Bis-EMA a partir de resinas de inserção em bloco, dentre elas Xtra-Fil e SDR, chegando em concentrações vistas como críticas e que poderiam se relacionar com reações tóxicas em células da polpa humana. Em contra partida, em um acompanhamento clínico de três anos, a resina SDR mostrou eficácia clínica e comportamento altamente comparável com restaurações realizadas com técnica incremental de 2 mm (Van Dijken, Pallesen, 2014). Novos estudos, principalmente aqueles que correlacionem diferentes graus de conversão e relação dureza base/topo com o desempenho clínico e condição pulpar, devem ser realizados para que se possa validar e estabelecer qual realmente é o valor ideal e seguro que deve ser adotado.

Com relação as diferentes matrizes utilizadas houve diferença significativa no parâmetro fenda marginal e na interação matriz/resina no parâmetro efetividade de polimerização. Desta forma, a hipótese de nulidade H0b foi parcialmente aceita. A matriz de poliéster apresentou menor fenda marginal do que a metálica (Tabela 3), e houve uma tendência à maior polimerização das resinas quando associadas à matriz de poliéster (Figura 8).

Acreditamos que, não intencionalmente, nos dentes restaurados com matriz de poliéster tenha havido uma tênue polimerização adicional vinda da transmissão da luz do fotopolimerizador através do dente vizinho, que apresentava sua superfície polida, e pode ter refletido a luz e funcionado como um condutor de luz para os grupos restaurados com matriz de poliéster, contribuindo para seus melhores resultados. O que não aconteceu nos grupos restaurados com matriz metálica uma vez que esta teria funcionado como uma barreira física opaca entre os dois dentes.

De acordo com Ericson e Dérand, 1991, a utilização de uma ponta cônica transparente como condutor de luz em restaurações Classe II de resina composta ao

invés da cura convencional, foi capaz de reduzir de forma significativa a formação de fenda em até 50%.

Esse achado corrobora com o estudo de Gharizadeh et al. (2007), no qual um padrão maior de microinfiltração foi encontrado para matriz metálica associada à cunha de madeira quando comparada à matriz de poliéster com cunhas reflexivas. Os autores também mostraram que o uso de instrumentos condutores de luz é eficaz na redução da microinfiltração gengival.

É importante frisar que em nosso estudo a restauração foi realizada em superfície plana. Novos estudos devem ser realizados comparando os dois tipos de matriz para avaliar se esta menor presença de fendas no grupo poliéster clinicamente é relevante, uma vez que foi relatado na literatura uma maior dificuldade de adaptação da matriz de poliéster e maior porcentagem de sobrecontorno quando comparada à metálica (Dinesh et al., 2010).

Neste estudo, a ciclagem foi avaliada apenas com relação ao parâmetro fenda marginal e a hipótese de nulidade  $H_0c$  foi rejeitada. As larguras das fendas marginais antes e após ciclagem foram significativamente diferentes, porém não houve interação entre a ciclagem com o tipo de resina e de matriz (Tabela 1 e Tabela 4).

Após o envelhecimento artificial todos os espécimes apresentaram fendas marginais maiores. Esse comportamento era de certa forma esperado, uma vez que as cargas e tensões provenientes da ciclagem mecânica podem levar a deformações e aumentar fenda entre o dente e a restauração (Trowbridge, 1987; Roggendorf et al., 2011).

Variações de temperatura podem levar a diferentes comportamentos de contração e expansão entre os materiais restauradores e o dente (Trowbridge, 1987; Roggendorf et al., 2011). A constante exposição dos espécimes a esses estresses, ciclo após ciclo, faz com que a deterioração da interface aumente gradualmente (Momi et al., 1990). Antes da ciclagem, as resinas estudadas já apresentavam fenda, acredita-se que só a contração da resina já é capaz de produzir fendas (Eakle, 1986).

Uma das limitações de um estudo *in vitro* é saber se as diferenças encontradas serão também significantes clinicamente, desta forma a realização de estudos clínicos que confirmem estes resultados é necessária e relevante.

Apesar das limitações deste estudo *in vitro*, foi possível observar que as resinas de inserção em bloco melhoraram a adaptação marginal e interna das restaurações quando comparadas às resinas de viscosidade convencional e fluída. Por outro lado, elas apresentaram menor efetividade de polimerização e desempenho semelhante frente a ciclagem. Com relação ao tipo de matriz, o uso da matriz de poliéster está relacionado com menores fendas marginais.

## 7 CONCLUSÃO

Mediante os resultados deste estudo *in vitro* conclui-se que:

- O tipo de resina influenciou significativamente todos os parâmetros avaliados (efetividade de polimerização, fenda marginal e interna). Nenhuma resina de inserção em bloco apresentou eficiência de cura, avaliada pela dureza da base em relação ao topo, maior que 80%. As resinas de inserção em bloco apresentaram menores valores de fenda marginal e interna quando comparadas à resina convencional GrandioSO, inserida pela técnica incremental;
- O tipo de matriz influenciou significativamente o parâmetro fenda marginal, com melhores resultados para a matriz de poliéster;
- A ciclagem termomecânica aumentou as dimensões das fendas marginais para todos os grupos avaliados.

## 8 REFERÊNCIAS\*

Agarwal RS, Hiremath H, Agarwal J, Garg A. Evaluation of cervical marginal and internal adaptation using newer bulk fill composites: An in vitro study. *J Conserv Dent*. 2015 Jan-Feb;18(1):56-61. doi: 10.4103/0972-0707.148897.

Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. *Dent Mater*. 2014 Feb;30(2):149-54. doi: 10.1016/j.dental.2013.10.011.

Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals. *Dent Mater*. 2013 Sep;29(9):e213-7. doi: 10.1016/j.dental.2013.05.011.

Asmussen E. NMR-analysis of monomers in restorative resins. *Acta Odontol Scand*. 1975; 33(3):129-134.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater*. 1988 Jan;14(1):51-6.

Bouschlicher MR, Rueggeberg FA and Wilson BM. Correlation of bottom-to-top surface microhardness and conversion ratios for a variety of resin composite compositions. *Oper Dent*. 2004 Nov-Dez;29(6):698-704.

Brannstrom M, Nordenvall KJ. Bacterial penetration, pulpal reaction and the inner surface of Concise enamel bond. Composite fillings in etched and unetched cavities. *J Dent Res*. 1978 Jan;57(1):3-10.

Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. *Clin Oral Invest*. 2014 Nov;18(8):1991-2000. doi: 10.1007/s00784-013-1177-y.

Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *Compend Contin Educ Dent*. 2010 May;31(2):10-5.

Cebe MA, Cebe F, Cengiz MF, Cetin AR, Arpag OF, Ozturk B. Elution of monomer from different bulk fill dental composite resins. *Dent Mater*. 2015 Jul;31(7):e141-9. doi: 10.1016/j.dental.2015.04.008.

Cenci MS, Lund RG, Pereira CL, de Carvalho RM, Demarco FF. *In vivo* and *in vitro* evaluation of Class II composite resin restorations with different matrix systems. *J Adhes Dent*. 2006 Apr;8(2):127-32.

---

\*Baseado em:

Internacional Comite of Medical Journal Editors. Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical journals: Sample References [homepage na Internet]. Bethesda: US NLM; c2003 [atualizado 20 ago 2013; acesso em 25 out 2014]. U.S. National Library of Medicine; [about 6 p.]. Disponível em: [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

Christen AG, Mitchell DF. A fluorescent dye method for demonstrating leakage around dental restorations. *J Dent Res.* 1966 Sep-Oct;45(5):1485-92.

Ciucchi B, Bouillaguet S, Delaloye M, Holz J. Volume of the internal gap formed under composite restorations *in vitro*. *J Dent.* 1997 May-Jul;25(3-4):305-12.

Czasch P, Ilie N. *In vitro* comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig.* 2013 Jan;17(1):227-35. doi: 10.1007/s00784-012-0702-8.

Demarco FF, Pereira-Cenci T, de Almeida AD, de Sousa Barbosa RP, Piva E, Cenci MS. Effects of metallic or translucent matrices for Class II composite restorations:4-year clinical follow-up findings. *Clin Oral Investig.* 2011 Feb;15(1):39-47. doi: 10.1007/s00784-009-0362-5.

DeWald JP, Ferracane JL. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light- activated composites. *J Dent Res.* 1987 Mar;66(3):727-30.

Dinesh S, Priyadarshini S, Mohan S. Comparing metal and transparent matrices in preventing gingival overhang with different resin material in class II restorations – an SEM study. *Pravara Medical Review.* 2010;2(2): 4-9.

Eakle WS. Effect of thermal cycling on fracture strength and microleakage in teeth restored with a bonded composite resin. *Dent Mater.* 1986 Jun;2(3):114-7.

El-Damanhoury H, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites. *Oper Dent.* 2013 Jul-Aug;39(4):374-82. doi: 10.2341/13-017-L.

El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater.* 2012a Aug;28(8):928-35. doi: 10.1016/j.dental.2012.04.038.

El-Safty S, Akhtar R, Silikas N, Watts DC. Nanomechanical properties of dental resin-composites. *Dent Mater.* 2012b Dec;28(12):1292-300. doi: 10.1016/j.dental.2012.09.007.

Ericson D, Dérand T. Reduction of cervical gaps in class II composite resin restorations. *J Prosthet Dent.* 1991 Jan;65(1):33-7.

Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. *Dent Mater.* 1985;1(1):11-14.

Ferracane JL. Elution of leachable components from composites. *J Oral Rehabil.* 1994;21(4):441-52.

Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res.* 1997 Aug;76(8):1508-16.

Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater.* 2005 Jan;21(1):36-42.

Ferracane JL. Resin composite-state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020.

Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJ. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater.* 2013 Aug;29(8):906-12. doi: 10.1016/j.dental.2013.05.008.

Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Husler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater.* 2012 May;28(5):521-8. doi: 10.1016/j.dental.2012.02.002.

Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Oper Dent.* 2014 Jul-Aug;39(4):441-8. doi: 10.2341/12-484-L.

Gharizadeh, N, Moradi K, Haghhighizadeh MH. A study of microleakage in Class II composite restorations using four different curing techniques. *Oper Dent* 2007 Jul-Aug;32(4):336-40.

Hofmann N, Hunecke A. Influence of curing methods and matrix type on the marginal seal of class II resin-based composite restorations *in vitro*. *Oper Dent.* 2006 Jan-Feb;31(1):97-105.

Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater.* 2011 Apr;27(4):348-55. doi: 10.1016/j.dental.2010.11.014.

Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an *in vitro* assessment of their mechanical performance. *Oper Dent.* 2013a Nov-Dec;38(6):618-25. doi: 10.2341/12-395-L.

Ilie N, Keßler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent.* 2013b;41(8):695-702.

Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. *Oper Dent.* 2015 Mar-Apr;40(2):172-80. doi: 10.2341/13-307-L.

Jin X, Bertrand S, Hammesfahr PD. New radically polymerizable resins with remarkably low curing stress [internet].[acesso em 20 de novembro de 2014]. In: International Association for Dental Research [abstract 1651]. 2009. Disponível em: <https://iadr.confex.com/iadr/2009miami/webprogram/Paper119743.html>



Johnston WM, Leung RL, Fan PL. A mathematical model for post-irradiation hardening of photoactivated composite resins. *Dent Mater*. 1985 Oct;1(5):191-194.

Kays BT, Sneed WD, Nuckles DB. Microhardness of Class II composite resin restorations with different matrices and light positions. *J Prosthet Dent*. 1991 Apr;65(4):487-90.

Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007 Feb;80(2):332-8.

Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater*. 2008 Sep;24(9):1243-7. doi: 10.1016/j.dental.2008.01.014.

Leinfelder KF. Posterior composite resins: the materials and their clinical performance. *J Am Dent Assoc*. 1995;126(5):663-76.

Marovic D, Taubock TT, Attin T, Panduric V, Tarle Z. Monomer conversion and shrinkage force kinetics of low-viscosity bulk-fill resin composites. *Acta Odontol Scand*. 2014 Aug;73(6):474-80. doi: 10.3109/00016357.2014.992810

Momoi Y, Iwase H, Nakano Y, Kohno A, Asanuma A, Yanagisawa K. Gradual increases in marginal leakage of resin composite restorations with thermal stress. *J Dent Res*. 1990 Oct;69(10):1659-63.

Moore BK, Platt JA, Borges G, Chu TM, Katsilieri I. Depth of cure of dental resin composites: ISO 4049 depth and microhardness of types of materials and shades. *Oper Dent*. 2008 Jul-Aug;33(4):408-12. doi: 10.2341/07-104.

Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent*. 2012 Jun;40(6):500-5. doi: 10.1016/j.jdent.2012.02.015.

Moreira da Silva E, dos Santos GO, Guimaraes JG, Barcellos A, Sampaio EM. The influence of C-factor, flexural modulus and viscous flow on gap formation in resin composite restorations. *Oper Dent*. 2007 Jul-Aug;32(4):356-62.

Park S, Kim H. Measurement of the internal adaptation of resin composites using micro-CT and its correlation with polymerization shrinkage. *Oper Dent*. 2014 Mar-Apr;39(2):E57-70. doi: 10.2341/12-378-L.

Pilo R, Cardash HS. Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. *Dent Mater*. 1992 Sep;8(5):299-304.

Poggio C, Chiesa M, Scribante A, Mekler J, Colombo M. Microleakage in Class II composite restorations with margins below the CEJ: *in vitro* evaluation of different restorative techniques. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2013 Sep;18(5):793-8.

Pongprueksa P, De Munck J, Duca RC, Poels K, Covaci A, Hoet P, Godderis L, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Monomer elution in relation to degree of conversion for different types of composite. *J Dent.* 2015 Dec;43(12):1448-55. doi: 10.1016/j.jdent.2015.10.013.

Price RB, Felix CA, Andreou P. Knoop hardness of ten resin composites irradiated with high-power LED and quartz-tungsten-halogen lights. *Biomaterials.* 2005 May; 26(15):2631-41.

Rawls H, Esquivel-Upshaw J. Resinas Restauradoras. In: Anusavice KJ. *Phillips materiais dentários.* 11ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 375- 417.

Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent.* 2011 Oct;39(10):643-7. doi: 10.1016/j.jdent.2011.07.004.

Rullmann I, Schattenberg A, Marx M, Willershausen B, Ernst CP. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122(4):294-9.

Scotti N, Comba A, Gambino A, Paolino DS, Alovise M, Pasqualini D. Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fill flowable resin. *Eur J Dent.* 2014 Jan;8(1):1-8. doi: 10.4103/1305-7456.126230.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2002 Apr;23(8):1819-29.

Skeeters TM, Timmons JH, Mitchell RJ. Curing depth of visible-light cured composite resins. [abstract 448]. *J Dent Res.* 1983;62:219

Tirtha R, Fan PL, Dennison JB, Powers JM. *In vitro* depth of cure of photo-activated composites. *J Dent Res.* 1982 Oct;61(10):1184-7.

Trowbridge HO. Model systems for determining biologic effects of microleakage. *Oper Dent.* 1987;12(4):164-72.

Van Dijken JW, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater.* 2014 Sep;30(9):e245-51. doi: 10.1016/j.dental.2014.05.028.

Van Ende A, De Munck J, Van Landuyt KL, Poitevin A, Peumans M, Van Meerbeek B. Bulk-filling of high C-factor posterior cavities: effect on adhesion to cavity-bottom dentin. *Dent Mater.* 2013 Mar;29(3):269-77. doi: 10.1016/j.dental.2012.11.002.

Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composites. *Dent Mater.* 2005 Jan;21(1):68-74.

Yearn JA. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int Dent J*. 1985 Sep;35(3):218-25.

Youngson CC, Grey NJ, Jones JG. *In vitro* marginal microleakage: examination of measurements used in assessment. *J Dent*. 1990 Jun;18(3):142-6.