



Universidade Estadual de Maringá
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada

PAULA DE CASTRO KRULY

COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES DE RESINA
COMPOSTA CONVENCIONAL E RESINAS COM MONÔMEROS MODIFICADOS:
UMA METANÁLISE

Maringá
2016

PAULA DE CASTRO KRULY

COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES DE RESINA
COMPOSTA CONVENCIONAL E RESINAS COM MONÔMEROS MODIFICADOS:
UMA METANÁLISE

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia Integrada.

Orientadora: Profa. Dra. Raquel Sano Suga Terada

Maringá
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

K94c Kruly, Paula de Castro
Comparação do comportamento clínico de restaurações de resina composta convencional e resinas com monômeros modificados: uma metanálise / Paula de Castro Kruly. -- Maringá, PR, 2016.
37 f.: figs. tabs.

Orientadora: Profª Drª Raquel Sano Suga Terada.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada, 2016.

1. Resinas compostas - Odontologia. 2. Polimerização - Odontologia. 3. Restaurações dentárias - Revisão sistemática. 4. Metanálise - Odontologia. I. Terada, Raquel Sano Suga, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada. III. Título.

CDD 23.ed. 617.675

MRP-003540

PAULA DE CASTRO KRULY

COMPARAÇÃO DO COMPORTAMENTO CLÍNICO DE RESTAURAÇÕES DE RESINA
COMPOSTA CONVENCIONAL E RESINAS COM MONÔMEROS MODIFICADOS:
UMA METANÁLISE

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia Integrada da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia Integrada.

Aprovado em ____ de _____ de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo Giannini
Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Unicamp

Profa. Dra. Renata Corrêa Pascotto
Universidade Estadual de Maringá

Profa. Dra. Raquel Sano Suga Terada
Universidade Estadual de Maringá

Dedico este trabalho a Deus e a minha família, que me ajudaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me capacitar, cuidar, me dar força e ânimo.

A minha família, maior presente que já pude receber na vida, pessoas que me amam e me apoiam sempre. Amo vocês de todo meu coração: mãe, pai, irmã, e minhas duas avós queridas.

Ao meu namorado Patrick, por ter me incentivado a fazer esse mestrado e vivido comigo as lutas e alegrias desses dois anos.

A minha orientadora, Profa. Dra. Raquel Sano Suga Terada, por ter me orientado com tanta eficiência e carinho. Agradeço pela oportunidade, dedicação, amizade, paciência, e pelos ensinamentos que foram muito além da Odontologia.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Odontologia Integrada da Universidade Estadual de Maringá pelo conhecimento compartilhado.

A CAPES e a Fundação Araucária, pela concessão de bolsa de mestrado.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

A contração de polimerização das resinas compostas pode reduzir a longevidade das restaurações ao longo do tempo. Para contornar esta contração, uma alternativa tem sido modificar o componente monomérico das resinas. O objetivo deste estudo foi realizar uma metanálise para comparar o comportamento clínico de restaurações de resina composta convencional e resinas com monômeros modificados. Esta revisão sistemática foi registrada no Prospero (CRD42015023940). Foram buscados artigos nas bases de dados eletrônicas PubMed, Web of Science, Scopus, Lilacs e EMBASE, segundo estratégia de busca pré-definida. Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (1) artigos de pesquisas clínicas, randomizados, controlados; (2) artigos que utilizaram resinas compostas com monômeros modificados que se propõem a reduzir a contração de polimerização; (3) artigos de pesquisas que avaliaram pelo menos um dos seguintes critérios: integridade/adaptação marginal, pigmentação marginal, cárie recorrente, retenção das restaurações, sensibilidade pós-operatória; (4) trabalhos com restaurações classe I ou II. Foram excluídos: (1) artigos de pesquisas com tempo de acompanhamento das restaurações inferior a 6 meses; (2) pesquisas realizadas em dentes decíduos; (3) pesquisas que tinham feito somente reparos e não restaurações completas. Dois revisores avaliaram independentemente os artigos para determinar a inclusão, assim como o risco de viés. Dos artigos incluídos, 3 comparavam resinas ormocer, 13 resinas silorano, e 3 resinas bulk-fill com resinas convencionais. O maior tempo de acompanhamento clínico entre os trabalhos foi de 60 meses. A metanálise dos dados demonstrou que o único resultado estatisticamente significativo foi o de adaptação marginal após 12 meses, quando as resinas de metacrilato apresentaram melhores resultados que as resinas ormocer, silorano e bulk-fill. A evidência científica apontada por este estudo, baseada em pesquisas clínicas com baixo risco de viés, indica que resinas compostas com monômeros modificados do tipo silorano, ormocer ou bulk-fill têm um desempenho clínico semelhante às resinas compostas convencionais.

Palavras-chave: Resinas compostas; Polimerização; Revisão sistemática; Metanálise

ABSTRACT

Polymerization shrinkage can reduce longevity of composite resin restorations over time. To minimize shrinkage one alternative has been to modify the monomeric component. The aim of this study was to conduct a meta-analysis on the comparison of the clinical behavior of conventional composite resins and resins with modified monomers. This systematic review was registered on Prospero (CRD42015023940). Papers were searched in electronic databases PubMed, Web of Science, Scopus, Lilacs and EMBASE, according to predefined search strategy. The inclusion criteria were: (1) randomized clinical trials; (2) studies that use resin composites with modified monomers with low polymerization shrinkage; (3) studies that assess at least one of the following criteria: marginal adaptation, marginal discoloration, secondary caries, retention, postoperative sensitivity; (4) studies with class I or II restorations. The exclusion criteria were: (1) studies with follow-up time less than 6 months; (2) restorations on primary teeth; (3) studies that have done only repairs and not complete restorations. Two reviewers independently assessed the papers to determine the inclusion, as well as the risk of bias. Among the included papers, 3 compare ormocer resins, 13 silorane resins, and 3 bulk-fill resins with conventional resins. The longest clinical follow-up time was 60 months. Meta-analysis showed that the only statistically significant result was marginal adaptation after 12 months of follow-up, when conventional methacrylate resins showed better results than ormocer, silorane and bulk-fill resins. Scientific evidence of this study, based on low risk of bias clinical trials, shows that ormocer, silorane and bulk-fill restorations have similar clinical behavior than conventional methacrylate restorations.

Key words: Resin composites, Polymerization, Systematic review; Meta-analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1	Estratégia de busca.....	20
Figura 1	Fluxograma da seleção dos estudos.....	21
Tabela 2	Características dos estudos incluídos na revisão sistemática.....	22
Figura 2	Resumo do risco de viés dos estudos.....	24
Figura 3	Gráfico do risco de viés dos estudos.....	25
Figura 4	Adaptação marginal após 12 meses de acompanhamento clínico.....	26
Figura 5	Adaptação marginal após 24 meses de acompanhamento clínico.....	26
Figura 6	Cárie secundária após 12 meses de acompanhamento clínico.....	27
Figura 7	Pigmentação marginal após 12 meses de acompanhamento clínico.....	28
Figura 8	Pigmentação marginal após 24 meses de acompanhamento clínico.....	28
Figura 9	Retenção após 12 meses de acompanhamento clínico.....	29

SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.1	Introdução e justificativas	9
1.2	Histórico das resinas compostas para dentes posteriores	10
1.3	Comportamento clínico de restaurações de resina composta posterior	12
	REFERÊNCIAS	14
2	OBJETIVO	17
3	ARTIGO	18
3.1	Introdução	18
3.2	Metodologia	19
3.2.1	Protocolo e registro	19
3.2.2	Critérios de elegibilidade	19
3.2.3	Bases de dados	19
3.2.4	Estratégias de busca	19
3.2.5	Seleção dos estudos.....	20
3.2.6	Análise do risco de viés e da qualidade da evidência	20
3.2.7	Extração dos dados	20
3.2.8	Análise dos dados	21
3.3	Resultados	21
3.3.1	Adaptação marginal	25
3.3.2	Cárie secundária.....	27
3.3.3	Pigmentação marginal.....	27
3.3.4	Retenção.....	29
3.3.5	Sensibilidade pós-operatória	29
3.4	Discussão	30
3.5	Conclusão	33
	REFERÊNCIAS	34

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução e justificativas

A cárie dentária é uma doença que atinge grande parte da população em países de baixa, média e alta renda. Cada vez mais os profissionais e a população têm se conscientizado do papel da promoção da saúde e da adoção de medidas preventivas, compreendendo o processo saúde-doença e que a cárie é uma doença crônica.¹ Entretanto, a prevalência da doença ainda é alta. Na maioria dos países industrializados ela afeta entre 60% e 90% das crianças em idade escolar e a maioria dos adultos, sendo que a severidade da doença varia de acordo com a região ou mesmo dentro de uma mesma região ou país.^{2,3} De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a doença cárie é o problema de saúde bucal mais prevalente em vários países da Ásia e América Latina^{4,5} e, portanto, a necessidade de assistência odontológica ainda hoje é muito grande.

As alternativas para o tratamento das lesões de cárie incluem restaurações diretas de cimento de ionômero de vidro, amálgama ou resina composta, ou ainda restaurações indiretas de resina composta, cerâmicas ou metalocerâmicas.⁴ O amálgama foi o material mais utilizado para restaurar principalmente dentes posteriores durante muito tempo e ainda é utilizado em alguns países. Seu uso vem decrescendo devido à necessidade de preparar cavidades com forma que propicie retenção mecânica e resistência ao material, o que muitas vezes implica a necessidade de remover tecido dentário sadio. Além disso, outros fatores que levaram à diminuição da indicação do material como alternativa para restauração em dentes posteriores são o alto teor de mercúrio da sua composição,^{6,7,8} a atual exigência estética por parte dos pacientes e falta de adesão do material à estrutura dentária.⁶

Atualmente, a resina composta é o material restaurador direto de eleição na maioria dos casos, e sua composição vem sendo modificada significativamente desde que estes materiais foram introduzidos na Odontologia há mais de 50 anos.⁹ As alterações mais recentes estão direcionadas à matriz polimérica dos materiais, com o objetivo de desenvolver sistemas com menor contração de polimerização, menor tensão de contração e auto-adesivos à estrutura dentária.¹⁰ Resinas compostas de incremento único com propostas de baixa contração de polimerização surgiram como uma inovação dos materiais restauradores para facilitar o trabalho dos profissionais e reduzir problemas clínicos a longo prazo. Duas revisões de literatura avaliaram a longevidade de restaurações de resina composta convencional em dentes posteriores e os resultados são bastante positivos,^{11,12} uma delas mostrando que a longevidade das restaurações de resina composta é semelhante à das restaurações de amálgama.¹¹ Comparando resina composta com cimento de ionômero de vidro modificado por resina, outro estudo mostrou que as restaurações de resina composta apresentam uma maior longevidade.¹³

Sabe-se que as revisões sistemáticas são muito utilizadas para guiar as decisões dos profissionais de saúde em relação às melhores alternativas de tratamento para os pacientes, porque constituem a mais alta fonte de evidência científica,¹⁴ o que justifica a importância de ser realizada uma revisão sistemática com este tema. No entanto, até onde sabemos não há na literatura uma revisão sistemática sobre os novos materiais com modificação monomérica em comparação com as resinas de bis-GMA.

1.2 Histórico das resinas compostas para dentes posteriores

A resina de metil metacrilato foi desenvolvida em 1937, e chegou a ser bastante utilizada na época, porém apresentava certas limitações, como uma estabilidade de cor ruim e coeficiente de expansão térmica diferente do tecido dentário. Alguns anos depois, por volta de 1940, as resinas epóxicas foram desenvolvidas e Bowen¹⁵ começou a investigar o uso dessas resinas na Odontologia. Elas pareciam ser uma promessa, pois polimerizavam à temperatura ambiente com baixa contração volumétrica, podiam ser carregadas com agentes de preenchimento inertes e mostravam boas propriedades adesivas à maioria das superfícies sólidas. Apesar de terem sido úteis para algumas aplicações odontológicas indiretas, as resinas epóxicas foram abandonadas devido à sua questionável biocompatibilidade e porque polimerizavam muito lentamente para serem utilizadas clinicamente.¹⁶

Posteriormente, Bowen criou um novo monômero, o bis-GMA, produto da reação entre bisfenol A e metacrilato de glicidila, que levou ao desenvolvimento da resina composta moderna.¹⁷ Esta nova resina apresentava contração de polimerização relativamente baixa, devido ao comprimento molecular entre os grupos acrilato, que estava relacionado também a um polímero deficiente, alto manchamento e alta porosidade.¹⁸ O bis-GMA tem alta viscosidade, fator que limita a incorporação de agentes de preenchimento e torna a pasta de resina, mesmo ainda não polimerizada, espessa e difícil de manipular. Além disso, este material era difícil de trabalhar por apresentar-se em duas pastas que deveriam ser misturadas. A partir daí a reação de polimerização acontecia rapidamente, por isso o material precisava ser inserido rapidamente na cavidade, não podendo ser inserido em camadas.¹⁹ Para contornar o problema da alta viscosidade, atualmente as formulações feitas com bis-GMA normalmente devem ser diluídas com outros monômeros dimetacrilatos menores e de menor peso molecular (HEMA, TEGDMA, EGDMA). A desvantagem é que estes monômeros apresentam maior contração volumétrica do que o bis-GMA.¹⁶

Em 1975, Bailey²⁰ propôs o uso de monômeros bicíclicos, nos quais os dois anéis se abrem durante a reação de polimerização. Com essa abertura, a contração durante esta reação foi compensada parcialmente ou inteiramente pela abertura dos dois anéis cíclicos.²¹ O grupo de monômeros bicíclicos que recebeu mais atenção pela sua compatibilidade química com o metacrilato foi o dos espiro ortocarbonatos (EOC). Dentre suas desvantagens estão o fato de serem cristalinos à temperatura ambiente e pouco reativos. Para tentar superar essas limitações, em 1979 Thompson, Williams e Bailey²² trituraram os EOC em partículas finas, criando uma suspensão de EOC cristalinos com monômeros líquidos bis-GMA. No entanto, estes componentes não polimerizavam simultaneamente, levando a uma alta porcentagem de EOC que não reagem na resina final polimerizada. Alguns anos depois, Stansbury e Bailey²³ utilizaram EOC com ponto de fusão reduzido e maior compatibilidade aos monômeros padrão, porém eles somente representaram modestas melhorias na contração de polimerização.¹⁶ As principais desvantagens na incorporação de EOC à monômeros convencionais (bis-GMA, TEGDMA) relacionam-se à baixa capacidade de diluição, o que dificulta sua incorporação às resinas; menor reatividade, por isso elas necessitam de maior exposição à luz para polimerizar; abertura incompleta dos anéis à temperatura ambiente, que enfraquece seu potencial em reduzir a contração de polimerização; alta sensibilidade à água, que está relacionada a uma queda na estabilidade; e além disso eles tendem a descolorir.²⁴

Anos atrás, em mais uma tentativa de contornar os problemas relacionados à contração de polimerização, novos polímeros modificados por partículas cerâmicas chamados ormocer foram desenvolvidos e têm sido utilizados em produtos comercializados. A matriz do ormocer é um polímero antes mesmo da fotoativação (poli-siloxano de cerâmica). Suas moléculas são mais longas do que o bis-GMA, o que poderia explicar a menor contração do material. Lateralmente à esta cadeia do polímero são adicionadas cadeias polimerizáveis que vão reagir durante a reação de polimerização. Dentre suas vantagens estão: biocompatibilidade com os tecidos dentários, baixa contração de polimerização, alta resistência à abrasão, e além disso ele polimeriza resultando em uma baixa quantidade de monômeros residuais.²⁵

Em 2007, um monômero chamado silorano foi desenvolvido. O nome silorano vem da sua formulação química com blocos de siloxanos e oxiranos. Siloxanos são bem conhecidos nas indústrias químicas pela sua característica hidrofóbica. Ao incorporar os siloxanos nas resinas odontológicas, esta propriedade foi transferida para as resinas que o apresentam na sua composição. Os oxiranos têm sido utilizados por um longo tempo em muitas áreas técnicas, especialmente onde altas forças e ambientes físicos desafiadores são esperados. Os polímeros oxiranos apresentam baixa contração e excelente estabilidade em relação a forças e influências físicas e químico-físicas. A combinação dos dois blocos químicos de siloxano e oxirano fornece a base biocompatível, hidrofóbica e de baixa contração das resinas compostas à base de silorano.^{16,26} Os siloranos polimerizam através da abertura do anel catiônico dos grupos oxirano, levando a uma contração mínima. Eles também requerem pelo menos duas vezes mais tempo para polimerização do que as resinas de metacrilato para incrementos de 2mm, e têm baixa compatibilidade com os adesivos à base de metacrilato, por isso necessitam do seu próprio adesivo.¹⁶ Segundo os fabricantes (3M ESPE), a contração de polimerização da resina de silorano é de aproximadamente 0.9%, enquanto nas resinas convencionais é de aproximadamente 2-4%.^{16,27} Estudos mostram que estas resinas podem ser utilizadas para o mesmo tipo de restaurações que a resina convencional é utilizada; elas apresentam boa adaptação às paredes da cavidade e algumas têm propriedades mecânicas comparáveis às resinas convencionais de metacrilato.^{28,29} Um estudo mostrou ainda que uma resina de silorano apresentou melhores resultados de rugosidade superficial, sorção de água e solubilidade comparada às resinas de metacrilato utilizadas no estudo.³⁰

Como o sucesso do uso de monômeros com polimerização por abertura de anel foi limitado, houve a necessidade de se pensar em outra estratégia. Desde que a contração volumétrica tem sido associada a locais onde há conversão de forças de Van der Waals para ligações covalentes, é sustentada a ideia de que reduzir o número dessas conversões deve reduzir a contração volumétrica. Isso pode ser alcançado com a utilização de moléculas de monômeros com maior peso molecular, que também ocupam maior espaço. Com uma menor quantidade de monômeros para ocupar um mesmo espaço comparado à moléculas menores, há uma redução do número de ligações covalentes formadas por unidade de espaço, e isso deve reduzir a contração total de polimerização.¹⁶ É o que acontece na resina Kalore. Ela apresenta um monômero de alto peso molecular (DX-511), que leva à redução da contração de polimerização devido à baixa concentração do grupo reativo disponível para a reação.²⁷

Recentemente a dentística estética tem sido apresentada a um novo grupo de materiais denominados de bulk-fill, que nada mais são do que resinas compostas que se propõem a serem utilizadas em uma só camada de até 4mm de espessura, com baixa contração de polimerização

e resultando em baixa tensão de contração de polimerização.³¹ No nosso mercado, em um primeiro momento, vieram as resinas de baixa viscosidade com a proposta de serem utilizadas como uma base a ser coberta com resina convencional, e logo em seguida as resinas com viscosidade média que podem ser utilizadas como base e até como restauração final. As resinas bulk-fill são promissoras porque são úteis para preenchimento de cavidades profundas quando o tempo demandado para o uso da técnica incremental não é possível devido à baixa colaboração do paciente.³² Porém, elas normalmente são muito translúcidas e somente uma pequena quantidade de cores está disponível, porque a estética parece ser apenas um objetivo secundário para esses materiais.^{18,31}

A contração é apenas um fator que contribui para a geração da tensão de polimerização nas resinas compostas. À medida que ela polimeriza, o material escoar a partir da margem livre para compensar a contração. Com a continuação da reação de polimerização, o material endurece e o escoamento diminui. No ponto gel, o compósito é muito rígido para escoar, e as forças que continuam sendo geradas pela contração de polimerização são transferidas para as paredes da cavidade, criando tensão nas interfaces marginais. Apenas uma parte da contração total é traduzida em tensão, o restante é reduzido pelo escoamento do material.³³

A contração e a tensão oriundas da reação de polimerização podem ter efeitos clínicos prejudiciais às restaurações ao longo do tempo. Alguns dos problemas que podem estar relacionados são: integridade/adaptação marginal, pigmentação marginal, cárie recorrente, retenção das restaurações e sensibilidade pós-operatória. Em teoria, as restaurações realizadas com resinas compostas com monômeros modificados, por reduzirem tais problemas, devem apresentar melhor comportamento clínico a longo prazo quando comparadas às restaurações realizadas com resinas compostas convencionais.

1.3 Comportamento clínico de restaurações de resina composta posterior

O amálgama foi o material de escolha por muitos anos para a restauração de dentes posteriores comprometidos pela cárie dentária por ser um material que apresenta bom custo-benefício, porém seu uso tem diminuído cada dia mais devido à sua aparência não estética e às preocupações quanto ao seu teor de mercúrio,^{4,8} motivo este que desde a Convenção de Minamata levou ainda mais à redução do uso deste material.⁷

Desde então o uso das resinas compostas foi crescendo, e hoje elas representam a alternativa de escolha da maior parte dos pacientes e profissionais. Devido ao seu grande uso atual na odontologia, observou-se a necessidade de estudos que avaliam clinicamente o desempenho desses materiais a longo prazo. Para isso existem algumas ferramentas de avaliação, entre elas o Critério de Avaliação USPHS (United States Public Health Service) e suas modificações, que são bastante utilizados para avaliação do comportamento clínico de restaurações, e avaliam critérios como: cor, pigmentação e integridade marginal, cárie secundária, retenção das restaurações, textura superficial e sensibilidade pós-operatória.¹⁹

Uma metanálise de 2012¹¹ concluiu que restaurações com resinas híbridas e microparticuladas que utilizaram a técnica adesiva convencional com condicionamento ácido do esmalte e isolamento absoluto do campo operatório apresentaram longevidade similar às restaurações de amálgama. Restaurações com resinas macroparticuladas e restaurações sem

condicionamento do esmalte ou que utilizaram adesivos auto-condicionantes apresentaram falhas e menor longevidade, o que nos direciona ao uso de um tipo de resina composta e sistema adesivo que representam melhores resultados clínicos. Outro estudo de avaliação da taxa de sobrevivência de restaurações de amálgama e de resina composta concluiu que a sobrevivência das restaurações de resina composta foi maior que das restaurações de amálgama após 12 anos, exceto no grupo de pacientes com alto risco de cárie, no qual a taxa foi similar para os dois materiais em restaurações extensas.³⁴

O objetivo das mudanças na composição das resinas compostas e dos estudos de avaliação clínica destes materiais é produzir e avaliar os materiais para que sejam cada vez melhores para os pacientes em termos estéticos e funcionais. Esta revisão foi realizada com o intuito de avaliar o comportamento clínico de restaurações confeccionadas com o uso de resinas com monômeros modificados disponíveis no mercado, com base nos estudos de avaliação clínica realizados com estes tipos de resina que estão disponíveis na literatura.

REFERÊNCIAS

1. Pascotto RC, Terada RSS, Fujimaki M, Moyses SJ. Cárie: diagnóstico e planejamento preventivo e restaurador. In: Pereira JC, Anauate-Netto C, Gonçalves SA. (Org.). *Dentística: uma abordagem multidisciplinar*. 1ed. São Paulo: Artes Médicas, 2014, p. 73-94.
2. Brasil. Ministério da Saúde. *SB Brasil 2010: Pesquisa Nacional de Saúde Bucal, resultados principais*. Brasília: Ministério da Saúde; 2012. 117 p.
3. Petersen PE, Bourgeois D, Ogawa H, Estupinan-Day S, Ndiaye C. The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bulletin of the World Health Organization* 2005; 83(9): 661-669.
4. Rasines Alcaraz MG, Veitz-Keenan A, Sahrman P, Schmidlin PR, Davis D, Iheozor-Ejiofor Z. Direct composite resin fillings versus amalgam fillings for permanent or adult posterior teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2014, Issue 3. Art. No.: CD005620. DOI: 10.1002/14651858.CD005620.pub2.
5. World Health Organization (WHO). What is the burden of oral disease? Available from http://www.who.int/oral_health/disease_burden/global/en/ (accessed 15 August 2016).
6. Kemaloglu H, Pamir T, Tezel H. A 3- year randomized clinical trial evaluating two different bonded posterior restorations: Amalgam versus resin composite. *Eur J Dent* 2016;10:16-22.
7. Kessier R. The Minamata Convention on Mercury: A first step toward protecting future generations. *Environmental Health Perspectives* 2013;121(10):A 304-A 309.
8. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, Brunton PA, Gurgan S, Kakaboura A, et al. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent* 2014; 42:377-383.
9. Bowen RL, Marjenhoff W. Dental composites/glass ionomers: The Materials. *Adv Dent Res* 1992; 6:44-49.
10. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38.
11. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations – a meta-analysis. *J Adhes Dent* 2012; 14:407–431.
12. Opdam NJM, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U et al. Longevity of Posterior Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93(10):943-949.
13. Casagrande L, Seminario AT, Correa MB, Werle SB, Maltz M, Demarco FF, et al. Longevity and associated risk factors in adhesive restorations of young permanent teeth after complete and selective caries removal: a retrospective study. *Clin Oral Invest* 2016 DOI 10.1007/s00784-016-1832-1.
14. Windsor B, Popovich I, Jordan V, Showell M, Shea B, Farquhar C. Methodological quality of systematic reviews in subfertility: a comparison of Cochrane and non-Cochrane systematic reviews in assisted. *Human Reproduction* 2012; 27(12):3460-3466.
15. Bowen RL. Use of epoxy resins in restorative materials. *J Dent Res* 1956; 35(3): 360-369.

16. Pitel ML. Low-shrink composite resins: a review of their history, strategies for managing shrinkage, and clinical significance. *Compend Contin Educ Dent* 2013; 34(8): 578-588.
17. Bowen, R.L. Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of Bis Phenol and Glycidyl Acrylate, US Patent 3,066,112, 1962.
18. Radz GM. Composite Resins in 2013: An update on their progress. *Compend Contin Educ Dent* 2013; 34(1): 48-51.
19. Sarrett DC. Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dent Mater* 2005; 21:9–20.
20. Bailey WJ. Cationic polymerization with expansion in volume. *J.M.S. Pure appl. chem.* 1975;9(5):849-865.
21. Bailey WJ, Iwama H, Tsushima R. Synthesis of elastomers by cationic polymerization with expansion in volume. *J Polymer Sci: Symposium* 1976; 56:117-127.
22. Thompson VP, Williams EF, Bailey WJ. Dental resins with reduced shrinkage during hardening. *J Dent Res* 1979;58(5):1522-1532.
23. Stansbury JW, Bailey WJ. Evaluation of spiro orthocarbonate monomers capable of polymerization with expansion as ingredients in dental composite materials. *ACS Symposium on Progress in Bio-medical Polymers: 1988, Los Angeles, CA.* in: Gebelein CG, Dunn RL, eds. *Progress in Biomédical Polymers.* New York, NY: Plenum Press; 1990:133-139.
24. Anuradha Prakki. Influência de aditivos nas propriedades de comonômeros, copolímeros e compósitos a base de bis-GMA, diluído com TEGDMA ou análogos sistetizados do bis-GMA (CH₃bis-GMA e CF₃-bis-GMA) [tese]. Bauru: Faculdade de Odontologia de Bauru - Universidade de São Paulo; 2007.
25. Kalra S, Singh A, Gupta M, et al. Ormocer: An aesthetic direct restorative material; An in vitro study comparing the marginal sealing ability of organically modified ceramics and a hybrid composite using an ormocer-based bonding agent and a conventional fifth-generation bonding agent. *Contemp Clin Dent* 2012; 3(1): 48-53.
26. 3M ESPE. Filtek LS Technical Product Profile. St Paul, 2013. [acesso em 04 de Junho de 2015]. Disponível em: <http://goo.gl/n1ZqPa>
27. Yamasaki LC, Moraes AGDV, Barros M et al. Polymerization development of “low-shrink” resin composites: Reaction kinetics, polymerization stress and quality of network. *Dent Mater.* 2013; 29: e169-e179.
28. Arrais CAG, Oliveira MT, Mettenburg D, Rueggeberg FA, Giannini M. Silorane- and high filled-based “low-shrinkage” resin composites: shrinkage, flexural strength and modulus. *Braz Oral Res* 2013; 27(2):97-102.
29. Di Francescantonio M, Boaro LCC, Arana-Chavez VE, Braga RR, Giannini M. Shrinkage stress, long-term adaptation and bond strength of low-shrinkage composite resins. *Int J Adhes Adhes* 2016; 65:1-10.
30. Giannini M, Di Francescantonio M, Pacheco RR, Cidreira Boaro LC, Braga RR. Characterization of water sorption, solubility, and roughness of silorane- and methacrylate-based composite resins. *Oper Dent* 2014; 39(3):264-272.

31. Benetti AR, Havndrup-Pedersen C, Honoré D, et al. Bulk-Fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Oper Dent* 2015; 40(2): 190-200.
32. Zorzin J, Maier E, Harre S, et al. Bulk-fill resin composites: Polymerization properties and extended light curing. *Dent Mater* 2015; 31: 293-301.
33. Burgess J, Cakir D. Comparative properties of low-shrinkage composite resins. *Compend Contin Educ Dent* 2010; 31(2): 10-15.
34. Opdam NJM, Bronkhorst EM, Loomans BAC, Huysmans MCDNJM. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010; 89(10):1063-1067.

2 OBJETIVO

Apresentar um artigo de revisão sistemática sobre o tema “Comparação do comportamento clínico de restaurações de resina composta convencional e resinas com monômeros modificados”, para responder a pergunta: Restaurações de resina composta com monômeros modificados apresentam o mesmo comportamento clínico que restaurações de resina composta convencional?

3 ARTIGO

3.1 Introdução

A resina composta surgiu como grande promessa para substituir o amálgama, e estudos mostram que atualmente a maior causa de falha das restaurações de resina é por cárie secundária ou fratura das restaurações.¹ As resinas apresentam baixo custo e, além da preservação de tecido dentário no preparo dos dentes para restauração com resina composta, estas restaurações apresentam um bom comportamento clínico em dentes posteriores.^{2,3,4} Existem na literatura revisões que avaliam a longevidade de restaurações de resina composta convencional em dentes posteriores,^{1,5,6} e os resultados são bastante positivos, mostrando alta longevidade dessas restaurações.

As mudanças mais atuais das resinas compostas estão focadas na matriz polimérica, principalmente para desenvolver sistemas com menor contração de polimerização e menor tensão de contração.⁷ As resinas de baixa contração de polimerização surgiram como uma inovação nos materiais restauradores para reduzir problemas clínicos a longo prazo que podem surgir decorrentes da contração de polimerização das resinas compostas convencionais. Além disso, resinas de incremento único também facilitam o trabalho dos profissionais e reduzem o tempo de trabalho.⁸ No entanto, até onde sabemos, não há na literatura revisões sistemáticas sobre os novos materiais com modificação monomérica em comparação às resinas convencionais, ou que demonstrem que o investimento financeiro, tecnológico e de novas pesquisas esteja trazendo benefícios para a prática clínica.

Problemas clínicos das restaurações em dentes posteriores incluem cárie secundária, fratura das restaurações, infiltração marginal, pigmentação marginal, entre outros,⁹ sendo que muitos desses problemas têm relação com a contração de polimerização. Existem formas de tentar reduzir esses problemas nas resinas convencionais. Uma delas é a utilização da técnica incremental de restauração; outra tentativa foi a utilização de diferentes técnicas de fotopolimerização com objetivo de aumentar a fase pré-gel das resinas compostas;¹⁰ uma outra alternativa vem sendo desenvolvida há alguns anos: resinas compostas com monômeros modificados que apresentam menor contração de polimerização.¹¹ Entre esses materiais, existem os ormocers, as resinas de silorano e as resinas bulk-fill.¹² Trabalhos de acompanhamento clínico com estas resinas mostram resultados semelhantes de comportamento clínico em comparação às resinas convencionais.^{13,14,15}

Sabe-se que as revisões sistemáticas são muito utilizadas para guiar as decisões dos profissionais de saúde em relação às melhores alternativas de tratamento para os pacientes, porque constituem a mais alta fonte de evidência científica,¹⁶ o que justifica a importância de ser realizada uma revisão sistemática com este tema. No entanto, até onde sabemos não há na literatura uma revisão sistemática sobre os novos materiais com modificação monomérica em comparação com as resinas de bis-GMA.

No presente estudo, o objetivo foi realizar uma metanálise para comparar o comportamento clínico de restaurações de resina composta convencional e resinas com monômeros modificados e testar a hipótese nula de que as restaurações de resina composta com monômeros modificados apresentam o mesmo comportamento clínico que as restaurações de resina composta convencional.

3.2 Metodologia

3.2.1 Protocolo e registro

A revisão sistemática seguiu o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*)¹⁷ e foi registrada no Prospero (*International Register of Prospective Systematic Review*) - CRD42015023940.

3.2.2 Critérios de elegibilidade

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: (1) artigos de pesquisas clínicas, randomizados, controlados; (2) artigos que utilizam resinas compostas com monômeros modificados que se propõem a reduzir a contração de polimerização; (3) artigos de pesquisas que avaliam pelo menos um dos seguintes critérios: integridade/adaptação marginal, pigmentação marginal, cárie recorrente, retenção das restaurações, sensibilidade pós-operatória; (4) trabalhos que tenham realizado restaurações classe I ou II. Os critérios de exclusão foram: (1) artigos de pesquisas com tempo de acompanhamento das restaurações inferior a 6 meses; (2) pesquisas realizadas em dentes decíduos; (3) pesquisas em que tenham sido feitos somente reparos, e não restaurações completas.

3.2.3 Bases de dados

Para seleção dos estudos, foram pesquisadas as seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Web of Science, EMBASE, Scopus e Lilacs. Não foi utilizado filtro para idiomas específicos. As buscas foram salvas no formato RIS para serem abertas no programa de gerenciamento de referências EndNote.

3.2.4 Estratégias de busca

Os seguintes "*mesh terms*" com seus respectivos "*entry terms*" quando presentes foram utilizados como estratégia de busca: *Composite Resins, Silorane Resins, Organically Modified Ceramics, Bulk-fill, Monomers Modified, dimer acid-based monomers, spiro-orthocarbonates, TCD-urethane, modified urethane dimethacrylate resin*. A palavra-chave "*bulk-fill*" não constava na lista de "*mesh terms*" do PubMed, mas foi empregada, pois aumentava a abrangência dos estudos. A busca final utilizada no PubMed, Web of Science e Lilacs está apresentada na Tabela 1. Para as bases de dados Scopus e EMBASE a busca precisou ser adaptada no formato de busca dessas plataformas.

Tabela 1: Estratégia de busca do PubMed.

P	resin OR resins OR Composite Resins OR Resins, Composite OR composite resin OR resin composite OR resin restorations OR Composite Restorative Systems
I	silorane OR siloranes OR silorane resins OR resin, silorane OR resins, silorane OR silorane system adhesive OR adhesive, silorane system OR adhesives, silorane system OR Silorane System Adhesives OR System Adhesive, Silorane OR System Adhesives, Silorane OR silorane composite OR silorane based OR silorane-based OR silorane-based composite OR monomers modified OR bulk-filled OR bulk fill OR dimer acid-based monomers OR dimer acid monomers OR dimer-acid-based OR dimer acid based methacrylates OR dimer acid-based dimethacrylate OR dimer acid OR nano-dimer technology OR dimer acid-derived dimethacrylate OR spiro-orthocarbonates OR spiro orthocarbonate OR spiro orthocarbonates OR spiro ortho- carbonate OR Spiro Ortho Carbonate OR TCD-urethane OR TCD-urethane diacrylate OR TCD-urethane based monomers OR TCD-DI-HEA OR modified urethane dimethacrylate resin OR DX-511 OR urethane dimethacrylate-based monomer OR Organically Modified Ceramics OR Ceramic, Organically Modified OR Ceramics, Organically Modified OR Modified Ceramic, Organically OR Modified Ceramics, Organically OR Organically Modified Ceramic OR Ormocer OR Ormocers

3.2.5 Seleção dos estudos

Com auxílio do programa EndNote, dois revisores (PCK e LMT) avaliaram independentemente os títulos e resumos dos artigos recuperados nas bases de dados. Os resumos considerados potencialmente elegíveis, assim como os que não forneciam informações suficientes sobre os critérios de elegibilidade foram mantidos para avaliação do texto completo. Os dois revisores avaliaram independentemente os textos completos para determinar a elegibilidade do estudo. Em caso de divergências que não foram resolvidas por consenso, um terceiro revisor (RSST) tomou a decisão final. Em seguida, foram realizadas buscas nas referências dos artigos eleitos, e os autores foram contatados quando necessário.

3.2.6 Análise do risco de viés e da qualidade da evidência

Para análise do risco de viés foi utilizada a ferramenta presente no Handbook da Cochrane.¹⁸ Além da análise do risco de viés, foi também utilizada uma ferramenta chamada GRADE¹⁹ para determinar a qualidade da evidência dos artigos incluídos na revisão.

3.2.7 Extração dos dados

Dois revisores (PCK e LMT) conduziram a extração de dados. Foram coletadas informações gerais dos estudos, tais como: autores, ano de publicação e região geográfica do primeiro autor. Além disso, foram coletadas as seguintes características específicas: objetivo, local de realização da pesquisa, número de centros, período de recrutamento dos pacientes, material do grupo experimental, critérios de inclusão e exclusão, número de restaurações realizadas e avaliadas, tipo de restauração, duração do acompanhamento clínico, ferramenta

utilizada para avaliação das restaurações, critérios que foram avaliados em cada artigo e conclusões dos autores.

3.2.8 Análise dos dados

Os dados foram avaliados quanto ao comportamento clínico (integridade/adaptação marginal, pigmentação marginal, cárie recorrente, retenção das restaurações e sensibilidade pós-operatória) das restaurações de resinas com monômeros modificados comparado às restaurações de resinas convencionais. O programa RevMan foi utilizado para realização da metanálise e a criação de tabelas comparativas dos estudos em relação a cada critério clínico, em um determinado período de avaliação.

3.3 Resultados

A busca nas bases de dados resultou em um total de 14.217 artigos, 13.308 após a remoção das duplicatas. Destes, 34 foram mantidos para análise do texto completo, e então 20 foram excluídos por diferentes razões. Após análise das referências e citações dos artigos mantidos, 5 referências foram selecionadas, totalizando os 19 estudos que foram incluídos na revisão (Figura 1). Um dos artigos incluídos não entrou na análise estatística por falta de informações na tabela de resultados.²⁰

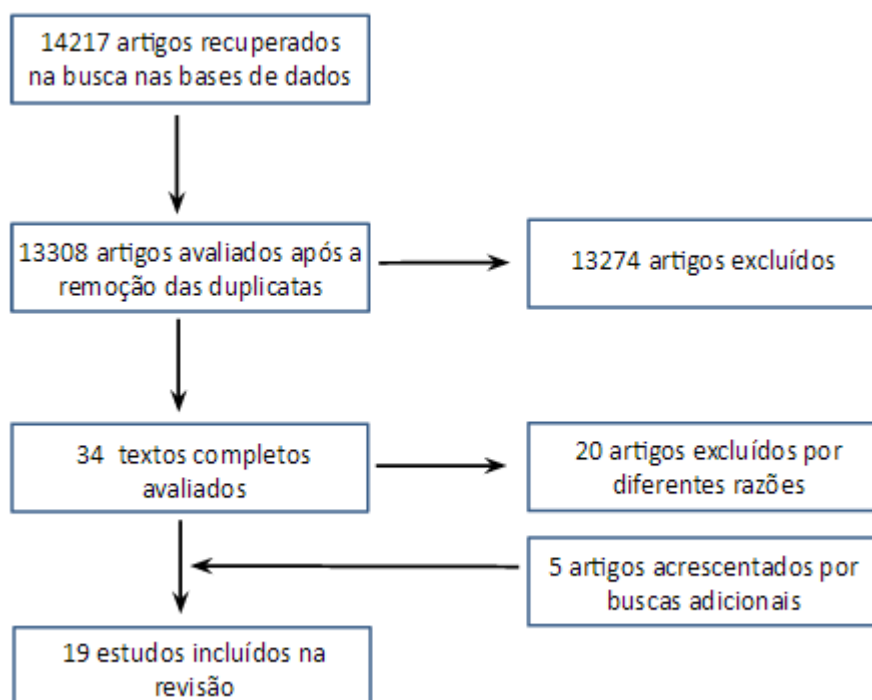


Figura 1: Fluxograma da seleção dos estudos.

Os 19 artigos incluídos na revisão e suas características (tipo de resina avaliada, local da pesquisa, número de restaurações do grupo experimental e critério de avaliação utilizado) estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Características dos estudos incluídos na revisão sistemática.

Artigo	Tipo de resina avaliada	Local da pesquisa	Número de restaurações do grupo experimental	Critério de avaliação utilizado
Bayraktar 2016 ¹³	Bulk-fill	Kinkale, Turquia	50 (3 grupos experimentais)	USPHS modificado
Gasparello 2016 ²¹	Silorano	Cascavel - Brasil	10	USPHS
Karaman 2016 ²²	Bulk-fill	Atakum - Turquia	47	USPHS modificado
Schmidt 2015 ¹⁵	Silorano	Aarhus, Dinamarca	80	Critério próprio (Escala 0-3 ou Sim/Não)
Attia 2014 ²³	Silorano	Tanta, Egito	15	USPHS modificado
El-Eraky 2014 ²⁴	Silorano	Egito	10	USPHS modificado
Mahmoud 2014 ²⁰	Silorano	Mansoura, Egito	78	USPHS modificado
Santos 2014 ²⁵	Silorano	Londres, Canadá	41	USPHS modificado
van Dijken 2014 ²⁶	Bulk-fill	Umeå, Suécia	53	USPHS modificado

Tabela 2: Continuação

Artigo	Tipo de resina avaliada	Local da pesquisa	Número de restaurações do grupo experimental	Critério de avaliação utilizado
Walter 2014 ²⁷	Silorano	Chapel Hill, EUA	41	Critério de Hickel e colegas
Yazici 2014 ²⁸	Silorano	Ankara, Turquia	28	USPHS modificado
Baracco 2013 ²⁹	Silorano	Madrid, Espanha	25	USPHS modificado
Efes 2013 ³⁰	Silorano	Istanbul, Turquia	50	USPHS modificado
Gonçalves 2013 ³¹	Silorano	Belo Horizonte, Brasil	50	USPHS modificado
Baracco 2012 ³²	Silorano	Madri, Espanha	25	USPHS modificado
Schmidt 2011 ³³	Silorano	Arhus, Dinamarca	80	Critério próprio (Escala 0-3)
Bottenberg 2009 ¹⁴	Ormocer	Bruxelas, Bélgica	44/43 (2 grupos experimentais)	USPHS modificado
Bottenberg 2007 ³⁴	Ormocer	Bruxelas, Bélgica	44/43 (2 grupos experimentais)	USPHS modificado
Efes 2006 ³⁵	Ormocer	Istambul, Turquia	27	USPHS modificado

A análise do risco de viés dos estudos incluídos na revisão foi feita através da ferramenta da Cochrane,¹⁸ que considera diferentes critérios que podem ocasionar viés nos estudos. A Figura 2 mostra a classificação de cada estudo de acordo com cada um dos critérios avaliados, na qual o símbolo verde significa baixo risco de viés; o vermelho, alto risco de viés; e o amarelo, risco incerto de viés.

	Geracão de sequência aleatória (viés de seleção)	Alocação sigilosa (viés de seleção)	Cegagem dos participantes e pesquisadores (viés de desempenho)	Cegagem de avaliação dos resultados (viés de detecção)	Dados de resultado incompletos (viés de desistência)	Relatório seletivo (viés de informação)	Outros vieses
Atlia 2014	?	+	?	+	+	●	+
Baracco 2012	●	?	?	+	+	+	+
Baracco 2013	●	+	?	+	+	+	+
Bayraktar 2016	?	+	?	+	+	+	+
Bottenberg 2007	+	+	?	●	+	+	+
Bottenberg 2009	+	+	?	●	+	+	+
Efes 2006	?	?	?	?	+	+	+
Efes 2013	+	+	?	+	+	+	+
El-Eraky 2014	?	+	?	+	?	+	+
Gasparello 2016	+	+	●	?	+	+	+
Gonçalves 2013	+	?	+	+	+	+	+
Karaman 2016	+	?	●	+	+	+	+
Mahmoud 2014	+	+	?	+	+	+	+
Santos 2014	+	+	?	+	+	+	+
Schmidt 2011	+	?	●	+	+	+	+
Schmidt 2015	+	?	●	+	+	+	+
van Dijken 2014	?	+	?	+	+	+	+
Walter 2014	+	+	?	+	+	+	+
Yazici 2014	+	+	?	+	+	+	+

+ Baixo risco de viés ? Risco de viés incerto
● Alto risco de viés

Figura 2: Resumo do risco de viés dos estudos.

A Figura 3 mostra o gráfico do risco de viés em relação a todos os estudos incluídos na revisão.

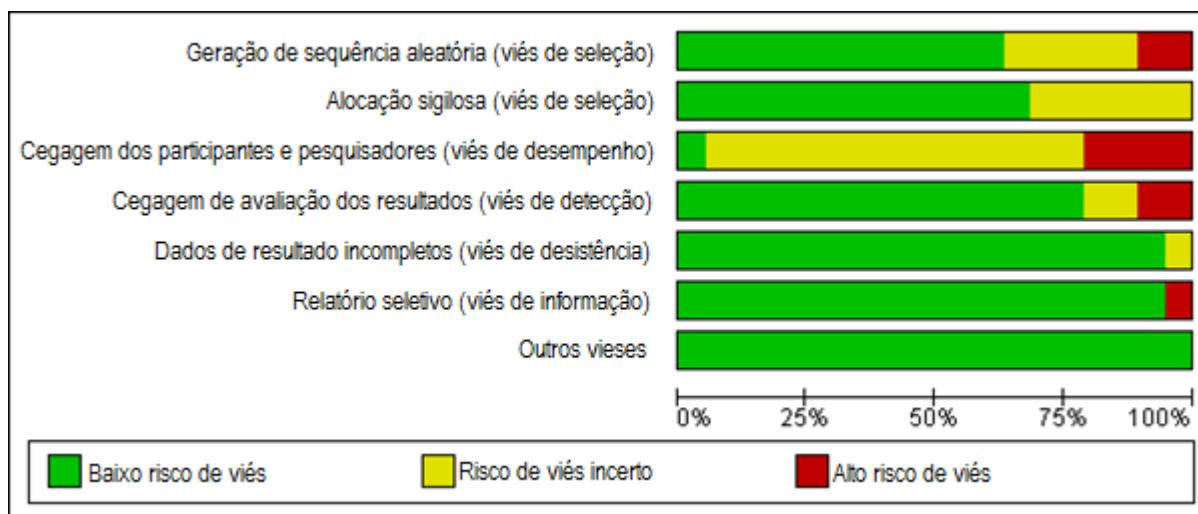


Figura 3: Gráfico do risco de viés dos estudos.

Dos artigos incluídos, 3 comparam resinas ormocer, 13 resinas silorano e 3 resinas bulk-fill com resinas convencionais. Nenhum dos estudos mostrou diferença significativa entre os materiais para as características analisadas, exceto um trabalho em que a resina de silorano apresentou resultados inferiores de integridade marginal em uma avaliação de 18 meses.³¹ Todos afirmam que os materiais estudados tiveram resultados clínicos similares às resinas convencionais.

3.3.1 Adaptação marginal

Na análise dos quatorze artigos que avaliaram a adaptação marginal após 12 meses, tem-se um total de dezessete grupos experimentais avaliados, pois o estudo de Bayraktar (2016)¹³ apresentou três grupos experimentais e o de Bottenberg (2007),³⁴ dois grupos experimentais. Dentre os dezessete grupos, onze apresentaram resultados que favoreceram o grupo controle;^{13,21,23,25,28,29,32,34,35} dois que favoreceram o grupo experimental;^{27,30} um não favoreceu nenhum dos grupos, pois apresentou resultados iguais para ambos;²⁴ dois apresentaram resultados nulos para ambos os grupos;^{13,22} e um relatou que todas as restaurações dos dois grupos tiveram alteração na adaptação marginal.³³ Este resultado é estatisticamente significativo, o que leva a concluir que para um tempo de acompanhamento de 12 meses, as resinas de metacrilato apresentaram melhores resultados de adaptação marginal do que as resinas ormocer, silorano e bulk-fill (Figura 4).

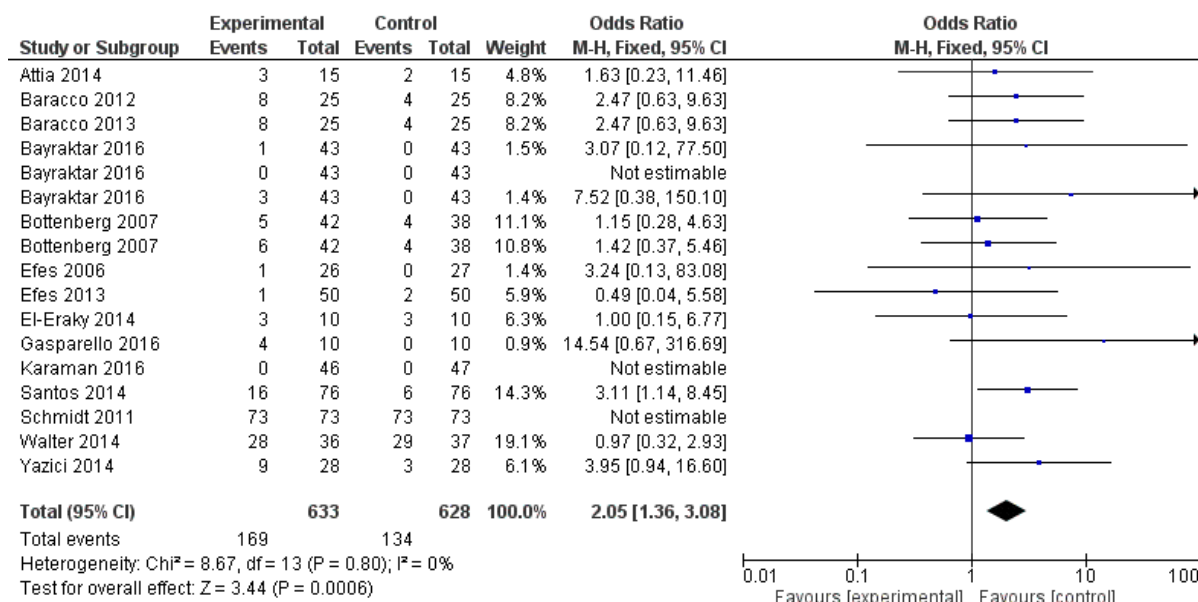


Figura 4: Adaptação marginal após 12 meses de acompanhamento clínico.

Apenas dois artigos, ambos que testaram resinas de silorano, avaliaram a adaptação marginal após 18 meses.^{24,31} Destes, um favoreceu o grupo experimental²⁴ e o outro o grupo controle,³¹ sendo que o resultado que favoreceu o grupo experimental apresentou um peso maior. Entretanto, este resultado não foi estatisticamente significativo.

Sete artigos avaliaram adaptação marginal após 24 meses, sendo que um deles³⁴ apresentou dois grupos experimentais, totalizando oito grupos. Destes, seis favoreceram o grupo controle,^{27,28,29,34,35} porém este resultado não foi estatisticamente significativo (Figura 5).

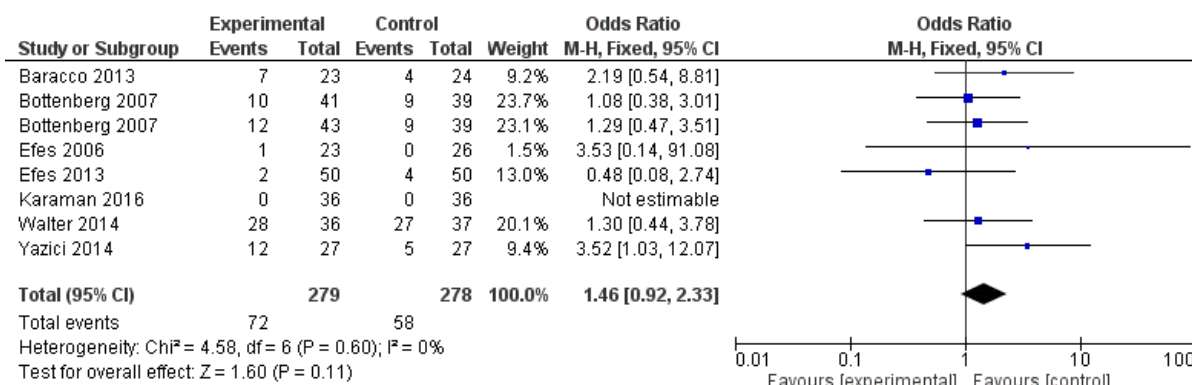


Figura 5: Adaptação marginal após 24 meses de acompanhamento clínico.

Um total de cinco artigos avaliaram a adaptação marginal após 36 meses, sendo que um deles³⁴ apresentou dois grupos experimentais. Dentre os seis grupos, três favoreceram o grupo controle,^{28,34} um favoreceu o grupo experimental,²⁶ um apresentou mesmo número de restaurações com alteração na adaptação marginal para ambos os grupos,²⁷ e um resultado nulo para ambos os grupos.²² Este resultado, no entanto, não foi estatisticamente significativo.

Após 60 meses, dois artigos avaliaram adaptação marginal, sendo que um deles apresentou dois grupos experimentais.¹⁴ Dos três grupos totais, dois apresentaram alteração na adaptação marginal em todas as restaurações dos grupos experimental e controle,^{14,15} e um favoreceu o grupo experimental.¹⁴ Porém este resultado não foi estatisticamente significativo.

3.3.2 Cárie secundária

Doze artigos avaliaram a presença de cárie secundária nas restaurações após 12 meses. Um deles apresentou três grupos experimentais,¹³ totalizando quatorze grupos. Nove não apresentaram cárie nem no grupo experimental, nem no controle.^{21-25,27,28,30,35} Um apresentou resultados favorecendo o grupo experimental,¹³ e os outros quatro favoreceram o grupo controle.^{13,29,32} Este resultado, no entanto, não foi estatisticamente significativo (Figura 6).

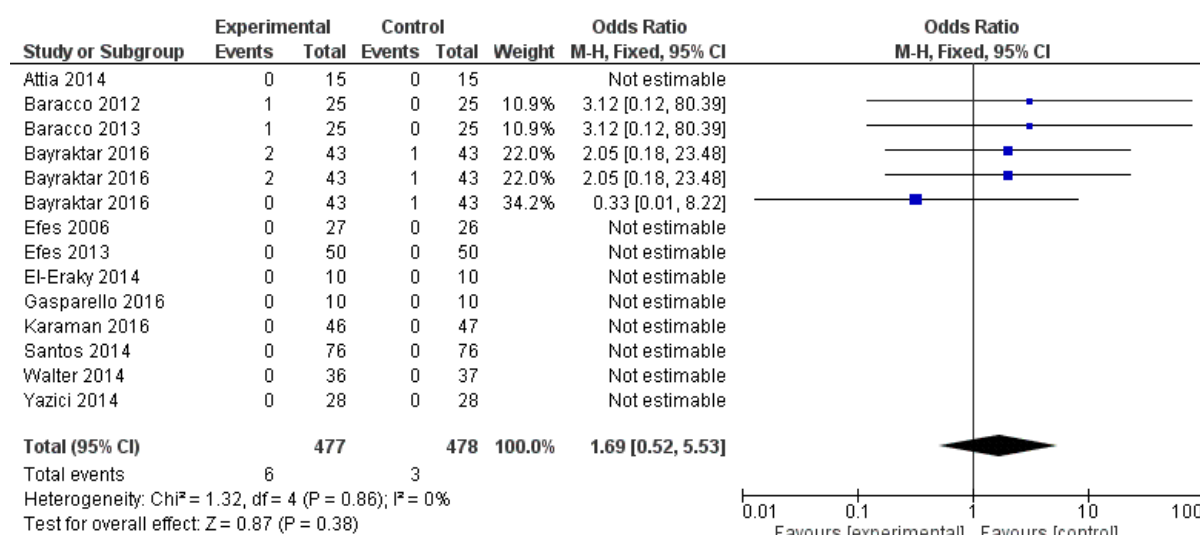


Figura 6: Cárie secundária após 12 meses de acompanhamento clínico.

Após 24 meses seis artigos avaliaram cárie secundária,^{22,27-30,35} sendo que nenhum relatou presença de cárie secundária.

3.3.3 Pigmentação marginal

Na análise dos doze artigos que avaliaram pigmentação marginal após 12 meses, tem-se um total de quinze grupos experimentais avaliados, pois o estudo de Bayraktar (2016)¹³ apresentou três grupos experimentais, e o de Bottenberg (2007),³⁴ dois grupos experimentais. Dos quinze grupos, sete favoreceram o grupo controle,^{13,21,23,25,28,34} cinco o grupo experimental,^{13,24,29,32,35} e um apresentou resultados iguais para os dois grupos.¹³ Dois artigos apresentaram resultado nulo de pigmentação marginal para ambos os grupos.^{22,30} Entretanto, este resultado não foi estatisticamente significativo (Figura 7).

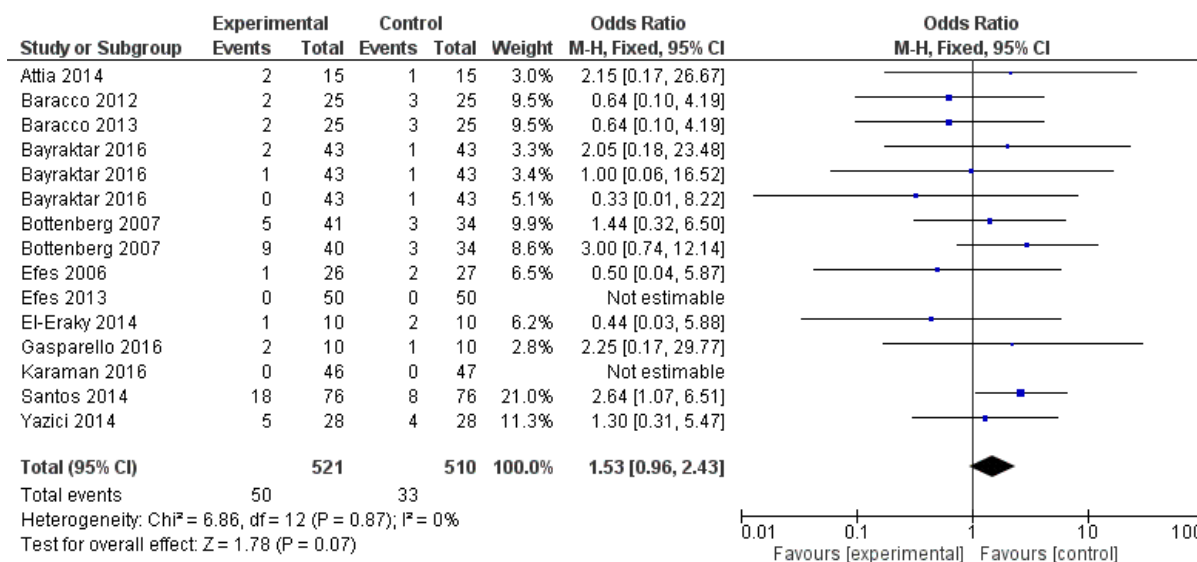


Figura 7: Pigmentação marginal após 12 meses de acompanhamento clínico.

Apenas dois artigos, ambos que testaram resinas de silorano, avaliaram pigmentação marginal após 18 meses. Desses dois, um favoreceu o grupo experimental²⁴ e o outro o grupo controle.³¹ Entretanto, este resultado não foi estatisticamente significativo.

Seis artigos avaliaram pigmentação marginal após 24 meses. Um deles apresentava dois grupos experimentais,³⁴ totalizando sete grupos. Três favoreceram o grupo experimental,^{34,35} dois favoreceram o grupo controle,^{28,29} um apresentou resultados semelhantes para ambos os grupos,³⁰ e um resultado nulo de pigmentação marginal para ambos os grupos.²² Este resultado não foi estatisticamente significativo (Figura 8).

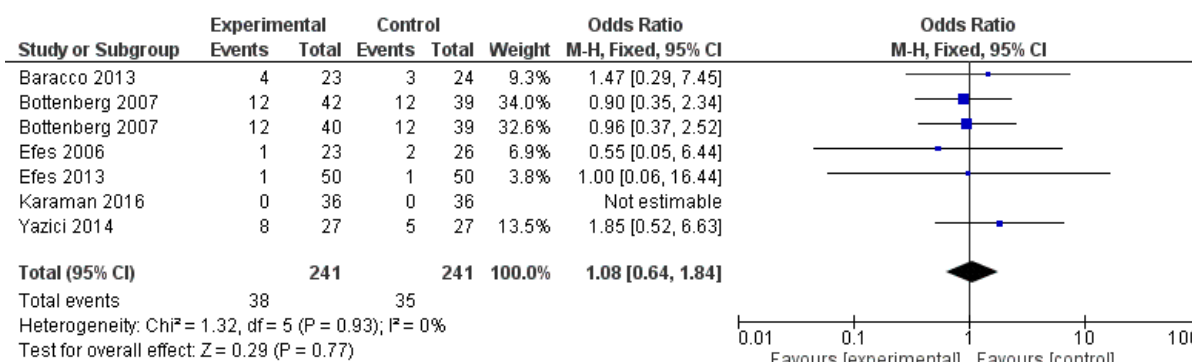


Figura 8: Pigmentação marginal após 24 meses de acompanhamento clínico.

Apenas um artigo avaliou pigmentação marginal após 60 meses, sendo que ele apresentou dois grupos experimentais.¹⁴ Um favoreceu o grupo experimental, e o outro apresentou resultado que não favoreceu nenhum dos grupos. Este resultado não foi estatisticamente significativo.

3.3.4 Retenção

Dez artigos avaliaram a retenção das restaurações após 12 meses, sendo que um deles apresentou três grupos experimentais.¹³ Dos doze grupos analisados, sete não apresentaram perda de retenção em nenhum dos grupos,^{13,22,23,28,30,35} três favoreceram o grupo controle,^{13,29,32} um o grupo experimental,²¹ e um apresentou resultado que não favoreceu nenhum dos grupos.²⁷ No entanto, este resultado não foi estatisticamente significativo (Figura 9).

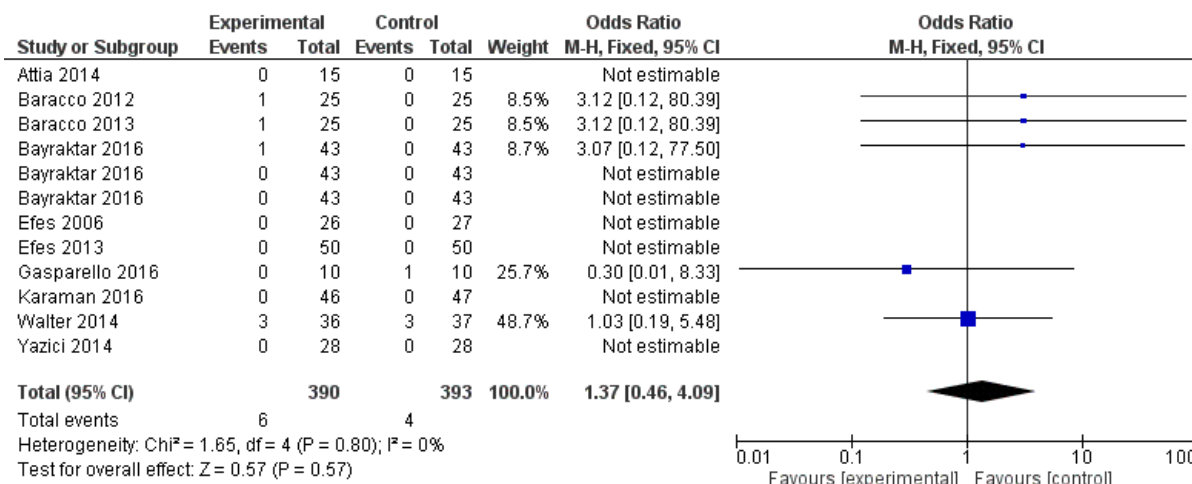


Figura 9: Retenção após 12 meses de acompanhamento clínico.

Apenas seis artigos avaliaram a retenção das restaurações após 24 meses, sendo que quatro destes não apresentaram perda de retenção em nenhum dos grupos.^{22,28-30} Os outros dois favoreceram o grupo controle,^{27,35} porém o resultado não foi estatisticamente significativo.

3.3.5 Sensibilidade pós-operatória

Dez artigos avaliaram sensibilidade pós-operatória após 12 meses. Um deles apresentou dois grupos experimentais,³⁴ e outro apresentou três grupos experimentais,¹³ por isso o total de grupos analisados nesse período foi treze. Desses treze, nove não apresentaram sensibilidade pós-operatória para nenhum dos grupos,^{13,21,25,28-30,32,35} três favoreceram o grupo controle^{13,34} e um favoreceu o grupo experimental.²⁷ Este resultado não foi estatisticamente significativo.

Seis artigos avaliaram sensibilidade pós-operatória após 24 meses. Um deles apresentou dois grupos experimentais,³⁴ portanto o total de grupos foram sete. Quatro grupos não apresentaram resultados de sensibilidade pós-operatória para nenhum dos grupos,^{28-30,35} e os outros três favoreceram o grupo controle.^{27,34} Porém este resultado não foi estatisticamente significativo.

3.4 Discussão

Nesta revisão sistemática foram incluídos 19 artigos com três tipos de resinas compostas com monômeros modificados: ormocer, silorano e bulk-fill. O comportamento clínico destes materiais em restaurações de dentes posteriores foi semelhante ao das resinas compostas convencionais à base de metacrilato. Esta evidência baseou-se em estudos clínicos randomizados controlados, com baixo risco de viés. Apenas a cegagem dos participantes e pesquisadores foi o índice mais apontado com risco de viés incerto pela própria dificuldade em omitir informações técnicas e de produtos, tanto para os pacientes quanto para os profissionais.

Os critérios para avaliação do comportamento clínico neste trabalho, ou seja, adaptação marginal, cárie secundária, pigmentação marginal, retenção e sensibilidade pós-operatória, foram escolhidos por estarem relacionados à contração de polimerização das resinas compostas.³⁶⁻⁴⁰ Alguns estudos laboratoriais demonstram que as resinas compostas com monômeros modificados apresentam menor contração de polimerização do que as resinas convencionais de metacrilato.^{39,41,42,43,44}

A metanálise apontou que a adaptação marginal de restaurações convencionais após 12 meses de acompanhamento foi superior às restaurações com resinas de monômeros modificados. Nos demais tempos de acompanhamento, os resultados foram semelhantes. Vários fatores relacionados à etapa restauradora podem influenciar a adaptação marginal: o tipo de resina composta utilizada devido à contração de polimerização, tensão de contração e fluidez do material^{38,40} ou a formação de fendas entre o dente e a restauração;⁴⁵ a realização ou não de acabamento e polimento⁴⁶ e a técnica de inserção do material restaurador.⁴⁷ Em todos os estudos incluídos nesta revisão as restaurações passaram por um processo de polimento, porém a direção do polimento, que parece ser um fator importante,⁴⁶ não foi declarada. Além disso, a facilidade de manuseio do material e o operador são outros fatores que podem ter influenciado tais resultados.

Os resultados de cárie secundária no tempo de avaliação clínica de 12 meses mostraram que a maioria das restaurações, independentemente do material restaurador, não apresentou lesões secundárias. Nos casos em que houve lesões, a diferença entre os grupos experimental e controle não foi estatisticamente significativa.

Com relação à pigmentação marginal, vários estudos que avaliaram esse desfecho após 12 meses apresentaram restaurações com comprometimento. O trabalho de Santos (2014)²⁵ apresentou os piores valores de pigmentação marginal para o grupo experimental utilizando resina silorano. A pigmentação marginal pode estar relacionada à natureza do sistema adesivo utilizado nas restaurações.^{31,32} Além disso, indivíduos que estão expostos à hábitos de fumo e ingestão de bebidas como café e vinho,⁴⁸ a presença de excessos de material restaurador, margens mal adaptadas e "gaps" são fatores que contribuem para uma maior pigmentação marginal.³² Todas as restaurações receberam acabamento e polimento final, e os hábitos do paciente em relação à ingestão de bebidas de pigmentação forte e fumo não foram relatados. Entretanto, não há relação entre pigmentação e cárie, e muitas vezes a pigmentação marginal das restaurações pode ser removida com polimento.^{37,48}

A retenção é um dos fatores que está relacionado à contração de polimerização das resinas compostas,²⁷ visto que a contração volumétrica da resina aderida à superfície dentária

gera tensões que podem resultar em perda de adaptação marginal e também perda da retenção da restauração.⁴⁹ Na avaliação de 12 meses, apenas quatro grupos apresentaram perda de retenção em alguma restauração do grupo experimental, o que pode ser considerado um índice baixo.

A sensibilidade pós-operatória também pode ocorrer como consequência da contração de polimerização das resinas compostas e à tensão decorrente.^{50,51} Outra teoria que pode explicar a sensibilidade seria a infiltração de bactérias e outras substâncias irritantes à polpa pelas margens da restauração.^{48,52} Nos estudos desta revisão, as restaurações feitas com resinas convencionais, resinas silorano e resinas ormocer foram realizadas com a técnica incremental, visto que esta técnica é indicada para contornar o problema da contração de polimerização e deflexão de cúspide.⁵³ As restaurações com resinas bulk-fill foram realizadas de acordo com a técnica indicada pelos fabricantes, com um incremento único de 4 a 5 milímetros a ser completado nos últimos 2 milímetros oclusais da restauração com uma resina convencional no caso das resinas bulk-fill flow, ou em um único incremento de até 4 a 5 milímetros no caso das resinas bulk-fill de consistência regular.¹³ Segundo os fabricantes e estudos laboratoriais, estas resinas podem ser utilizadas desta forma por apresentarem uma menor contração de polimerização e por apresentarem monômeros aliviadores de tensão.^{39,54} Tanto na avaliação de 12 meses quanto na de 24 meses, a maior parte dos estudos relatou não haver restaurações com quadro de sensibilidade pós-operatória, e dentre os estudos que mostraram resultado positivo, o estudo de Bottenberg, Alaerts e Keulemans (2007)³⁴ foi o que apresentou os piores resultados. Neste estudo, as cavidades profundas receberam uma camada de ionômero de vidro como forramento (Ketac-Bond, 3M ESPE Seefeld, Alemanha). O tempo de polimerização de cada incremento de resina seguiu as recomendações dos fabricantes, variando entre 40 e 60 segundos cada incremento, de acordo com o grupo. Outros estudos que avaliaram sensibilidade pós-operatória após 12 meses também tiveram suas restaurações polimerizadas por 40 segundos cada incremento, porém não apresentaram nenhum caso de sensibilidade neste tempo de acompanhamento.^{21,28,30,35}

Os resultados obtidos não eram esperados, pois até certo ponto, o investimento em inovação e em tecnologia para o desenvolvimento de novos materiais restauradores deveria contribuir para a melhoria das opções de tratamento. Assim, para tentar explicar o fato de as resinas compostas com monômeros modificados terem apresentado um comportamento clínico semelhante ao das resinas compostas convencionais, alguns aspectos devem ser considerados. Dentre eles, o real efeito da contração de polimerização no comportamento clínico das restaurações, bem como a compreensão do processo de desenvolvimento de lesões de cárie secundária ao redor das restaurações.

Recentemente, Ferracane e Hilton (2016)³⁷ publicaram um trabalho para tentar elucidar o efeito da contração e da tensão de contração de polimerização no comportamento clínico das restaurações. Segundo esses autores, ainda não existem evidências clínicas conclusivas de que esses efeitos possam diminuir a longevidade das restaurações, pois é muito difícil separar os efeitos da contração de polimerização daqueles produzidos por uma adesão inadequada. Além disso, a redução da contração volumétrica de polimerização não garante, por si só, uma diminuição das tensões da restauração³² e em porcentagens pequenas, aparentemente não tem significância clínica.¹⁵ Apesar da falta de evidência clínica, estudos laboratoriais são suficientes para influenciar a forma como as restaurações devem ser realizadas, com o objetivo de reduzir

os efeitos da contração e tensão de contração de polimerização. Quanto às resinas bulk-fill, é prudente que os clínicos as utilizem com cautela enquanto ainda não existem mais estudos que confirmem suas vantagens clínicas.³⁷

O desenvolvimento de lesões de cárie secundária ao redor da restauração é uma das principais causas de falha de restaurações de resina composta. Entretanto, esse mecanismo ainda não está totalmente elucidado.^{2,55} Sabe-se que as lesões de cárie secundária estão relacionadas principalmente à fatores individuais, embora estudos tenham sugerido que exista uma influência do tipo de material utilizado no desenvolvimento dessas lesões, pois restaurações de amálgama apresentam menos lesões recorrentes,⁵⁵ principalmente após um longo período de acompanhamento.³ Além dos fatores comportamentais do indivíduo, aparentemente o tipo de cavidade e a localização da restauração também influenciam o aparecimento de lesões de cárie secundárias, o que caracteriza a doença como sendo multifatorial e comportamental.⁵⁵ Sendo assim, pequenas alterações na composição das resinas compostas poderiam não interferir no comportamento clínico, o que pôde ser observado neste estudo.

Deve-se ressaltar que este estudo levou em consideração apenas os fatores relacionados à contração de polimerização para comparação dos materiais. Outros fatores também devem ser considerados para o sucesso de uma restauração, pois as propriedades dos materiais não são unicamente responsáveis pelo desempenho clínico.³⁴ A experiência do operador, o local e as condições onde o tratamento foi realizado, bem como as características individuais como variações morfológicas dos dentes, presença de pontos de contato, oclusão, hábitos parafuncionais, alimentares, força da mastigação e composição salivar podem interferir no resultado final.

Pode-se dizer que os resultados deste trabalho mostraram que as resinas com monômeros modificados apresentam um bom comportamento clínico. Entretanto, as restaurações não apresentaram uma longevidade e um desempenho melhor ao longo do tempo do que as restaurações realizadas com resinas convencionais, pois o sucesso de uma restauração não depende apenas da menor contração de polimerização, mas vários outros aspectos parecem influenciar na longevidade. Além disso, para utilização na prática clínica, deve-se considerar outros aspectos como custo-benefício e habilidade profissional. Os benefícios das resinas com monômeros modificados lançadas mais recentemente no mercado como as resinas bulk-fill, aparentemente se restringem ao menor tempo de trabalho para inserção e fotopolimerização do material. Estas resinas possuem valor mais alto do que as resinas convencionais e algumas marcas comerciais requerem maior domínio para a realização de uma boa escultura. Desta forma, não podemos afirmar que a baixa contração de polimerização desses materiais leva à um comportamento clínico superior ao das resinas convencionais e, portanto, que os profissionais deveriam mudar a técnica restauradora em dentes posteriores de imediato.

A produção de mais ensaios clínicos randomizados controlados deve ser incentivada para que evidências mais fortes sejam alcançadas. Assim, a qualidade dos trabalhos clínicos será baseada nos melhores resultados produzidos pela inovação tecnológica da produção dos materiais odontológicos.

3.5 Conclusão

A evidência científica apontada por este estudo, baseada em pesquisas clínicas com baixo risco de viés, indica que restaurações de resinas compostas com monômeros modificados do tipo silorano, ormocer e bulk-fill têm um desempenho clínico semelhante às de resinas compostas convencionais.

REFERÊNCIAS

1. Ástvaldsdóttir A, Dagerhamn J, van Dijken JWV, Naimi-Akbar A, Sandborgh-Englund G, Tranæus S, et al. Longevity of posterior resin composite restorations in adults – A systematic review. *J Dent* 2015; 43:934-954.
2. Brunthaler A, König F, Lucas T, Sperr W, Schedle A. Longevity of direct resin composite restorations in posterior teeth. *Clin Oral Invest* 2003; 7:63–70.
3. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJM. Longevity of posterior composite restorations: Not only a matter of materials. *Dent Mater* 2012; 28:87-101.
4. Rodolpho PAR, Cenci MS, Donassollo TA, Loguércio AD, Demarco FF. A clinical evaluation of posterior composite restorations: 17-year findings. *J Dent* 2006; 34:427-435.
5. Opdam NJM, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U et al. Longevity of Posterior Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res* 2014; 93(10):943-949.
6. Heintze SD, Rousson V. Clinical Effectiveness of Direct Class II Restorations – A Meta-Analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry* 2012; 14(5): 407-431.
7. Ferracane JL. Resin composite—State of the art. *Dent Mater* 2011; 27: 29-38.
8. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42: 993-1000.
9. Kopperud SE, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Longevity of posterior dental Rrestorations and reasons for failure. *Eur J Oral Sci* 2012; 120: 539–548.
10. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without ‘softstart-polymerization’. *J Dent* 1997; 25(3-4):321-330.
11. Braga RR, Ferracane JL. Alternatives in polymerization contraction stress management. *J Appl Oral Sci* 2004; 12 (sp. issue): 1-11.
12. Schwendicke F, Göstemeyer G, Blunck U, Paris S, Hsu L-Y, Tu Y-K. Directly Placed Restorative Materials: Review and Network Meta-analysis. *J Dent Res* 2016; 95(6):613-622.
13. Bayraktar Y, Ercan E, Hamidi MM, Çolak H. One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill composites. *J Investig Clin Dent* 2016; 0:1-9.
14. Bottenberg P, Jacquet W, Alaerts M, Keulemans F. A prospective randomized clinical trial of one bis-GMA-based and two ormocer-based composite restorative systems in class II cavities: Five-year results. *J Dent* 2009; 37: 198-203.
15. Schmidt M, Dige I, Kirkevang LL, Vaeth M, Hørsted-Bindslev P. Five-year evaluation of a low-shrinkage silorane resin composite material: A randomized clinical trial. *Clin Oral Invest* 2015; 19:245–251.
16. Windsor B, Popovich I, Jordan V, Showell M, Shea B, Farquhar C. Methodological quality of systematic reviews in subfertility: a comparison of Cochrane and non-Cochrane systematic reviews in assisted. *Human Reproduction* 2012; 27(12):3460-3466.

17. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med*. 2009; 6(7):1-28.
18. Higgins JPT, Green S (editors). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* Version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available from www.handbook.cochrane.org.
19. Guyatt GH, Oxman AD, Vist GE, Kunz R, Falck-Ytter Y, Alonso-Coello P, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 2008; 336: 924-926.
20. Mahmoud SH, Ali AK, Hegazi HAR. A Three-year Prospective Randomized Study of Silorane- and Methacrylate-based Composite Restorative Systems in Class II Restorations. *J Adhes Dent* 2014; 16: 285–292.
21. Gasparello CR, Nassar CA, Busato PMR, Mendonça MJ, Bertacchini LKCF, Camilotti V. Clinical evaluation of class I restorations made with composite with low degree of polymerization shrinkage. *Br J Med Med Res* 2016; 16(9):1-7.
22. Karaman E, Keskin B, Inan U. Three-year clinical evaluation of class II posterior composite restorations placed with different techniques and flowable composite linings in endodontically treated teeth. *Clin Oral Invest* 2016 DOI 10.1007/s00784-016-1940-y
23. Attia RM, Etman WM, Genaid TM. One year clinical follow up of a silorane-based versus a methacrylate-based composite resin. *Tanta Dental Journal* 2014; 11: 12-20.
24. El-Eraky M, Abdel-Fattah W, El-Said M. Clinical assessment of a nanohybrid and silorane low shrinkage composite in class I cavity preparation (preliminary report). *Tanta Dental Journal* 2014; 11: 130-138.
25. Santos MJMC, Kunnilathu A, Steele S, Santos Jr GC. Clinical evaluation of silorane-based and dimethacrylate-based resin composites: 1-year follow-up. *Gen Dent* 2014; e6-e10.
26. van Dijken JWV, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of “bulk-filled” posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater* 2014; 30:e245-e251.
27. Walter R, Boushell LW, Heymann HO, Ritter AV, Sturdevant JR, Wilder Jr AD, et al. Three-Year Clinical Evaluation of a Silorane Composite Resin. *J Esthet Restor Dent* 2014; 26(3): 179–190.
28. Yazici AR, Ustunkol I, Ozgunaltay G, Dayangac B. Three-year Clinical Evaluation of Different Restorative Resins in Class I Restorations. *Oper Dent* 2014; 39(3): 248-255.
29. Baracco B, Perdigão J, Cabrera E, Ceballos L. Two-Year Clinical Performance of a Low-Shrinkage Composite in Posterior Restorations. *Oper Dent* 2013; 38(6): 591-600.
30. Efes BG, Yaman BC, Gurbuz Ö, Gumustas B. Randomized controlled trial of the 2-year clinical performance of a Silorane-based resin composite in class 1 posterior restorations. *Am J Dent* 2013; 26(1): 33-38.
31. Gonçalves FS, Leal CD, Bueno AC, Freitas ABDA, Moreira AN, Magalhães CS. A double-blind randomized clinical trial of a silorane-based resin composite in class 2 restorations: 18-month follow-up. *Am J Dent* 2013; 26(2): 93-98.

32. Baracco B, Perdigão J, Cabrera E, Giráldez I, Ceballos L. Clinical Evaluation of a Low-shrinkage Composite in Posterior Restorations: One-Year Results. *Oper Dent* 2012; 37(2): 117-129.
33. Schmidt M, Kirkevang LL, Hørsted-Bindslev P, Poulsen S. Marginal adaptation of a low-shrinkage silorane-based composite: 1-year randomized clinical trial. *Clin Oral Invest* 2011; 15: 291–295.
34. Bottenberg P, Jacquet W, Alaerts M, Keulemans F. A prospective randomised clinical trial of one bis-GMA-based and two ormocer-based composite restorative systems in class II cavities: Three-year results. *J Dent* 2007; 35: 163-171.
35. Efes BG, Dörter C, Gömeç Y, Koray F. Two-year Clinical Evaluation of Ormocer and Nanofill Composite with and Without a Flowable Liner. *J Adhes Dent* 2006; 8(2): 119-126.
36. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent* 1996; 21:17-24.
37. Ferracane JL, Hilton TJ. Polymerization stress – Is it clinically meaningful? *Dent Mater* 2016; 32: I-10.
38. Heintze SD, Monreal D, Peschke A. Marginal quality of class II composite restorations placed in bulk compared to an incremental technique: evaluation with SEM and stereomicroscope. *J Adhes Dent* 2015; 17:147–154.
39. Hirata R, Kabbach W, Andrade OS, Bonfante EA, Giannini M, Coelho PG. Bulk Fill Composites: An Anatomic Sculpting Technique. *J Esthet Restor Dent* 2015; 27(6):335-343.
40. Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent* 2004; 32:109-115.
41. Bacchi A, Feitosa V, Fonseca AS, Cavalcante L, Silikas N, Schneider L. Shrinkage, stress, and modulus of dimethacrylate, ormocer, and silorane composites. *J Conserv Dent* 2015; 18(5):384-388.
42. Hirata R, Clozza E, Giannini M, Farrokhmanesh E, Janal M, Tovar N, et al. Shrinkage assessment of low shrinkage composites using micro-computed tomography. *J Biomed Mater Res B* 2015; 103(4):798-806.
43. Lien W, Vandewalle KS. Physical properties of a new silorane-based restorative system. *Dent Mater* 2010; 26:337-344.
44. Yamasaki LC, Moraes AGV, Barros M, Lewis S, Francci C, Stansbury JW, et al. Polymerization development of “low-shrink” resin composites: Reaction kinetics, polymerization stress and quality of network. *Dent Mater* 2013; 29:e169-e179.
45. Davidson CL, de GEE AJ, Feilzer A. The competition between the composite-dentin bond strength and the polymerization contraction stress. *J Dent Res* 1984; 63(12): 1396-1399.
46. St-Pierre L, Bergeron C, Qian F, Hernández MM, Kolker J, Cobb DS, et al. Effect of polishing direction on the marginal adaptation of composite resin restorations. *J Esthet Restor Dent* 2013; 25:125–138.
47. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jassé FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. *J Dent* 2014; 42: 575-581.

48. Akimoto N, Takamizu M, Momoi Y. 10-year clinical evaluation of a self-etching adhesive system. *Oper Dent* 2007; 32(1):3-10.
49. Kaisarly D, El Gezawi M. Polymerization shrinkage assessment of dental resin composites: a literature review. *Odontology* 2016; 104(3): 257-270.
50. Casselli DSM, Martins LRM. Postoperative sensitivity in class I composite resin restorations in vivo. *J Adhes Dent* 2006; 8: 53-58.
51. Eick JD, Welch FH. Polymerization shrinkage of posterior composite resins and its possible influence on postoperative sensitivity. *Quintessence International* 1986; 17(2): 103-111.
52. White KC, Cox CF, Kanka III J, Dixon DL, Farmer JB, Snuggs HM. Pulpal response to adhesive resin systems applied to acid-etched vital dentin: Damp versus dry primer application. *Quintessence International* 1994; 25(4): 259-268.
53. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: Incremental or bulk filling? *Dent Mater* 2008; 24: I501-I505.
54. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR™ technology. *Dent Mater* 2011; 27: 348-355.
55. Nedeljkovic I, Teughels W, De Munck J, Van Meerbeek B, Van Landuyt KL. Is secondary caries with composites a material-based problem? *Dent Mater* 2015; 31:e247-e277.