

Avaliação em curto e médio prazo da sorção e da solubilidade de resinas compostas à base de metacrilato e de silorano em saliva artificial

Evaluation of short- and medium-term sorption and solubility of methacrylate or silorane-based composite resins in artificial saliva

Isabel Cristina Celerino de Moraes PORTO^a, Amanda Gomes Amaral ALMEIDA^a

^aNúcleo de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Odontologia Restauradora, Centro Universitário CESMAC, 57051-160 Maceió - AL, Brasil

Resumo

Introdução: A absorção/adsorção de moléculas de água por monômeros hidrofílicos dentro de materiais resinosos expostos à umidade da boca pode resultar em degradação. **Objetivo:** Este estudo avaliou sorção e solubilidade de resinas compostas à base de metacrilato e silorano em contato com saliva artificial, nos períodos de um dia (curto prazo), e 30 e 90 dias (médio prazo). **Material e método:** Sessenta corpos de prova foram confeccionados com as resinas Filtek[®] Z250 e Filtek[®] P90 Silorano (3M/ESPE), e depois imersos em saliva artificial a 37 ± 1 °C durante um, 30 e 90 dias. Os dados foram analisados usando-se ANOVA um fator/dois fatores seguido dos testes Tukey ou Tamhane ($\alpha = 0,05$). **Resultado:** As médias de sorção das duas resinas aumentaram com o tempo ($p = 0,001$). A sorção de Z250 (1 e 90 d) foi significativamente maior do que de P90 ($p = 0,008$), com valores semelhantes após 30 dias. A solubilidade das resinas também aumentou com o tempo, com diferença significativa entre todos os períodos ($p = 0,001$), exceto para a resina P90 (entre 1 e 30 d). Não houve diferença estatística significativa entre os grupos Z250 (1 d) e P90 (1 dia), Z250 (1 d) e P90 (30 d), e Z250 (30 d) e P90 (90 d). Para os demais pares, comprovaram-se diferenças significativas ($p < 0,001$). **Conclusão:** As propriedades de sorção e solubilidade das resinas compostas testadas foram influenciadas pelo tempo de exposição à saliva artificial. O silorano teve desempenho ora melhor ora semelhante à resina de metacrilato.

Descritores: Absorção; resinas compostas; resinas de silorano; solubilidade.

Abstract

Introduction: The absorption/adsorption of water molecules by hydrophilic monomers within the resinous material exposed to the humid environment of the mouth may result in degradation. **Objective:** This study evaluated the sorption and solubility of methacrylate-based resin and silorane in contact with artificial saliva after 1 day (short-term), 30 days and 90 days (medium-term). **Material and method:** Sixty samples were prepared with Filtek[®] Z250 and Filtek[®] P90 Silorano (3M/ESPE) and then immersed in artificial saliva at 37 ± 1 °C for 1, 30 and 90 days. Data were analyzed using one-way/two-way ANOVA followed by the Tukey or Tamhane tests ($\alpha = 0.05$). **Result:** The sorption and solubility of two resins increased with the evaluation time ($p = 0.001$). Sorption of Z250 (at 1 and 90 days) was significantly higher than that of P90 ($p = 0.008$), and similar values were registered at 30 days. Resin solubility also increased with time and there were significant differences for all time periods ($p = 0.001$), except for P90 at 1 and 30 days. There were no significant differences between Z250 (1 day) and P90 (1 day), Z250 (1 day) and P90 (30 day), and Z250 (30 days) and P90 (90 days). Significant differences were shown for other pairings ($p < 0.001$). **Conclusion:** The solubility and sorption properties of the composites tested were influenced by time of exposure to artificial saliva. Silorane performed better than or similar results to methacrylate-based resin.

Descriptors: Absorption; composite resins; silorane resins; solubility.

INTRODUÇÃO

As resinas compostas são amplamente utilizadas em Odontologia como material restaurador direto. Uma de suas principais vantagens é sua capacidade adesiva, permitindo preparos cavitários mínimos e proporcionando restaurações com adequada estética¹.

Esses materiais constituem-se de uma matriz resinosa polimérica e partículas inorgânicas, quimicamente ligadas por um agente de união denominado silano. Um grande número de diferentes resinas compostas está disponível para restaurações dentárias diretas, compreendendo os compósitos híbridos, nanoparticulados, siloranos, ormocers e compômeros².

A base orgânica da maioria das resinas compostas atuais é constituída pelo monômero Bisfenol A glicidil metacrilato (BisGMA) em combinação com outros di-metacrilatos, como trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA), uretano dimetacrilato (UDMA) e bisfenol glicidil dimetacrilato etoxilado (BisEMA)³. Apesar das diferenças entre suas formulações, todos os compósitos à base de metacrilatos polimerizam pela geração de radicais livres⁴.

A aproximação dos monômeros metacrilatos para estabelecer ligações covalentes entre si, durante a reação de polimerização, causa uma significativa redução do volume da resina após a polimerização⁵, advindo daí o maior inconveniente das resinas compostas, que é a tensão gerada na interface dente/restauração pela contração de polimerização¹.

Com o objetivo de reduzir a contração de polimerização dos compósitos dentais, foi desenvolvido um novo compósito denominado Silorano, empregando-se um sistema monomérico com baixa contração, derivado da combinação de radicais siloxanos e oxiranos, com um mecanismo de polimerização diferente, baseado na abertura dos anéis catiônicos dos radicais oxiranos⁶. Assim, o oxirano é responsável pela baixa contração e pela baixa geração de tensão, enquanto que o siloxano produz a natureza hidrófoba do material. Dessa forma, a principal característica do novo compósito é a contração de polimerização menor que 1%, comparando-se com a contração de mais de 2% nas resinas à base de metacrilato^{5,6}.

Além da contração de polimerização, a estabilidade em longo prazo das restaurações de resina composta também assume um papel fundamental no sucesso clínico das restaurações. A absorção/adsorção de moléculas de água por monômeros hidrofílicos do material resinoso exposto ao ambiente úmido

da boca representa um dos vários mecanismos de deterioração e pode resultar em degradação hidrolítica e ruptura da união das partículas de carga da matriz resinosa, além de lixiviação de monômeros não reagidos e de outros componentes da matriz polimérica⁷. Portanto, baixa sorção e baixa solubilidade em meio aquoso são características desejáveis em materiais restauradores, como os compósitos.

Pesquisas anteriores mostraram que o silorano tem propriedades mecânicas comparáveis aos compósitos resinosos de metacrilato, como menor infiltração marginal⁸, maior resistência flexural⁹, baixa solubilidade em água¹⁰ e redução significativa da sorção de água e fluidos biológicos^{6,11,12}. No entanto, as diferenças entre esses materiais, no que diz respeito aos aspectos de sistema de monômero, tipo e tamanho da carga, e a química de união entre carga e matriz resinosa, podem ser responsáveis por diferenças na resistência à degradação química e mecânica desses materiais², destacando-se, assim, a importância da análise de desempenho entre materiais com diferentes composições.

O objetivo deste estudo foi avaliar as características de sorção e solubilidade de resinas compostas à base de metacrilato e silorano em curto prazo (um dia) e médio prazo (30 e 90 dias), em contato com saliva artificial.

MATERIAL E MÉTODO

Para avaliação das propriedades de sorção e solubilidade, foram confeccionados 30 espécimes de cada resina composta, totalizando 60 unidades para todo o experimento, distribuídas aleatoriamente em seis grupos (n = 10), em um esquema fatorial 2 × 3. Os fatores em estudo foram resinas compostas, em dois níveis: Z250 e P90, e tempos de avaliação, em três níveis: um, 30 e 90 dias. As variáveis de resposta foram sorção e solubilidade, expressas em µg/mm³. O experimento foi totalmente realizado por um único avaliador previamente treinado.

Uma resina composta de metacrilato de uso universal e um silorano (Tabela 1) foram utilizados para confeccionar corpos de prova (CPs) com 5 mm × 2 mm de altura, com auxílio de uma matriz cilíndrica posicionada entre duas tiras matriz de poliéster. Imediatamente após a inserção, visando a promover uma uniformidade superficial, foi aplicada uma carga axial de 500 g, durante um minuto, sobre uma lâmina de vidro colocada sobre o conjunto matriz/tira de poliéster.

Após a remoção da carga, o compósito foi irradiado pelo tempo recomendado pelo fabricante (Tabela 1), aplicando-se 500 mW/cm² durante os três segundos iniciais, seguidos da

Tabela 1. Compósitos que foram utilizados na pesquisa

Compósito	Matriz resinosa	Conteúdo de carga	Fabricante	Tempo de irradiação
Filtek® Z250 Cor A3 Lote: N318950BR	Bis-GMA Bis-EMA, TEGDMA, UDMA	Zr/silica 0,01-3,5 µm (média 0,6 µm) (82% em peso)	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	20 s
Filtek® P90 Cor A3 Lote: N276611	Silorano	Quartzo e fluoreto de ítrio 0,01-3,5 µm (média 0,47 µm) (76% em peso)	3M ESPE, St. Paul, MN, USA	30 s

potência máxima do aparelho (LED Emitter B; Schuster Com Equip Odontológicos Ltda, RS, Brasil - 1150 mW/cm²), até completar o tempo de irradiação para cada resina composta (técnica de fotoativação escalonada por passos).

Cada CP foi pesado em balança analítica de precisão (AX200 - SHIMADZU Corp., Kyoto, Japan) e transferido para um dessecador à prova de luz contendo sílica gel desidratada (Fischer Scientific, Leicester, UK), sendo mantido por 22 h a 37 ± 1 °C e, em seguida, por 2 h a 23 ± 1 °C. Os espécimes foram repesados e o ciclo de condicionamento para secagem foi repetido até que a perda de massa não fosse maior do que 1 × 10⁻³ g (m₁). Após a estabilização do peso, cada CP foi medido com um micrômetro digital modelo Digimess 110-250 (Digimess Instrumentos de Precisão Ltda, SP, BR), para calcular o volume (V) em mm³, e suspenso individualmente pelo seu eixo diametral em 2 mL de saliva artificial (KCl: 960 mg; NaCl: 674 mg; MgCl₂: 41 mg; K₂HPO₄: 274 mg; CaCl₂: 117 mg; Sorbitol: 24 g; Carboximetilcelulose sódico: 8 g; Água destilada: q.s.p. 1000 mL), a 37 ± 1 °C, em frascos cilíndricos (20 mm diâmetro × 30 mm de altura), à prova de luz, pelos períodos experimentais determinados (um, 30 e 90 dias). A saliva artificial foi substituída a cada sete dias.

Decorrido cada período de imersão na saliva, os CPs foram removidos dos frascos, secos com papel absorvente, mantidos à temperatura ambiente por 15 s e repesados (m₂). Os CPs foram submetidos ao ciclo de condicionamento para secagem até que a perda de massa não fosse maior do que 1 × 10⁻³ g (m₃).

A média de sorção e solubilidade, em µg/mm³, de cada CP, foi calculada seguindo-se as Equações 1 e 2:

$$\text{Sorção} = m_2 - m_3 / V \quad (1)$$

$$\text{Solubilidade} = m_1 - m_3 / V \quad (2)$$

em que:

- m₁ = massa após a secagem inicial do espécime (µg);
- m₂ = massa após o período de imersão em saliva artificial (µg);
- m₃ = massa final após a secagem (µg);
- V = Volume em mm³.

1. Análise Estatística

Para a verificação do efeito nulo da resina, do tempo de avaliação e do efeito da interação entre resina e tempo de avaliação em cada variável 'resina', foi utilizado o teste F (ANOVA) com dois fatores. No caso de interação não significativa e diferença significativa entre os tempos de avaliação, foi utilizado o teste de comparações de Tukey entre os pares de tempo avaliados.

No caso da verificação de interação significativa, foram realizadas as comparações de Tamhane entre todos os pares formados pela combinação dos dois fatores, em uma análise ANOVA de um fator. A verificação da hipótese de igualdade de variâncias foi realizada por meio do teste F de Levene. A margem de erro utilizada nas decisões dos testes estatísticos foi de 5%.

Para os cálculos, foi empregado o programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versão 17.

RESULTADO

A Tabela 2 mostra os resultados de sorção, segundo a resina utilizada e o tempo de avaliação. Observa-se que as médias de sorção aumentaram com o tempo de avaliação em cada uma das resinas. Nos períodos de um e 90 dias, as médias foram correspondentemente mais elevadas na resina Z250 do que na resina P90, com diferença estatística significativa (p = 0,008). Entretanto, as medidas feitas após 30 dias de imersão na saliva artificial mostraram valores semelhantes para as duas resinas, sem diferença estatística significativa. Considerando-se a mesma resina, os resultados mostraram diferença significativa (p = 0,001) entre todos os períodos de tempo avaliados.

As médias de solubilidade das resinas elevaram-se durante os períodos de observação (Tabela 3), com diferença significativa entre todos os tempos (p = 0,001), exceto para a resina P90, na comparação entre os períodos de um e 30 dias.

Comparando-se as duas resinas compostas, após um dia de imersão em saliva artificial, não houve diferença estatística significativa entre estas. Os valores de solubilidade da resina P90, após trinta dias, foram próximos aos registrados para o grupo Z250 imerso por um dia, sem diferença estatística significativa. Depois de 90 dias, os valores de solubilidade da resina P90 foram estatisticamente semelhantes aos alcançados pela resina Z250

Tabela 2. Média de sorção (µg/mm³) segundo a resina utilizada e o tempo de avaliação

Tempo de avaliação (dias)	Resinas		Valor de p
	Z250 Média ± DP	P90 Média ± DP	
01	6,71 ± 0,70 (A)	3,70 ± 0,37 (D)	p ₁ = 0,008*
30	14,67 ± 3,48 (B)	14,53 ± 0,70 (B)	p ₂ < 0,001*
90	20,69 ± 3,25 (C)	17,22 ± 1,62 (E)	p ₃ = 0,178*

p₁ = Teste F (ANOVA) para a comparação entre as resinas. p₂ = Teste F (ANOVA) para a comparação entre os tempos. p₃ = Para a verificação da hipótese de interação. Obs.: Se as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa por meio das comparações pareadas de Tukey.

Tabela 3. Valores médios de solubilidade (µg/mm³) das resinas compostas testadas segundo o tempo de avaliação

Tempo de avaliação (dias)	Resinas		Valor de p
	Z250 Média ± DP	P90 Média ± DP	
01	0,23 ± 0,04 (A)	0,20 ± 0,03 (A)	p ₁ < 0,001*
30	5,02 ± 0,67 (B)	1,74 ± 0,49 (A)	p ₂ < 0,001*
90	8,21 ± 2,15 (C)	3,95 ± 0,52 (B)	p ₃ < 0,001*

p₁ = Teste F (ANOVA) para a comparação entre as resinas. p₂ = Teste F (ANOVA) para a comparação entre os tempos de avaliação. p₃ = Para a verificação da hipótese de interação. Obs.: Se as letras entre parênteses são distintas, comprova-se diferença significativa por meio das comparações pareadas de Tamhane.

em 30 dias. Para os demais pares, comprovaram-se diferenças significativas.

DISCUSSÃO

A crescente quantidade de novos materiais dentários no mercado gera a necessidade de avaliar o comportamento desses materiais diante dos desafios que lhes serão impostos pelo ambiente bucal. Estabelecer comparações entre eles, inicialmente em estudos *in vitro*, seguidos pelos ensaios clínicos, é, por isso, de grande importância para a análise do desempenho daqueles materiais que estão em uso e para o desenvolvimento de novos produtos.

Várias pesquisas têm sido feitas sobre sorção e solubilidade de resinas compostas. Diversos períodos de observação, diferentes soluções e corpos de prova com diferentes dimensões foram utilizados anteriormente^{11,13,14}. Essa heterogeneidade resulta em valores distintos para o mesmo material, o que dificulta a comparação, mas não invalida os resultados.

Apesar de sua característica hidrofóbica, as resinas compostas absorvem água com o tempo, o que leva não somente à degradação, pela ruptura da união entre a carga e a matriz resinosa, e, em consequência, à redução da resistência e ao aumento do desgaste do material^{7,15}, mas também à expansão higroscópica que, por si, determina aumento de volume do material. Caso a expansão seja muito alta, pode produzir trincas, fratura dental ou mesmo, pulpíte¹⁵. Por outro lado, a expansão higroscópica pode ter um resultado positivo, reduzindo os efeitos da contração de polimerização¹⁶.

A redução das propriedades mecânicas está relacionada, predominantemente, à captação de água pelo polímero, que causa o amolecimento do componente resinoso pela dilatação da rede polimérica, reduzindo as forças friccionais entre as cadeias de polímeros. Uma vez que a rede está saturada de água e permanece molhada, a degradação torna-se limitada ou pode não acontecer e, assim, o decréscimo registrado inicialmente nas propriedades mecânicas do compósito permanece estável após a diminuição inicial¹⁷.

Os valores, tanto de sorção quanto de solubilidade, registrados neste estudo depois de 90 dias de armazenamento em saliva artificial e corroborados por estudos anteriores^{12-14,18}, foram menores do que os valores recomendados para que as resinas compostas sejam indicadas como materiais restauradores, ou seja, sorção inferior a 40 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ e solubilidade menor do que 7,5 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$.¹⁹ A exceção foi a resina Z250, que apresentou solubilidade ligeiramente maior (8,21 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$) do que o valor estabelecido.

Os valores de sorção das duas resinas aumentaram continuamente durante o período de 90 dias. Embora, entre 30 e 90 dias de armazenamento em água, a maioria dos compósitos alcance um platô – após o qual não se espera expansão adicional importante –,¹⁶ os resultados deste estudo mostraram que os valores de sorção das resinas compostas continuaram em elevação, de modo mais lento, com o passar do tempo. Além disso, considerando-se a metodologia aplicada no presente estudo, não

seria possível observar a ocorrência de um platô nos valores de sorção do material. Por isso, sugere-se que outros estudos sejam feitos para maior esclarecimento dessa particularidade.

Pesquisas anteriores mostraram resultados semelhantes aos obtidos neste estudo, com maiores valores de sorção para a resina Z250 em relação à resina P90, nos períodos de um e 30 dias^{12,14}. Entretanto, a ausência de dados na literatura referentes à resina P90, no período de avaliação de 90 dias, impossibilitou a comparação com resultados de outros estudos.

Alta sorção de água potencializa os efeitos indesejáveis sobre a dilatação e a descoloração da resina composta. Aquelas resinas que exibem valores mais elevados de sorção de água apresentam maior dilatação e são mais facilmente coradas por pigmentos hidrofílicos, caso em que a água atua como veículo de penetração²⁰.

A sorção de água é um processo de difusão controlada que ocorre na fração orgânica da resina e parece estar relacionada ao seu potencial de hidrofiliabilidade e à composição química das partículas de carga. Assim, a cinética desse processo pode ser mais lenta ou mais rápida para algumas resinas, a depender de sua composição²⁰.

Os diferentes resultados encontrados para as propriedades de sorção e de solubilidade podem estar relacionados à formulação dos compósitos testados. As resinas compostas, utilizadas neste estudo, apresentam percentual de carga (em volume) semelhante, porém diferenças são encontradas entre os tipos e o tamanho das partículas, e entre os monômeros das matrizes orgânicas.

O compósito P90 é um silorano com matriz orgânica formada pelos monômeros siloxanos e oxiranos, que é mais hidrofóbica do que a matriz orgânica de resinas à base de metacrilatos. Sua matriz inorgânica é constituída basicamente de partículas quartzo, enquanto a resina composta Filtek Z250 apresenta sílica-zircônia como carga inorgânica em uma matriz resinosa de metacrilatos.

Baseando-se nas características dos monômeros resinosos, não seria de se esperar um comportamento mais favorável do compósito Filtek Z250 em relação à resina P90, em função de o seu sistema monomérico possuir características mais hidrofílicas do que o silorano.

Filtek® Z250 contém monômeros de baixa viscosidade e alto peso molecular (Bis-EMA e UDMA), para reduzir o conteúdo de TEGDMA em sua composição. Moléculas grandes não produzem ligações cruzadas muito eficientes e provavelmente formam uma rede polimérica menos densa, facilitando a penetração de solventes¹³. Além disso, UDMA e TEGDMA são monômeros com grande afinidade com a água²¹ e, essa composição, possivelmente, pode responder pelos maiores valores de sorção da resina Filtek® Z250.

Na resina P90, os grupos funcionais da rede do polímero contribuem para maior volume livre (em razão do maior grau de liberdade das terminações da cadeia), o que pode potencializar a penetração do solvente; entretanto, essa penetração é reduzida pelo caráter hidrofóbico da molécula do silorano¹³ e esta característica, possivelmente, responde pela menor sorção apresentada por esta resina.

As resinas compostas testadas apresentaram valores crescentes de solubilidade em função do tempo, o que demonstra que as alterações dos compósitos resinosos imersos em saliva artificial são tempo-dependentes. A medida de solubilidade dos materiais resinosos reflete a quantidade de monômeros residuais liberados para a água²², além de outras substâncias de baixo peso molecular²³, bem como elementos das partículas de carga e fotoiniciadores²². Espera-se que os resultados de solubilidade de uma resina composta estejam relacionados aos de sorção da mesma resina, pois o solvente precisa penetrar no polímero para que os componentes lixiviáveis possam ser liberados para o exterior do material¹³. Entretanto, outros fatores, como o grau de conversão e a densidade da rede de ligações cruzadas, podem ter maior importância na correlação sorção/solubilidade²⁴.

Wei et al.¹⁸ registraram valores de sorção e solubilidade da resina Filtek® Silorano inferiores aos encontrados neste estudo, mesmo depois de 150 dias de imersão em água destilada. Inicialmente, a atividade da água pode ser diminuída pela presença dos sais da saliva, ocorrendo, posteriormente, um reequilíbrio no conteúdo de água²⁵, o que explicaria a similaridade entre as duas resinas constatada no período inicial de um dia. Porém, a degradação corrosiva da carga ocorre rapidamente na presença dos constituintes iônicos da saliva artificial, sugerindo que as resinas compostas liberem mais íons quando expostas à saliva do que à água^{25,26}, resultando em maior solubilidade. Tais comparações, no entanto, devem ser feitas com cautela, enquanto

não houver padronização na composição da saliva artificial utilizada, bem como no tamanho e no manuseio dos espécimes.

Esta pesquisa, como outros estudos *in vitro*, mesmo utilizando saliva artificial à temperatura de 37 °C, não reproduz o desafiante ambiente bucal e, por isso, seus resultados devem ser vistos com cautela, sem pretensão de serem extrapolados para a realidade clínica. No entanto, servem como indicativos para futuros ensaios clínicos direcionados para o melhor entendimento do comportamento clínico das resinas compostas.

CONCLUSÃO

Os valores de sorção e solubilidade das resinas compostas testadas foram influenciados pelo tempo de exposição à saliva artificial. Em alguns tempos de avaliação, a resina composta à base de silorano apresentou melhor desempenho quanto à sorção e à solubilidade do que o compósito à base de metacrilato. Em outros tempos de avaliação, o comportamento das duas resinas foi semelhante.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve suporte financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas – FAPEAL.

REFERÊNCIAS

1. Ferracane JL. Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization. *Dent Mater.* 2005; 21: 36–42. PMID:15681000. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2004.10.004>
2. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties of new composite restorative materials. *J Biomed Mater Res.* 2000; 53: 353-61. [http://dx.doi.org/10.1002/1097-4636\(2000\)53:4<353::AID-JBM9>3.0.CO;2-B](http://dx.doi.org/10.1002/1097-4636(2000)53:4<353::AID-JBM9>3.0.CO;2-B)
3. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure of degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2002; 23: 1819-29. [http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9612\(01\)00308-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0142-9612(01)00308-8)
4. Navarra CO, Cadenaro M, Armstrong SR, Jessop J, Antonioli F, Sergo V, et al. Degree of conversion of Filtek Silorane adhesive system and Clearfil SE Bond within the hybrid and adhesive layer: an in situ Raman analysis. *Dent Mater.* 2010; 25: 1178–85. PMID:19570569. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2009.05.009>
5. Reis A. *Materiais Dentários restauradores diretos: dos fundamentos à aplicação clínica.* São Paulo: Santos; 2007.
6. Weinmann W, Thalacker C, Guggenberger R. Siloranes in dental composite. *Dent Mater.* 2005; 21: 68–74. PMID:15681004. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2004.10.007>
7. Santerre JP, Shajii L, Leung BW. Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2001; 12: 136-51. PMID:11345524. <http://dx.doi.org/10.1177/10454411010120020401>
8. Al-Boni R, Raja OM. Microleakege evaluation of silorane based composite versus methacrylate based composite. *J Conserv Dent.* 2010; 13: 152-5. PMID:21116392 PMID:2980613. <http://dx.doi.org/10.4103/0972-0707.71649>
9. Hahnel S, Henrich A, Bürgers R, Handel G, Rosentritt M. Investigation of mechanical properties of modern dental composites after artificial aging for one year. *Oper Dent.* 2010; 35: 412-9. PMID:20672725. <http://dx.doi.org/10.2341/09-337-L>
10. Kopperud HM, Schmidt M, Kleven IS. Elution of substances from a silorane-based dental composite. *Eur J Oral Sci.* 2010; 118: 100–2. PMID:20156272. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.2009.00697.x>
11. Eick JD, Smith RE, Pinzino CS, Kostoryz EL. Stability of silorane dental monomers in aqueous systems. *J Dent.* 2006; 34: 405–10. PMID:16288948. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jdent.2005.09.004>
12. Palin WM, Fleming GJP, Burke FJT, Marquis PM, Randall RC. The influence of short and medium-term water immersion on the hydrolytic stability of novel low-shrink dental composites. *Dent Mater.* 2005; 21: 852–63. PMID:15935464. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2005.01.004>
13. Boaro LC, Gonçalves F, Guimarães TC, Ferracane JL, Pfeifer CS, Braga RR. Sorption, solubility, shrinkage and mechanical properties of “low-shrinkage” commercial resin composites. *Dent Mater.* 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.006>. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.01.006>

14. Schneider LFJ, Cavalcante LM, Silikas N, Watts DC. Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites. *J Oral Sci.* 2011; 53: 413-9. PMID:22167024. <http://dx.doi.org/10.2334/josnusd.53.413>
15. Toledano M, Osorio R, Osorio E, Fuentes V, Prati C, Garcia-Godoy F. Sorption and solubility resin-based restorative dental materials. *J Dent.* 2003; 31: 43-50. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712\(02\)00083-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712(02)00083-0)
16. Heintze SD, Zimmerli B. Relevance of in-vitro tests of adhesive and composite dental materials. Part 2: non-standardized tests of composite materials. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2011; 121: 916-30. PMID:22025204.
17. Ferracane JL, Berge HX, Condon JR. In vitro aging of dental composites in water – effect of degree of conversion, filler volume, and filler/matrix coupling. *J Biomed Mater Res.* 1998; 42: 465-72. [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4636\(19981205\)42:3<465::AID-JBM17>3.0.CO;2-F](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4636(19981205)42:3<465::AID-JBM17>3.0.CO;2-F)
18. Wei Y-J, Silikas N, Zhang Z-T, Watts DC. Diffusion and concurrent solubility of self-adhering and new resin-matrix composites during water sorption/desorption cycles. *Dent Mater.* 2011; 27: 197-205. PMID:21084109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.014>
19. International Organization for Standardization. ISO 4049: Dentistry polymer-based filling, restorative and luting materials. Switzerland; 2009.
20. Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM. Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater.* 1994; 10: 353-62. [http://dx.doi.org/10.1016/0109-5641\(94\)90059-0](http://dx.doi.org/10.1016/0109-5641(94)90059-0)
21. Örtengren U, Andersson F, Elgh U, Terselius B, Karlsson S. Influence of pH and storage time on the sorption and solubility behaviour of three composite resin materials. *J Dent.* 2001; 29: 35-41. [http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712\(00\)00055-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0300-5712(00)00055-5)
22. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dent Mater.* 2006; 22: 211-22. E-pub 2005 Aug 8.
23. Söderholm KJ, Zigan M, Ragan M, Fischlschweiger W, Bergman M. Hydrolytic degradation of dental composites. *J Dent Res.* 1984; 63: 1248-54. PMID:6592209. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345840630101701>
24. Floyd CJ, Dickens SH. Network structure of Bis-GMA- and UDMA-based resin systems. *Dent Mater.* 2006; 22: 1143-9. PMID:16376422. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2005.10.009>
25. Musanje L, Darvell BW. Aspects of water sorption from the air, water and artificial saliva in resin composite restorative materials. *Dent Mater.* 2003; 19: 414-22. [http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641\(02\)00085-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0109-5641(02)00085-4)
26. Söderholm K-JM, Mukherjee R, Longmate J. Filler leachability of composites stored in distilled water or artificial saliva. *J Dent Res.* 1996; 75: 1692-9. <http://dx.doi.org/10.1177/00220345960750091201>

CONFLITOS DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Isabel Cristina Celerino de Moraes Porto

Núcleo de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Odontologia Restauradora, Centro Universitário CESMAC,
Rua Cônego Machado, 918, Farol, 57051-160 Maceió - AL, Brasil
e-mail: isabel.porto@cesmac.com.br ; isabelcmporto@gmail.com

Recebido: 05/01/2013

Aprovado: 09/05/2013