

Resistência à compressão, flexão e tração diametral de cimentos resinosos em tempos diferentes de armazenamento

Compressive, flexural and diametral tensile strength of resin cements in different storage times

Maria Nadilza Aires Galvão(1), William Cunha Brandt(2), Milton Edson Miranda(3), Rafael Pino Vitti(4)

1 Departamento de Prótese Dental, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas (SLMandic), SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4804-813X> | E-mail: mnadilza@hotmail.com

2 Departamento de Implantodontia, Faculdade de Odontologia, Universidade Santo Amaro (Unisantia), São Paulo, SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6362-0499> | E-mail: williamcbrandt@yahoo.com.br

3 Departamento de Prótese Dental, Faculdade de Odontologia, São Leopoldo Mandic, Campinas (SLMandic), SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5410-6500> | E-mail: memiranda@memiranda.com.br

4 Departamento de Prótese Dental, Faculdade de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté (Unitau), SP, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6366-5868> | E-mail: rafapvitti@gmail.com

Journal of Oral Investigations, Passo Fundo, vol. 7, n. 2, p. 58-68, Jul.-Dez., 2018 - ISSN 2238-510X

[Recebido: Junho 14, 2018; Aceito: Julho 17, 2018]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2238-510X.2018.v7i2.2777>

Endereço correspondente / Correspondence address

Rafael Pino Vitti

Universidade de Taubaté

Rua dos Operários, 09

Taubaté-SP

CEP: 12020-270

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor-chefe: Aloísio Oro Spazzin

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Objetivos: O objetivo desse estudo foi avaliar a resistência à compressão, tração diametral e flexão de dois cimentos resinosos de presa dual. **Métodos:** foi utilizado o cimento autoadesivo RelyX U200 (3M ESPE) e o cimento convencional Variolink II (Ivoclar Vivadent). Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos com 4mm de diâmetro x 6mm de altura para o teste de compressão, 6mm de diâmetro x 2mm de altura para o teste de tração diametral (ISO 9917-1:2007) e em forma de barra com 25mm de comprimento x 2mm de altura e largura para o teste de flexão três pontos (ISO 4049:2009). As amostras foram armazenadas por 24h (n = 10) e 45 dias (n = 10) em água destilada a 37°C. Os testes foram realizados em uma máquina universal de ensaios EMIC (DL 2000) com uma célula de carga de 2000 Kgf para o teste de compressão e 200 Kgf para os testes de tração diametral e flexão, à uma velocidade de 0,5 mm/min. Os dados foram submetidos à análise de variância dois critérios (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%). **Resultados:** os resultados mostraram valores estatisticamente similares para todas as propriedades mecânicas avaliadas entre todos os cimentos e tempos de armazenamento estudados. **Conclusões:** A composição química dos cimentos resinosos e o armazenamento em água por 45 dias não foram suficientes para ocasionar alterações nas propriedades mecânicas avaliadas nesse estudo.

Palavras-chave: Força compressiva; Resistência à tração; Adesividade.

Abstract

Objectives: the aim of this study was to evaluate the compressive, diametral tensile and flexural strength of two dual resin cements. **Materials and methods:** RelyX U200 self-adhesive cement (3M ESPE) and the conventional Variolink II cement (Ivoclar Vivadent) were used. The test consisted in the preparation of cylindrical specimens measuring 4mm diameter x 6mm height for compression test, 6mm diameter x 2mm height for diametral tensile test (ISO 9917-1: 2007) and in shape of bar with 25mm length x 2mm height and width for three-point bending test (ISO 4049: 2009). The samples were stored for 24 h (n = 10) and 45 days (n = 10) in distilled water at 37°C. The tests were performed in a universal EMIC testing machine (DL 2000) with a load of 2000 Kgf for compressive test and 200 Kgf for diametral tensile and flexural strength tests at a crosshead speed of 0.5 mm/min. The data were submitted to analysis of variance (two-way ANOVA), and the means were compared by the Tukey test (5%). **Results:** the results showed statistically similar values of all the mechanical properties evaluated between all the resin cements and storage times. **Conclusions:** The chemical composition of the resin cements and storage in water for 45 days were not enough to cause changes in the mechanical properties evaluated in this study.

Keywords: Compressive strength; Tensile strength; Adhesiveness.

Introdução

As peças protéticas (metálicas, metaloplásticas ou metalocerâmicas) são mantidas unidas ao dente por meio de embricamento mecânico entre o substrato dentário e a superfície interna do material restaurador, associado ao uso de cimentos, como o cimento de fosfato de zinco, que não possui nenhuma propriedade adesiva (interação química) com os substratos envolvidos. Os eventos mais significativos na Odontologia adesiva só foram possíveis devido à proposta do condicionamento ácido do esmalte (1) e com o desenvolvimento da resina composta (2). Com o aperfeiçoamento desses materiais foi possível o desenvolvimento de uma variedade de cimentos à base de monômeros resinosos (3).

A composição dos cimentos resinosos é semelhante à das resinas compostas restauradoras. São compostos por uma matriz orgânica formada por monômeros, tais como o BisGMA (bisfenol A-glicidil metacrilato) e UDMA (uretano dimetacrilato) em combinação com monômeros diluentes, que possuem menor peso molecular, como o TEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilato). A função dos monômeros diluentes é controlar a viscosidade e melhorar as características de manipulação, reduzir a contração de polimerização e/ou tensões residuais, aumentar o grau de conversão monomérico e melhorar as características estéticas (3-4). Essa é a composição básica dos cimentos resinosos chamados “convencionais”, os quais necessitam da aplicação prévia de sistemas adesivos (3-6).

Os cimentos também podem conter diferentes tipos de monômeros resinosos adesivos ácido-funcionais. São monômeros metacrilatos que possuem um grupamento ácido carboxílico ou fosfórico em sua estrutura molecular. O 4-metacriloxietil trimelitano anidro (4-META) é um monômero ácido carboxílico. Por sua vez, como exemplo de monômero ácido fosfórico, temos o 10-metacrilatoiloxidecil di-hidrogênio fosfato (10-MDP) que é responsável por interagir quimicamente com a hidroxiapatita e, aliada à sua estabilidade em meio aquoso, proporciona uma adesão estável ao dente. Esses monômeros funcionais estão presentes na composição dos cimentos chamados “autoadesivos”, os quais dispensam o uso de sistemas adesivos (3,5-6).

Além da adesão química, o mecanismo de união depende também de uma interação mecânica do cimento resinoso com o substrato dental. Isto é atribuído aos monômeros ácidos que simultaneamente desmineralizam e infiltram o substrato dentário resultando em retenção micromecânica, principal mecanismo de união ao esmalte (7).

Na composição química dos cimentos resinosos também estão presentes as cargas inorgânicas (partículas de vidro e/ou sílica coloidal) tratadas com silano (3,8-9). De acordo com o tipo de partículas, esses cimentos podem ser classificados em microparticulados, híbridos e nanoparticulados. Os microparticulados possuem

partículas com tamanho médio de $0,04\mu\text{m}$ e seu conteúdo varia de 46 a 48% em volume. Os híbridos apresentam partículas com tamanho médio de $0,6$ a $2,4\mu\text{m}$ e seu conteúdo, em volume, varia de 52 a 60% (8-9). Já os nanoparticulados possuem partículas menores que 100nm e volume de até 60% (9).

Os dentes, assim como os cimentos resinosos utilizados em restaurações, estão sujeitos às forças de compressão e flexão impostas pelos elementos dentais antagonistas (oclusão). Todas as propriedades mecânicas dos materiais dentários consistem em medidas da resistência de um material às deformações, propagação de trincas ou fratura sob tensões (10-11). Assim, os ensaios laboratoriais constituem um recurso para simular as forças e tensões que ocorrem no meio bucal e avaliar o desempenho dos materiais dentários sob essas condições (10).

O objetivo desse estudo foi avaliar a resistência à compressão, flexão e tração diametral de cimentos resinosos de dupla polimerização (*dual*) em tempos diferentes de armazenamentos. A hipótese testada seria que o cimento resinoso convencional apresentasse os maiores resultados de resistência mecânica após 24h e 45 dias de armazenamento.

Materiais e Métodos

O delineamento experimental está descrito na Tabela 1 e os materiais utilizados nesse trabalho são relatados na Tabela 2.

Tabela 1. Delineamento experimental

Unidade experimental	Corpos de prova de cimentos resinosos em diferentes formatos.
Fatores em estudo	1) Tipo de cimento resinoso (2 níveis): - convencional e autoadesivo 2) Tempo de armazenamento (2 níveis): - 24h e 45 dias.
Variável resposta	1) Resistência à compressão. 2) Resistência à tração diametral. 3) Resistência à flexão 3 pontos.

Tabela 2. Material, fabricante, lote e composição dos cimentos testados

Material	Fabricante / Lote	Composição
Cimento resinoso <i>dual</i> autoadesivo RelyX U200	3M ESPE / Lote: 621335	Partículas de vidro, sílica, hidróxido de cálcio, iniciadores, ésteres fosfóricos metacrilato, dimetacrilatos, acetato, estabilizadores, pigmentos, partículas de carga.
Cimento resinosos <i>dual</i> convencional Variolink II	Ivoclar Vivadent / Lote: V09787	BisGMA, UDMA, TEGDMA, cargas inorgânicas (sílica, vidro, fluorossilicato, bário-alumínio, trifluoreto de itérbio) catalisadores, estabilizadores e pigmentos.

BisGMA: bisfenol A-glicidil metacrilato; UDMA: uretano dimetacrilato; TEGDMA: trietilenoglicol dimetacrilato.

Para cada um dos testes em cada tempo de armazenamento, 24h e 45 dias, (n = 10) foram confeccionadas amostras cilíndricas com 4mm de diâmetro e 6mm de altura para o teste de compressão, e 6mm de diâmetro e 2mm de altura para o teste de tração diametral (12). Já para o teste de resistência à flexão três pontos as amostras tinham a forma de barra com 25mm de comprimento, 2mm de largura e 2mm de espessura (13). As matrizes utilizadas na fabricação das amostras foram confeccionadas com silicone polimerizado por adição de viscosidade densa (Futura AD, DFL, Rio de Janeiro, Brasil). Os cimentos foram manipulados de acordo com as especificações de seus respectivos fabricantes e vertidos nas matrizes específicas de acordo com cada teste.

Uma tira de poliéster (Airon, Maquira Indústria de Produtos Odontológicos SA, Maringá, Brasil) e uma placa de vidro de 45g lisa/polida (Jon Produtos Odontológicos, São Paulo, Brasil) foram utilizadas para remoção do excesso e planificação da superfície do cimento. O aparelho utilizado para a fotoativação foi o Demetron (LC, Chicago, EUA), tendo a irradiância aferida por um radiômetro (Newdent Equipamentos LTDA, Ribeirão Preto, Brasil), usando 450 mw/cm² de irradiância. A fotoativação ocorreu por 40s na face superior e inferior das amostras cilíndricas. Nas amostras em forma de barra a fotoativação foi realizada em três partes em cada face para que a luz atingisse igualmente toda a amostra.

Após a fotoativação das amostras e remoção das matrizes foi realizado o acabamento e polimento com o uso de lixa d'água #320 (3M ESPE, Sumaré, Brasil), manualmente. Depois dos procedimentos de acabamento e polimento, as amostras, tiveram suas dimensões aferidas com o paquímetro digital (Absolute Digimatic, Mitutoyo, Suzano, Brasil).

Em seguida as amostras foram lavadas em uma cuba ultrassônica (Cristófoli, Campo Mourão, Brasil) com água destilada por 4 minutos para eliminação de resíduos, sendo posteriormente colocados em frascos plásticos com tampa e imersos em água

destilada, estocados em estufa (Odontobrás LTDA, Ribeirão Preto, Brasil) a 37°C e armazenados por 24h (n=10) e 45 dias (n=10). A água dos frascos com as amostras foi trocada semanalmente.

Os ensaios mecânicos de resistência à compressão, flexão e tração diametral foram realizados em uma máquina de ensaio universal EMIC (DL 2000 São José dos Pinhais, Brasil) com uma célula de carga de 2000kgf para o teste de compressão e 200 kgf para os testes de tração diametral e flexão à uma velocidade de 0,5mm/min até a ruptura de cada corpo de prova. Para o teste de resistência à compressão, os corpos de prova foram montados verticalmente ao dispositivo com a superfície plana ligada à máquina de ensaio universal para realização da força compressiva. Já para o ensaio de resistência à tração diametral, os corpos de prova foram montados diametralmente entre as superfícies de dois cilindros de metal e aplicada a força compressiva. O teste de flexão de três pontos foi utilizado para investigar a resistência à flexão suportado por dois cilindros inferiores distantes 16mm e uma ponta superior aplicou a força no centro do corpo de prova.

Após ter sido verificado o atendimento às pressuposições de normalidade (teste de Kolmogorov-Smirnov), os dados foram submetidos à análise de variância a dois critérios (ANOVA 2 fatores), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%).

Resultados

A análise estatística mostrou que os cimentos resinosos RelyX U200 e Variolink II apresentaram valores médios de resistência à compressão, tração diametral e flexão que não diferiram estatisticamente entre si em ambos os tempos de armazenamento (24 horas e 45 dias) analisados ($p>0,05$) (Tabela 3). A armazenagem das amostras também não influenciou nos valores de resistência mecânica entre os cimentos testados ($p>0,05$). Também não houve interação significativa entre os diferentes fatores estudados (cimento resinoso x tempo de armazenamento) ($p>0,05$).

Tabela 3. Médias (MPa) e desvio padrão (DP) dos ensaios realizados para os diferentes cimentos resinosos utilizados

Cimento	24 horas	45 dias
Resistência à compressão		
RelyX U200	165,53 ($\pm 61,94$)	153,89 ($\pm 35,77$)
Variolink II	211,55 ($\pm 51,33$)	215,86 ($\pm 75,44$)
Resistência à tração diametral		
RelyX U200	39,51 ($\pm 4,23$)	38,21 ($\pm 8,81$)
Variolink II	38,21 ($\pm 6,74$)	34,99 ($\pm 6,29$)
Resistência à flexão (MPa)		
RelyX U200	8,73 ($\pm 1,95$)	6,27 ($\pm 1,75$)
Variolink II	9,05 ($\pm 2,07$)	7,93 ($\pm 4,36$)

Discussão

Nesse estudo foram testados dois cimentos resinosos amplamente utilizados na Odontologia, um convencional e outro autoadesivo. A hipótese apresentada no presente estudo foi negada, uma vez que os resultados mostraram que não houve diferenças estatisticamente significantes entre os cimentos testados nos diferentes tempos de armazenamento, o que corrobora com os resultados obtidos em outros estudos (14-15).

A similaridade nos resultados dos testes realizados nesse estudo pode ser justificada pela composição básica dos dois cimentos testados e o modo de polimerização. A composição monomérica do cimento resinoso tem grande influência em suas propriedades mecânicas (5-6,9). Monômeros menos rígidos, como o TEGDMA, permitem a mistura e a diluição dos monômeros mais viscosos (rígidos), além de elevarem o grau de conversão monomérica em função da sua mobilidade. Entretanto, os monômeros flexíveis contribuem menos com a rigidez da estrutura polimérica, além de serem mais susceptíveis aos fatores extrínsecos de degradação (16). Já o BisGMA e o UDMA, em função da alta rigidez, aumentam a densidade de ligações cruzadas dos polímeros. Assim, monômeros rígidos são importantes na formação de polímeros mais homogêneos e resistentes mecanicamente (5-6,16).

As partículas de carga presentes nos dois materiais estudados também têm a função de melhorar as propriedades mecânicas, reduzir a contração de polimerização e diminuir a absorção de água (4,8-9), contribuindo dessa forma para a similaridade dos resultados obtidos nesse estudo. A união química entre as duas fases (orgânica e inorgânica) é dada pelo agente de união (silano) (3,8-9,16) também presente nos dois cimentos testados. O agente de união corretamente aplicado também pode contribuir para melhorar as propriedades físicas, químicas e inibir a lixiviação através da prevenção da penetração de água ao longo da interface resina-partícula de carga (5,9,11,16).

Os elementos constituintes que diferenciam os dois cimentos resinosos testados estão relacionados à auto adesividade do cimento RelyX U200 ao substrato dentário e por isso não interferiram nos resultados dos testes realizados. São os *primers* que têm a capacidade combinada de condicionar e infiltrar a dentina, sendo assim classificados como auto condicionantes, como o HEMA, 10-MDP, 4-META, Fenil-P e o MAC-10 (3,5-7). A concentração desses monômeros ácidos nesses materiais deve ser equilibrada para, ao mesmo tempo, evitar a hidrofília e degradação do polímero e alcançar um satisfatório grau de auto adesividade com a dentina e o esmalte (17).

Uma outra preocupação relatada em outros estudos em relação à presença dos monômeros ácidos funcionais nos cimentos resinosos autoadesivos é a redução do grau de conversão, principalmente quando a polimerização química está presente (cimentos resinosos duais) devido ao risco do menor pH do material interferir na reação entre a amina terciária e a canforquinona. Furuichi et al. (18) avaliaram que os cimentos

resinosos autoadesivos possuem menores valores de flexão e maior desgaste que os cimentos resinosos convencionais. Os autores relacionaram esses resultados a presença dos monómeros ácidos funcionais contidos nos cimentos autoadesivos que interferem no grau de conversão e diminuem a resistência mecânica dos mesmos.

No presente estudo também não houve diferença estatisticamente significativa entre os tempos de armazenamento (24h e 45 dias) em água destilada (37°C). Porém, Duymus et al. (19) obteve em seu estudo que o tempo de armazenamento em água destilada a 37°C aumentou a resistência flexural dos cimentos resinosos. Essa contradição nos resultados obtidos pode ser justificada pelos diferentes cimentos utilizados nos dois estudos (propriedades físico-químicas variadas), uma vez que entre os cimentos testados por Duymus et al. (19) está um cimento resinoso autoadesivo *dual* (Panavia F) que apresenta o monômero Bis-GMA como principal componente resinoso, além de um alto conteúdo (em volume) de partículas de carga, influenciando diretamente nos valores de resistência flexural.

Em relação ao desempenho dos cimentos resinosos em meio aquoso, os materiais resinosos estudados apresentam caráter hidrófobo pela presença de dimetacrilatos, como o BisGMA, TEGDMA, UDMA, os quais também formam fortes ligações intermoleculares. Entretanto, a natureza polar da ligação éster dos monômeros dimetacrilatos levam à absorção de água e gradual hidrólise, o que compromete as propriedades físico-mecânicas do material (5). A estabilidade hidrolítica também é comprometida pelo grau de conversão monomérica (4,20). A conversão dos monômeros em polímeros nunca é completa e sempre permanece no interior da massa consideráveis quantidades de grupos metacrilatos não reagidos (monômeros residuais). A principal dificuldade para a obtenção de um alto índice de conversão monomérica decorre de limitações na mobilidade dos monômeros, imposta pela rápida formação de uma rede polimérica de cadeias cruzadas durante a polimerização (20). A difusão da água na matriz resinosa causa dois fenômenos opostos. Durante a absorção de água, ocorre a liberação de monômeros residuais e solúveis, além de íons que são responsáveis pela contração adicional da resina e pelo aparecimento de porosidades internas (21). Ao mesmo tempo, a absorção de água pode determinar a expansão higroscópica da resina, com aumento do seu volume e peso (22). A água rompe as ligações intermoleculares existentes entre as moléculas de polímeros, enfraquecendo-o mecanicamente. Ao longo do tempo a água também é capaz de romper a ligação entre a carga. A partir desse momento, sob quaisquer tensões mastigatórias haverá concentrações de tensões ao redor das partículas, ocasionando rachaduras na matriz orgânica que pode levar à redução das propriedades mecânicas (21). Associada à degradação hidrolítica do cimento resinoso no meio bucal ocorre também a infiltração de enzimas salivares e bactérias nas margens entre o dente e a restauração (23).

A justificativa para a ausência de degradação hidrolítica dos cimentos resinosos que pudesse diminuir as propriedades mecânicas neste estudo, se refere ao curto

período de armazenamento das amostras em água (45 dias). Estudos mostram que os efeitos da água nos corpos de prova de cimentos resinosos ocorrem após longos períodos de armazenagem, como um ano ou mais de envelhecimento (24-25).

Apesar de pequenas diferenças na composição química dos cimentos testados, o método de polimerização parece exercer mais efeito nas propriedades dos cimentos, pois ambos os cimentos duais tiveram as propriedades físicas (compressão, flexão e tração diametral) similares entre si. Os resultados mostraram que a evolução tecnológica dos agentes cimentantes está possibilitando o surgimento de diferentes cimentos resinoso com semelhantes propriedades mecânicas, favorecendo a praticidade na técnica operatória de procedimentos de cimentação. Novos estudos devem ser realizados no sentido de melhorar a compreensão das reações que ocorre com o cimento resinoso no meio bucal a longo prazo, principalmente com os cimentos autoadesivos devido aos componentes ácidos presentes em sua composição.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos nesse estudo concluiu-se que independentemente da composição química dos cimentos resinosos estudados não houve diferenças nos valores das propriedades mecânicas testadas e que tempo o armazenamento em água por 45 dias não foi suficiente para ocasionar alterações nas propriedades mecânicas.

Referências

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic fillings to enamel surfaces. *J Dent.* 1955;34(6):849-53. doi: <https://doi.org/10.1177/00220345550340060801>
2. Bowen RI. Dental filling material comprising vinyl-silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glicide acrilate. US Patent. 1962;3:066-112.
3. Manso AP, Carvalho RM. Dental cements for luting and bonding restorations: self-adhesive resin cements. *Dent Clin North Am.* 2017;61(4):821-34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cden.2017.06.006>
4. BinMahfooz AM, Qutub OA, Marghalani TY, Ayad MF, Maghrabi AA. Degree of conversion of resin cement with varying methacrylate compositions used to cement fiber dowels: A Raman spectroscopy study. *J Prosthet Dent.* 2017;15(17):30630-3. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2017.09.002>
5. Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res.* 2004;83(6):454-8. doi: <https://doi.org/10.1177/154405910408300604>
6. Yoshihara K, Hayakawa S, Nagaoka N, Okihara T, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Etching efficacy of self-etching functional monomers. *J Dent Res.* 2018;1:22034518763606. doi: <https://doi.org/10.1177/0022034518763606>
7. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, De Munck J, Van Landuyt KL. State of the art of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2011;27(1):17-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>
8. Shinkai K, Taira Y, Suzuki S, Kawashima S, Suzuki M. Effect of filler size and filler loading on wear of experimental flowable resin composites. *J Appl Oral Sci.* 2018;1;26:e20160652. doi: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2016-0652>
9. Chan KHS, Mai Y, Kim H, Tong KCT, Ng D, Hsiao JCM. Review: resin composite filling. *Materials (Basel).* 2010;3(2):1228-43. doi: <https://doi.org/10.3390/ma3021228>
10. Heintze SD, Ilie N, Hickel R, Reis A, Loguercio A, Rousson V. Laboratory mechanical parameters of composite resins and their relation to fractures and wear in clinical trials - a systematic review. *Dent Mater.* 2017;33(3):e101-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.11.013>
11. Ferracane JL. Resin-based composite performance: Are there some things we can't predict? *Dent Mater.* 2013;29(1):51-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.06.013>
12. ANSI-ADA specification No 96. (ISO 9917-1) Water based dental cement. American National Standard Institute, Revised; 2007.
13. ANSI-ADA specification No 27. (ISO 4049) Polymer based restorative materials. American National Standard Institute, Revised; 2009.

14. Kim AR, Jeon YC, Jeong CM, Yun MJ, Choi JW, Kwon YH, et al. Effect of activation modes on the compressive strength, diametral tensile strength and microhardness of dual-cured self-adhesive resin cements. *Dent Mater J.* 2016;35(2):298-308. doi: <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-056>
15. Brondani LP, Preira-Crei T, Wandeshner VF, Pereira GK, Valandro LF, Bergoli CD. Longevity of metal-ceramic crowns cemented with self-adhesive resin cement: a prospective clinical study. *Braz Oral Res.* 2017;31:e 22. doi: <https://doi.org/10.1590/1807-3107BOR-2017.vol31.0022>
16. Barszczewska-Rybarek IM. Structure-property relations hips in dimetacrylate networks based on BIS-GMA, UDMA AND TEGDMA. *Dent Mater.* 2009;25(9):1082-9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.01.106>.
17. Ferracane JL, Stansbury JW, Burke FJT. Self-adhesive resin cements – chemistry, properties and clinical considerations. *J Oral Rehabili.* 2011;38(4):295-314. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2010.02148.x>
18. Furuichi T, Takamizawa T, Tsujimoto A, Miyazaki M, Barkmeier WW, Latta MA. Mechanical properties and sliding-impact wear resistance of self-adhesive resin cements. *Oper Dent.* 2016;41(3):E83-92. doi: <https://doi.org/10.2341/15-033-L>
19. Duymus ZY, Yanikoğlu ND, Alkurt M. Evaluation of the flexural strength of dual-cure composite resin cements. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2013;101(5):878-81. doi: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.32892>
20. Noronha Filho JD, Brandão NL, Poskus LT, Guimarães JGA, Silva EM. A critical analysis of the degree of conversion of resin-based luting cements. *J Appl Oral Sci.* 2010;18(5):442-6. doi: <https://doi.org/10.1590/S1678-77572010000500003>
21. Yap AU, Wee KE. Effects of cyclic temperature changes on water sorption and solubility of composite restoratives. *Oper Dent.* 2002;27(2):147-53.
22. Pedreira APRV, Pegoraro LF, Góes MF, Pegoraro TA, Carvalho RM. Microhardness of resin cements in the intraradicular environment: effects of water storage and softening treatment. *Dent Mater.* 2009;25(7):868-76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.01.096>
23. Devaliz Y, Finer Y, Santerre JP. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: A rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. *Dent Mater.* 2014; 30(1):16-32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.08.201>
24. Blumer L, Schmidli F, Weiger, Fischer J. A systematic approach to standardize artificial aging of resin composite cements. *Dent Mater.* 2015;31(7):855-63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.04.01531>
25. Rohr N, Fischer J. Effect of aging and curing mode on the compressive and indirect tensile strength of resin composite cements. *Head Face Med.* 2017;13(1):22. doi: <https://doi.org/10.1186/s13005-017-0155-z>