

Avaliação das propriedades mecânicas de cimentos resinosos convencionais e autocondicionantes

Lucianne Lucio e Silva GUEDES^a, Elisabeth Cristina Gomes de MATTOS^a, Izo Milton ZANI^b, Luiz Henrique Maykot PRATES^b, Marcelo Carvalho CHAIN^b

^a*Mestranda em Odontologia, Área de Materiais Dentários, UFSC, 88040-900 Florianópolis - SC, Brasil*

^b*Departamento de Estomatologia, UFSC, 88040-900 Florianópolis - SC, Brasil*

Guedes LLS, Mattos ECG, Zani IM, Prates LHM, Chain MC. Mechanical properties evaluation of conventional and self-etching resin cements. Rev Odontol UNESP. 2008; 37(1): 85-89.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades mecânicas de quatro cimentos resinosos de dupla ativação: dois convencionais (Enforce F, Dentsply e RelyX ARC, 3M ESPE) e dois autocondicionantes (RelyX Unicem, 3M ESPE e Maxcem, Kerr). As propriedades analisadas foram resistência à compressão, à tração diametral e flexural. Os testes de resistência à compressão e à tração diametral foram realizados de acordo com o método descrito na especificação nº 96/1994-ADA. O teste de resistência flexural foi baseado na especificação nº 4049/2000-ISO. Os resultados foram analisados por ANOVA e pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Não houve diferença significativa na resistência à tração diametral entre os quatro cimentos testados. Para resistência compressiva e flexural, RelyX ARC (3M ESPE) mostrou resultados superiores aos dois cimentos autocondicionantes e similares ao do Enforce F (Dentsply).

Palavras-chave: *Cimentação; cimentos dentários; força compressiva; resistência à tração.*

Abstract: The purpose of this study was to evaluate the mechanical properties of four dual-cured resin cements: two conventional (Enforce F, Dentsply and RelyX ARC, 3M ESPE) and two self-etching (RelyX Unicem, 3M ESPE and Maxcem, Kerr). Properties analyzed were compressive, diametral tensile and flexural strength. The compressive and diametral tensile strength were accomplished according to the method described in the specification nº 96/1994-ADA. The flexural strength test was based on specification nº 4049/2000-ISO. The results were analyzed by ANOVA and Tukey's Test ($p < 0.05$). There was no significant difference in diametral tensile strength among the four cements tested. For compressive and flexural strength, RelyX ARC (3M ESPE) was similar to Enforce F (Dentsply) and superior to the self-etching resin cements.

Keywords: *Cementation; dental cements; compressive strength; tensile strength.*

Introdução

Durante os últimos anos, observam-se a evolução e o aprimoramento das resinas compostas e materiais destinados à adesão às estruturas dentais. Verifica-se também o desenvolvimento e a busca por excelência dos materiais para fixação, tanto para a cimentação de peças protéticas quanto de artefatos ortodônticos. Com o surgimento dos cimentos à base de resina, as limitadas propriedades mecânicas e a solubilidade relativamente alta no meio bucal apresentadas pelos cimentos tradicionais, como de poliacrilato, de fosfato de zinco e de óxido de zinco eugenol, estão sendo amenizadas.

Muitos cimentos resinosos estão disponíveis em sistema de ativação dupla, os chamados "duais", nos quais existe associação dos processos de ativação química e de fotoativação, baseada na utilização da luz visível azul, oferecendo melhora significativa das propriedades físicas e mecânicas. Essa associação contribui para que ocorram poucas objeções relacionadas ao desempenho da retenção das peças protéticas e ortodônticas cimentadas com esses cimentos, quando comparadas com os cimentos de ativação única e tradicional. Sendo assim, dúvidas recaem sobre as distintas composições químicas de cimentos resinosos, já

que novas formulações surgem periodicamente. Recentemente foram disponibilizados no comércio odontológico os cimentos resinosos duais autocondicionantes, justificando, portanto, a realização de novas avaliações comparativas entre esses materiais e os cimentos resinosos de ativação dual já existentes. As propriedades mecânicas estão entre as que merecem maior atenção, pois um estudo de Grieve¹ demonstrou correlação positiva entre a resistência mecânica dos cimentos tradicionais, como de fosfato de zinco, com a resistência retentiva de peças protéticas cimentadas com os mesmos materiais. Braga et al.² pesquisaram a resistência flexural, o módulo flexural e a dureza dos cimentos resinosos e não encontraram correlação entre resistência flexural e dureza, indicando que outros fatores, além do grau de conversão, como por exemplo, o conteúdo de carga e o tipo de monômero, interferem na resistência flexural dos cimentos. Também não foi observada diferença estatística no módulo flexural entre diferentes grupos.

Attar et al.³ compararam a resistência flexural, o módulo de elasticidade, a radiopacidade e pH de cinco tipos de cimentos (fosfato de zinco, ionômero de vidro convencional e modificado por resina, resinoso de fotoativação dual e autopolimerizável). Dentro das limitações do estudo, os dados mostraram extensa variação das propriedades dos materiais. Os cimentos de resina de ativação dual revelaram a melhor combinação de propriedades físicas e mecânicas com o mais alto pH durante a presa. Foi observado também que a fotoativação dos cimentos resinosos era necessária para maximizar a resistência e a rigidez.

Piwowarczuk, Lauer determinaram o efeito do armazenamento em água na resistência flexural e à compressão de doze diferentes cimentos para fixação, além da influência do método de ativação nas propriedades mecânicas. Fosfato de zinco, cimento de ionômero de vidro convencional e modificado por resina, cimento resinoso dual e cimento resinoso auto-adesivo foram avaliados. Os cimentos resinosos apresentaram os mais altos valores de resistência flexural e compressiva, seguidos pelo cimento resinoso auto-adesivo. Esses materiais foram mais resistentes do que os cimentos de ionômero de vidro modificado por resina e os cimentos de fosfato de zinco, com diferença estatística significativa.

Kumbuloglu et al.⁵ avaliaram a microdureza de superfície e a resistência flexural e compressiva de cinco cimentos para fixação. Adicionalmente, compararam o grau de conversão de quatro cimentos resinosos na forma dual e autopolimerizável, utilizando o cimento de policarboxilato como grupo controle. Verificaram que cimentos resinosos de características químicas similares diferiam em suas propriedades físicas e que o método de ativação tinha influência sobre os níveis de conversão de polimerização.

Miranda et al.⁶ investigaram a resistência mecânica de cimentos resinosos de dupla ativação utilizando ensaios de resistência à compressão e resistência flexural. Os testes

foram baseados na especificação nº 27 da ADA (Associação Dental Americana). Com relação à resistência à compressão, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os cimentos avaliados; entretanto, a resistência flexural apresentou diferença entre os cimentos.

Corrêa et al.⁷ avaliaram a resistência flexural de cimentos resinosos duais. Para tanto, utilizaram ensaio de flexão de três pontos, com metodologia baseada na especificação nº 4049 da ISO (Organização Internacional para Padronização), porém com alteração das dimensões dos espécimes para 9 x 1 x 1 mm, objetivando aprimorar o método. Verificaram que dois dos cimentos resinosos estudados apresentaram médias de resistência à flexão significativamente maior em relação aos outros cimentos avaliados.

Assim sendo, o objetivo deste estudo foi avaliar, comparativamente, propriedades mecânicas de quatro cimentos resinosos de dupla ativação, sendo dois tradicionais (Enforce F - Dentsply e RelyX ARC - 3M ESPE) e dois autocondicionantes (Maxcem - Kerr e RelyX Unicem - 3M ESPE), com auxílio dos ensaios de resistência à compressão, resistência à tração diametral e resistência flexural.

Material e método

Quatro cimentos resinosos de dupla ativação, selecionados para a pesquisa (Tabela 1), foram submetidos a três tipos de ensaio: resistência à compressão, à tração diametral e flexural. Para cada tipo de ensaio, foram preparados cinco corpos de prova de cada material, totalizando sessenta amostras.

Resistência à compressão e à tração diametral

Foram preparados cinco corpos de prova de cada cimento, para cada tipo de teste, com auxílio de uma matriz metálica bipartida de aço inoxidável, contendo orifícios cilíndricos medindo 4,0 mm ($\pm 0,1$ mm) de diâmetro x 6,0 mm ($\pm 0,1$ mm) de altura. Para o preenchimento com cimento, a matriz foi posicionada sobre uma lâmina de vidro, interposta com uma tira de poliéster. O cimento foi inserido, uma tira de poliéster mais uma lâmina de vidro foram colocadas no topo da matriz,

Tabela 1. Cimentos resinosos avaliados

Material	Nº lote	Fabricante
Enforce F *	380960	Dentsply Ind. e Com. Ltda, Petrópolis, RJ, BR
Maxcem **	429639	Kerr Corporation, Orange, CA, USA
RelyX ARC *	FFFT	3M ESPE, St. Paul, MN, USA
RelyX Unicem **	143570	3M ESPE, Seefeld, Bavaria, DEU

* Convencional; ** Autocondicionante

exercendo-se leve pressão para escoar o excesso do cimento. Na seqüência, foi realizada a fotoativação (LED, SDI - modelo Rádii) com intensidade de 800 mW.cm^{-2} , nos dois lados da matriz, pelo tempo recomendado pelos fabricantes. Após a fotoativação, o conjunto foi imerso em água destilada a 37°C , por 15 minutos. Em seguida, os espécimes foram removidos e descartados os que apresentaram defeitos ou falhas. Os demais corpos de prova foram mantidos em água destilada a 37°C , até o momento do ensaio. O procedimento foi repetido até obtenção da totalidade dos espécimes.

Para o teste de compressão, as amostras foram levadas a uma máquina de ensaios (Wykeham Farrance Eng. Ltda.), onde uma carga de compressão foi aplicada a uma velocidade de $1,0 \text{ mm.min}^{-1}$, até a fratura dos corpos de prova. Aos resultados registrados, foi aplicada a fórmula: $RC = 4p/\pi d^2$, onde RC = resistência à compressão, em megapascals (MPa); p = carga máxima exercida na amostra, em newtons (N); d = diâmetro da amostra, em milímetros (mm). O método utilizado foi fundamentado no descrito na especificação nº 96/1994 da ADA (Associação Dental Americana)⁸.

Para o teste de tração diametral, foram preparados, da mesma forma, cinco corpos de prova de cada cimento. As amostras foram posicionadas horizontalmente em uma máquina de testes (Instron, modelo 4444), sendo aplicada uma carga de compressão a uma velocidade de $0,75 \text{ mm.min}^{-1}$, até a fratura dos corpos de prova. Aos resultados registrados, foi aplicada a seguinte fórmula: $RTD = 2F/\pi dE$, onde RTD = resistência à tração diametral, em megapascals (MPa); F = carga máxima exercida na amostra, em newtons (N); d = diâmetro da amostra, em milímetros (mm); e E = espessura da amostra, em milímetros (mm). O método utilizado foi adaptado do descrito na especificação nº 96/1994 da ADA no que se refere às dimensões e obtenção dos corpos de prova, todavia, aplicando-se a fórmula em conformidade com Anusavice⁹.

Resistência flexural

Foram preparados cinco corpos de prova de cada cimento, com auxílio de uma matriz de aço inoxidável, bipartida e com um orifício retangular medindo $25 \text{ mm} (\pm 0,1 \text{ mm})$ de comprimento $\times 2 \text{ mm} (\pm 0,1 \text{ mm})$ de altura $\times 2 \text{ mm} (\pm 0,1 \text{ mm})$

de largura. Para o preenchimento com cimento, a matriz foi posicionada sobre uma lâmina de vidro, interposta com uma tira de poliéster. O cimento foi inserido e outra tira de poliéster mais uma lâmina de vidro foram colocadas no topo da matriz, exercendo-se leve pressão para escoar o excesso do cimento. Na seqüência, foi realizada a fotoativação (LED, SDI - modelo Rádii) com intensidade de 800 mW.cm^{-2} , nos dois lados da matriz, pelo tempo recomendado pelo fabricante, segundo o padrão ADA (Associação Dental Americana)¹⁰, por meio de uma guia padrão. Após a fotoativação, o conjunto foi imerso em água destilada a 37°C , por 15 minutos. Em seguida, os espécimes foram removidos, sendo descartados os que apresentaram defeitos ou falhas. Os demais corpos de prova foram armazenados em água destilada, a 37°C , até o momento do ensaio.

O ensaio flexural de três pontos foi realizado em uma máquina de testes (Instron, modelo 4444), sendo uma carga aplicada a uma velocidade de $0,75 \text{ mm.min}^{-1}$, até a fratura dos corpos de prova. Aos resultados registrados, foi aplicada a seguinte fórmula: $RF = 3Fl/2bh^2$, onde RF = resistência flexural, em megapascals (MPa); F = carga de fratura da amostra, em newtons (N); l = distância entre os suportes do ensaio, em milímetros (mm); b = largura da amostra, em milímetros (mm); e h = altura da amostra, em milímetros (mm). O método utilizado foi fundamentado no descrito na especificação nº 4049/2000 – ISO (Organização Internacional para Padronização)¹¹.

Resultado

Os valores médios obtidos nos ensaios de resistência à compressão, à tração diametral e flexural, analisados por ANOVA e teste de Tukey (5%), podem ser observados na Tabela 2 e Figura 1.

Discussão

Testes de resistência mecânica permitem o prognóstico do desempenho clínico de agentes de fixação no que diz respeito à resistência retentiva de peças protéticas, pois, como mencionado por Grieve¹, existe a correlação entre a resistência mecânica e a resistência retentiva de peças

Tabela 2. Valores Médios (MPa) da resistência à compressão, resistência à tração diametral e resistência flexural dos quatro cimentos avaliados

Cimento	Tipo de ensaio		
	Compressão	Tração diametral	Flexural
RelyX ARC	252,75 (11,08)a	192,78 (37,00)a	120,84 (27,04)a
Enforce F	232,93 (10,36)ab	175,42 (21,17)a	119,21 (14,32)a
RelyX Unicem	227,97 (14,12)b	144,53 (15,83)a	70,86 (13,85)b
Maxcem	218,06 (11,08)b	190,89 (36,71)a	68,02 (15,21)b

* Desvio padrão entre parênteses

** As médias seguidas por letras distintas em uma mesma coluna são estatisticamente diferentes (Teste de Tukey, $p < 0,05$)

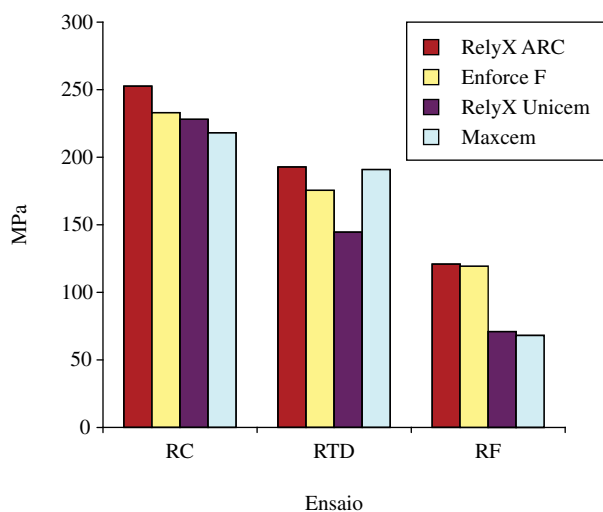


Figura 1. Representação gráfica dos valores médios (MPa) da resistência à compressão (RC), resistência à tração diametral (RTD) e resistência flexural (RF) dos cimentos avaliados.

protéticas cimentadas com esses materiais. Portanto, a utilização de ensaios de resistência à compressão e de resistência flexural podem ser de grande auxílio para avaliação de agentes cimentantes.

Observando-se os valores de resistência à compressão dos quatro cimentos avaliados, verificou-se que o valor do cimento RelyX ARC foi estatisticamente superior ao dos cimentos autocondicionantes RelyX Unicem e Maxcem. Essa superioridade também foi demonstrada no trabalho de Piwowarczyk, Lauer.

A maior resistência compressiva dos cimentos resinosos convencionais, conforme Rosenstiel et al.¹², e também nesta pesquisa em relação aos autocondicionantes, pode ser explicada pela quantidade de monômero diluente ou de carga que são distintas entre os dois grupos de materiais. Essa afirmação está de acordo com os resultados deste estudo, levando-nos a acreditar que cimentos resinosos com características químicas similares podem diferir em suas propriedades físicas, conforme Kumbuloglu et al.⁵.

Analisando-se os valores de resistência à tração diametral, verificou-se que os quatro cimentos resinosos apresentaram valores estatisticamente similares. A tração diametral não é uma propriedade amplamente difundida para avaliação de cimentos odontológicos, o que é traduzido pela carência de publicações relacionadas ao assunto. Todavia, deduz-se que as diferenças de composição e grau de conversão de polimerização entre os quatro cimentos exerceram pouca influência sobre a resistência à tração diametral. Porém, segundo Fonseca et al.¹³, o método de ativação pode influenciar na resistência à tração diametral.

Em se tratando de resistência flexural, verificou-se que os cimentos resinosos Enforce F e RelyX ARC apresentaram maior resistência, com diferença estatística significativa, em relação à dos autocondicionantes RelyX Unicem e Maxcem. Essa superioridade, embora com valores diferentes, também foi observada por Piwowarczyk, Lauer⁴, corroborando, portanto, os resultados deste estudo. Como já mencionado, sugere-se que os valores de resistência flexural apresentados pelos cimentos convencionais tenham ocorrido em função das variáveis já discutidas para os valores de resistência à compressão.

A diferença dos valores de resistência flexural observados neste estudo, e em trabalhos realizados por outros pesquisadores^{2,3,7}, pode ser atribuída às diferentes metodologias de confecção e fotoativação dos corpos de prova.

Confrontando-se o trabalho de Miranda et al.⁶ com esta pesquisa, observam-se diferenças entre valores de resistência à compressão encontrados nos dois estudos para os cimentos Enforce F e RelyX ARC. Tal variação numérica pode ser atribuída às variáveis de manipulação do material, como, por exemplo, a utilização de distinta unidade fotoativadora, uma vez que foi usada no experimento a do tipo LED (Diodo Emissor de Luz) e no estudo citado a do tipo luz visível halógena.

Ao discutir a resistência flexural, apesar da inferioridade dos cimentos autocondicionantes em relação aos cimentos resinosos convencionais, destaca-se que todos os materiais avaliados, inclusive os cimentos autocondicionantes, proporcionaram valores superiores ao mínimo estabelecido pela norma ISO 4049, ou seja, 50 MPa.

Como observado nesta pesquisa, as propriedades mecânicas dos cimentos resinosos autocondicionantes, quando comparadas às dos cimentos resinosos convencionais, demonstraram variação no desempenho desses materiais, desde uma similaridade estatística até uma superioridade para os cimentos convencionais, de acordo com o tipo de ensaio e marca comercial. Portanto, novas pesquisas, possivelmente mais próximas da realidade clínica, são necessárias para avaliar, com maior precisão, o desempenho dos cimentos resinosos autocondicionantes, principalmente no que se refere às variáveis não contempladas neste estudo.

Conclusão

Com base nos dados obtidos, analisados e discutidos, pode-se concluir:

- com relação à resistência à compressão, o cimento resinoso convencional RelyX ARC apresentou valor estatisticamente superior ao dos cimentos autocondicionantes RelyX Unicem e Maxcem, enquanto o cimento Enforce F apresentou valor intermediário e sem diferença estatística dos demais cimentos;

- os valores de resistência à tração diametral não apresentaram diferença estatística significativa entre os quatro cimentos resinosos avaliados;
- no ensaio de resistência flexural, os cimentos resinosos convencionais Enforce F e RelyX ARC apresentaram valores estatisticamente similares entre si e superiores aos dos autocondicionantes RelyX Unicem e Maxcem, que também se apresentaram estatisticamente semelhantes entre si.

Agradecimentos

Ao Professor Dr. Marciano Maccarini, do Laboratório de Mecânica dos Solos do Curso de Engenharia Civil da UFSC, por viabilizar a utilização da máquina de ensaio de compressão, e à Professora Andréa Lúcia Paiva Padrão Ângelo, do Colégio de Aplicação da UFSC, por sugestões na revisão textual.

Referências

1. Grieve AR. A study of dental cements. *Br Dent J.* 1969;127:405-10.
2. Braga RR, Cesar PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil.* 2002;29:257-62.
3. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent.* 2003;89:127-34.
4. Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent.* 2003;28:535-42.
5. Kumbuloglu O, Lassila LVJ, User A, Vallittu PK. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont.* 2004;17:357-63.
6. Miranda C, Biasi EB, Prates LHM, Maia HP, Calvo MCM. Evaluation of mechanical properties of dual cure resin cements. *PCL: Ibero-Am Prot Clin Lab.* 2005;7(35):57-65.
7. Corrêa MD, Ribeiro CF, Cunha LA. Flexural strength of resin cements. *Cienc Odontol Bras.* 2006;9(1):93-8.
8. American National Standard Institute/American Dental Association. Specification n° 96. Dental water-based cements; 1994.
9. Anusavice KJ. Propriedades mecânicas dos materiais dentários. In: Anusavice KJ. *Phillips materiais dentários.* 11ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2005. p. 69-97.
10. American National Standard Institute/American Dental Association. Specification n° 27. Resin-based filling materials; 1993.
11. International Organization for Standardization. Specification n° 4049. Dentistry – polymer-based filling, restorative and luting materials; 2000.
12. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: a review of the current literature. *J Prosthet Dent.* 1998;80:280-301.
13. Fonseca RG, Santos JG, Adabo GL. Influence of activation modes on diametrical tensile strength of dual-curing resin cements. *Braz Oral Res.* 2005;19:267-71.

