Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

Resistência à compressão de diferentes cimentos de ionômero de vidro convencionais: análise *in vitro*

Compressive strength of different conventional glass ionomer cements: an *in vitro* analysis

Resistencia a la compresión de diferentes cementos de ionómero de vidrio convencionales: análisis *in vitro*

Luiz Felipe Sampaio Pereira[1], Reinaldo Silva Bandeira[2], Monique Marques Ribeiro [2], Lavínia Maria Silva Gonçalves[2], Maria Clara Ayres Estellita[2], Amanda Ferreira Gonzalez[2], Lívia Maria Silva Gonçalves[2], Vagner Herton Silva Diógenes Júnior[2], Talita Arrais Daniel Mendes[3], Natasha Muniz Fontes[4].

RESUMO

Objetivo: Avaliar, por meio de um estudo *in vitro*, a resistência à compressão de diferentes marcas de cimentos de ionômero de vidro (CIVs) convencionais em diferentes tempos. **Métodos:** Seis marcas comerciais de CIVs convencionais foram avaliadas segundo delineamento fatorial 6 × 3 (material × tempo). Foram confeccionados oito corpos de prova cilíndricos por grupo. Os espécimes foram avaliados nos tempos T1 (presa imediata), T2 (24 horas) e T3 (6 meses), sendo armazenados em água destilada a 37 °C nos períodos correspondentes. O ensaio de resistência à compressão diametral foi realizado em máquina universal de ensaios (Instron®, Norwood, MA, EUA), com velocidade de 0,5 mm/min até fratura. Os dados foram analisados por ANOVA e pós-teste de Tukey (α = 0,05). **Resultados:** No T1 – presa imediata, os seis grupos de CIVs apresentaram desempenho estatisticamente semelhante. No T2 - 24h, observou-se diferença significativa entre os materiais, com o Riva Self Cure (SDI®) apresentando maior resistência. No T3 - 6 meses, o Bioglass (Biodinâmica®) destacou-se com melhores resultados. **Conclusão:** Os resultados demonstram variações no comportamento mecânico dos CIVs ao longo do tempo, reforçando a importância de estudos adicionais que avaliem diferentes métodos de proteção superficial e suas influências sobre as propriedades mecânicas do material.

Palavras-chave: Fraturas por compressão, Cimentos de ionômeros de vidro, Resistência de materiais.

ABSTRACT

Objective: To evaluate, through an in vitro study, the compressive strength of different brands of conventional glass ionomer cements (GICs) at different time intervals. **Methods:** Six commercial brands of conventional GICs were assessed according to a 6 × 3 factorial design (material × time). Eight cylindrical specimens were

[1] Universidade Christus (UNICHRISTUS), Fortaleza – CE.
[2] Centro Universitário Católica de Quixadá (Unicatólica), Quixáda – CE.
[3] Universidade de Fortaleza (UNIFOR), Fortaleza – CE.
[4] Centro Universitário (Unileão), Juazeiro do Norte – CE.

SUBMETIDO EM: 2/2026 | **ACEITO EM: 3/2026** | **PUBLICADO EM: 5/2026**

fabricated for each experimental group. The specimens were evaluated at T1 (immediate setting), T2 (24 hours), and T3 (6 months), and stored in distilled water at 37 °C for the corresponding periods. The diametral compressive strength test was performed using a universal testing machine (Instron®, Norwood, MA, USA) at a crosshead speed of 0.5 mm/min until fracture. Data were analyzed using ANOVA followed by Tukey's post hoc test (α = 0.05). **Results:** At T1 (immediate setting), the six GIC groups exhibited statistically similar performance. At T2 (24 hours), a significant difference among materials was observed, with Riva Self Cure (SDI®) showing higher strength values. At T3 (6 months), Bioglass (Biodinâmica®) demonstrated superior results. **Conclusion:** The findings demonstrate variations in the mechanical behavior of GICs over time, reinforcing the importance of further studies evaluating different surface protection methods and their influence on the mechanical properties of the material.

Keywords: Compression fractures, Glass ionomer cements, Material strength.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar, mediante un estudio in vitro, la resistencia a la compresión de diferentes marcas de cementos de ionómero de vidrio (CIVs) convencionales en distintos tiempos. **Metodos:** Se analizaron seis marcas comerciales de CIVs según un diseño factorial 6 × 3 (material × tiempo). Se confeccionaron ocho especímenes cilíndricos por grupo, evaluados en T1 (fraguado inmediato), T2 (24 horas) y T3 (6 meses), con almacenamiento en agua destilada a 37 °C. La resistencia a la compresión diametral se determinó en una máquina universal de ensayos (Instron®, Norwood, MA, EE. UU.) a 0,5 mm/min hasta la fractura. Los datos fueron analizados mediante ANOVA y prueba post hoc de Tukey (α = 0,05). **Resultados:** En T1 (fraguado inmediato), los seis grupos de CIVs presentaron un desempeño estadísticamente similar. En T2 (24 horas), se observó una diferencia significativa entre los materiales, destacándose Riva Self Cure (SDI®) con mayor resistencia. En T3 (6 meses), Bioglass (Biodinâmica®) presentó los mejores resultados. **Conclusión:** Los resultados demuestran variaciones en el comportamiento mecánico de los CIVs a lo largo del tiempo, reforzando la importancia de estudios adicionales que evalúen diferentes métodos de protección superficial y su influencia en las propiedades mecánicas del material.

Palabras clave: Fracturas por compresión, Cementos de ionómero de vidrio, Resistencia de materiales.

INTRODUÇÃO

Os cimentos de ionômero de vidro (CIVs) foram introduzidos na odontologia por Wilson e Kent na década de 70, representando um grande marco na odontologia restauradora. Sua composição básica é formada por um pó, constituído predominantemente de vidro de flúor-alumínio-silicato, e um líquido composto por uma solução aquosa de ácidos polialcenóicos, sendo o ácido poliacrílico o mais frequentemente empregado. A interação desses componentes resulta em uma reação ácido-base responsável pela presa e pelas propriedades mecânicas do material (REIS A e LOGUERCIO A, 2021).

O uso abrangente dos CIVs na odontologia está relacionado diretamente à características como a adesão química à estrutura dentária, o coeficiente de expansão térmica linear semelhante ao da dentina, bem como à sua biocompatibilidade (OLIVEIRA G, et al., 2023). Os CIVs são materiais restauradores de grande relevância clínica, com vantagens que incluem atividade anti-cariogênica, favorecendo a remineralização da dentina afetada e auxiliando no controle da recorrência da cárie. Além disso, a união química ionomérica contribui para reduzir a infiltração na interface dente/restauração (WASSEL M, et al., 2022).

Os processos de degeneração dentária são causados por diferentes fatores que podem comprometer o esmalte, a dentina e os tecidos adjacentes. Quando identificados em fase inicial, podem apresentar reversibilidade, como nos casos de manchas brancas no esmalte dental. Já em situações irreversíveis, associadas à presença de cavitações, é imprescindível utilizar um material adequado e duradouro. Nesses contextos, os CIVs se destacam pelas inúmeras possibilidades clínicas, podendo atuar como material restaurador, base, agente forrador e selante.

O uso dos CIVs também se estende à área médica, principalmente em otologia (reparo timpânico, implante coclear, obliteração da tuba auditiva), cirurgia reconstrutiva e ortopedia (MUNIZ AB, et al., 2020). Em contrapartida, características como a baixa resistência mecânica, alta solubilidade em meio aquoso e elevada incidência de fraturas representam limitações clínicas. Para superar essas restrições, diferentes modificações têm sido propostas, incluindo a incorporação de ligas metálicas, hidroxiapatita, fibras de carbono e fluorapatita, que demonstram potencial em melhorar o desempenho mecânico e reduzir a fragilidade do material (PÉREZ MT, 2021).

Os CIVs apresentam um processo de maturação que se estende além das primeiras 24h, com mudanças físicas e químicas que continuam por semanas a meses após a presa inicial. Com o tempo adicional, variações de propriedades como compressão, dureza e resistência diametral podem ocorrer de modo não linear, sendo influenciadas pela difusão de água e íons na estrutura, pela mobilidade de água livre e ligada e por processos de erosão superficial induzida pela hidratação prolongada, que afetam diretamente as propriedades mecânicas desses materiais (MANSO A, et al., 2020; ŁĘPICKA M, et al., 2023).

Cabe ao profissional direcionar técnicas e realizar uma correta manipulação e inserção do material restaurador. Para que, além de aspectos ópticos relacionados à mimetização da estrutura dental remanescente, propriedades mecânicas como estabilidade, resistência à compressão diametral e resistência à tração sejam preservadas. Todavia, esses são requisitos essenciais para suportar as forças mastigatórias atuantes e preservar o tratamento com melhor prognóstico. Tais características dependem não apenas das proporções previamente estabelecidas na manipulação do material, mas também do controle criterioso das etapas clínicas durante sua inserção e acomodação na cavidade, uma vez que falhas nesses processos podem comprometer diretamente o desempenho clínico, favorecendo a ocorrência de fraturas e insucessos do tratamento (OLIVEIRA BL, et al., 2025).

Diante do exposto e com base em estudos que evidenciam a sensibilidade técnica e os critérios de indicação desses cimentos descritos na literatura, compreende-se que, após a inserção, nas primeiras horas, esses materiais tendem a reter água, fenômeno descrito como embebição. Entretanto, com o passar das horas iniciais e ao longo de meses, passam, de forma não síncrona, a perder água para o meio, o que pode resultar em processos de degradação, formação de fendas, áreas de ressecamento e fragilidade mecânica (MARÇAL DM, 2023; KAZAK M et al., 2025).

Neste cenário, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de um estudo *in vitro,* a resistência à compressão de diferentes marcas de Cimentos de Ionômero de Vidro (CIVs) restauradores convencionais, nos períodos de presa imediata, 24 horas e 6 meses. A comparação entre diferentes marcas de cimentos de ionômero de vidro (CIVs) em distintos tempos de armazenamento justifica-se pela heterogeneidade composicional desses materiais e pela escassez de estudos que avaliem simultaneamente a variabilidade intermaterial e seu comportamento mecânico após envelhecimento hídrico. Embora a resistência à compressão seja amplamente utilizada como indicador de desempenho clínico, a maioria das investigações limita-se a poucos produtos ou a um único período de análise, restringindo a extrapolação para a prática clínica. Dessa forma, a avaliação em múltiplos tempos permite compreender o desempenho inicial e a manutenção das propriedades mecânicas, contribuindo para uma escolha clínica mais fundamentada e aplicação respeitando a sensibilidade da técnica do CIV em procedimentos restauradores.

MÉTODOS

Tipo de estudo e amostra

Trata-se de um estudo *in vitro*, realizado no laboratório do curso de Odontologia da Universidade de Fortaleza (UNIFOR). Avaliou-se a resistência à compressão de 6 CIVs restauradores convencionais: Bioglass (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil), Riva Self Cure (SDI Limited, Bayswater, Victoria, Australia), Uniglass (DFL Indústria e Comércio S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil), Maxxion-R (FGM Produtos Odontológicos, Joinville, SC, Brasil), Ionglass (Maquira Indústria de Produtos Odontológicos S.A., Maringá, PR, Brasil) e Yono Cem (Yller Biomateriais S.A., Pelotas, RS, Brasil).

Para cada material, foram confeccionados 24 corpos de prova, totalizando 144 amostras. Os espécimes foram numerados individualmente e submetidos a sorteio aleatório simples para definição da alocação nos três períodos experimentais (T1, T2 e T3) e da ordem de realização do ensaio mecânico. As amostras foram distribuídas em três períodos experimentais de avaliação (n = 8 por grupo/tempo): após a presa imediata (T1), após 24 horas (T2) e após 6 meses (T3).

Os procedimentos de manipulação e testagem foram executados por um único operador previamente treinado e calibrado, seguindo rigorosamente as instruções dos fabricantes, a fim de assegurar padronização metodológica. Durante os intervalos correspondentes a T2 e T3, os espécimes permaneceram armazenados em água destilada, sob condições controladas, com o objetivo de simular o ambiente úmido da cavidade oral e permitir o envelhecimento hídrico dos materiais.

Adicionalmente, o operador responsável pela realização dos ensaios mecânicos foi mantido cego quanto à identificação dos grupos experimentais, a fim de minimizar vieses de mensuração e aumentar a confiabilidade e a validade interna dos resultados obtidos, em conformidade com estudos prévios (IFTIKHAR N et al., 2019; BIRANT S et al., 2021). Diferentemente desses trabalhos, contudo, o presente estudo utilizou um número ampliado de amostras, conferindo maior robustez metodológica e poder estatístico à análise da resistência mecânica dos materiais.

Confecção dos corpos de prova

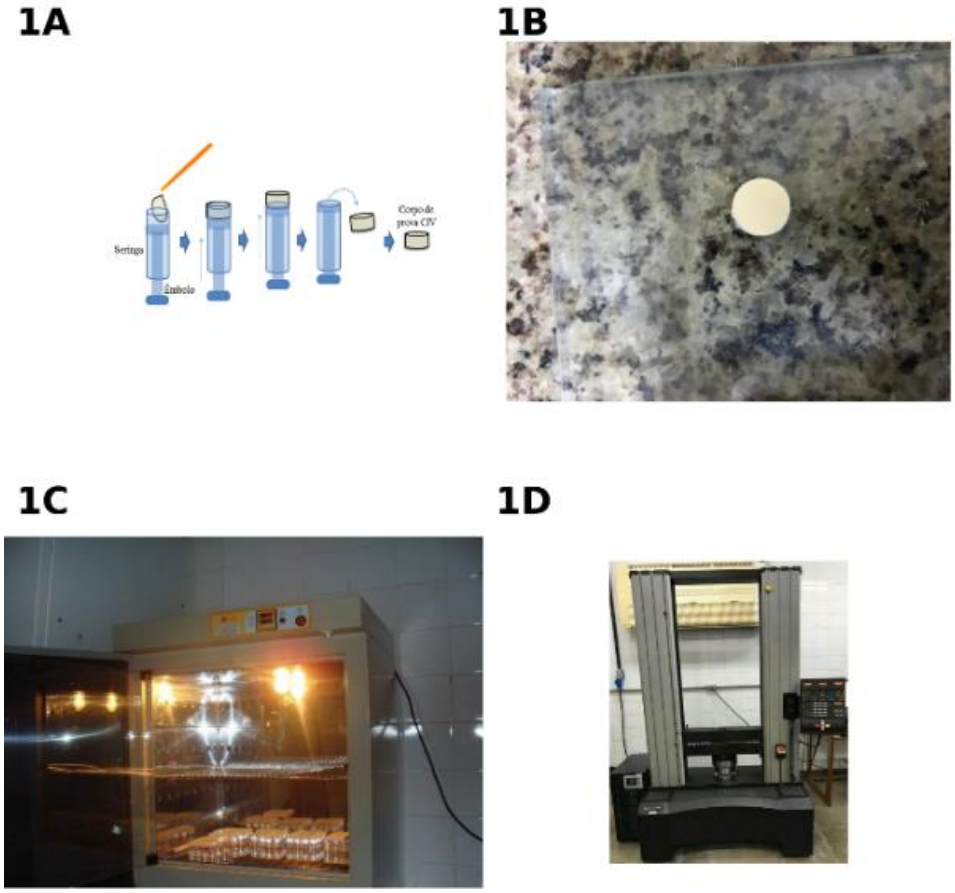
Os CIVs foram manipulados em placa de vidro de 15mm (Golgran Millennium, São Caetano do Sul, SP, Brasil) segundo recomendação do fabricante e com auxílio da espátula plástica flexível 142 para Ionômero (JON Indústria e Comércio, São Paulo, SP, Brasil). A manipulação foi executada por único pesquisador devidamente treinado e calibrado. O processo de manipulação foi executado por um período de 2 a 5 minutos, sendo que a presa inicial dos materiais ocorreu entre 5 a 10 minutos (T_1), conforme recomendações do fabricante.

Os corpos de prova cilíndricos foram confeccionados utilizando-se seringas estéreis para irrigação de 5 mL (Becton Dickinson S/A, Curitiba, PR, Brasil), as quais apresentam diâmetro interno aproximado de 12 mm, empregadas como moldes padronizados. As seringas foram preenchidas com os cimentos de ionômero de vidro até a marca correspondente a 0,4 mL (**Figura 1A**), assegurando volume uniforme entre os espécimes.

A inserção do material foi realizada de forma única e contínua, com leve acomodação para minimizar a incorporação de bolhas de ar e, consequentemente, reduzir a formação de porosidades internas que poderiam interferir nas propriedades mecânicas. Após a presa inicial, os corpos de prova foram removidos por extrusão controlada com o próprio êmbolo da seringa, preservando a integridade estrutural e a padronização dimensional das amostras (**Figura 1B**).

A preparação dos espécimes e o ensaio de resistência à compressão diametral seguiram recomendações metodológicas descritas em normas internacionais para cimentos odontológicos à base de água, como a ISO 9917-1 e especificações da American Dental Association (ADA), a fim de garantir reprodutibilidade, padronização experimental e comparabilidade com a literatura científica.

Figura 1 - Fluxograma do protocolo experimental para avaliação da resistência à compressão diametral dos cimentos de ionômero de vidro.



Legenda: (**A**) Confecção dos corpos de prova cilíndricos utilizando seringa estéril de irrigação como molde; (**B**) aspecto final do espécime após presa do material; (**C**) armazenamento das amostras imersas em água destilada a 37 °C em estufa, simulando condições orais; (**D**) ensaio de resistência à compressão diametral realizado em máquina universal de ensaio Instron. As etapas ilustram respectivamente o preparo, a confecção, o armazenamento e a análise mecânica dos espécimes.
Fonte: Pereira, LFS et al., 2026.

Protocolo de envelhecimento hídrico e períodos de avaliação

Para simular as condições orais e o envelhecimento hídrico dos cimentos de ionômero de vidro, os espécimes dos tempos T2 e T3 foram mantidos imersos em água destilada em tubos plásticos J10 Fepla® (Fepla Ferramentaria Plástica Ltda., São Paulo, SP, Brasil), com diâmetro de 21 mm e altura de 37,5 mm, individuais e com volume suficiente para cobertura total das amostras. A renovação do meio de armazenamento foi realizada a cada 24 h nos primeiros 7 dias, período correspondente à maior liberação iônica e maior susceptibilidade às trocas hídricas iniciais, e, posteriormente, semanalmente, a fim de evitar saturação e manter condições estáveis ao longo do período experimental. Os recipientes foram mantidos em estufa QUIMIS® a 37 ± 1 °C. (**Figura 1C**), temperatura média que representa o ambiente bucal em repouso, conforme empregado em estudos de envelhecimento de materiais dentários.

O envelhecimento em meio aquoso por períodos prolongados tem sido amplamente utilizado em pesquisas com cimentos de ionômero de vidro para investigar modificações progressivas em suas propriedades mecânicas e físico-químicas ao longo do tempo. Evidências indicam que ensaios com duração de até 6 meses proporcionam uma análise mais representativa da estabilidade estrutural e da integridade mecânica frente à sorção hídrica e às alterações microestruturais, quando comparados a períodos experimentais mais curtos, sendo considerados comparáveis a protocolos de avaliação de longo prazo aplicados a materiais restauradores (ROBERTS H, et al., 2022; PANETTA A, et al., 2024).

Teste de resistência à compressão diametral

Os corpos de prova cilíndricos foram submetidos ao ensaio de resistência à compressão diametral em máquina universal de ensaios Instron 4484 (Instron®, Norwood, MA, EUA) (**Figura 1D**), equipada com célula de carga de 2.000 N, empregando velocidade de deslocamento do atuador de 0,5 mm/min até a ocorrência de fratura. Para o ensaio, cada espécime foi posicionado horizontalmente entre as superfícies planas de compressão, de modo que a carga fosse aplicada ao longo do diâmetro do cilindro, gerando campo de tensões de tração no plano central do espécime, característico do método diametral. O alinhamento paralelo e centralizado foi mantido a fim de evitar concentrações de tensão e possíveis desalinhamentos que pudessem interferir nos resultados.

A fratura foi definida pelo colapso estrutural do espécime acompanhado de queda abrupta da carga registrada pelo equipamento. Os valores máximos de carga (N) foram convertidos em resistência à compressão diametral (MPa) por meio da equação $\sigma = 2P/\pi DL$, em que P corresponde à carga de fratura, D ao diâmetro e L à altura do corpo de prova, conforme recomendações da ISO 9917-1 e ANSI/ADA nº 96 para cimentos odontológicos à base de água, assegurando padronização metodológica, comparabilidade interlaboratorial e reprodutibilidade experimental.

Análise dos dados

Os dados foram inicialmente submetidos ao teste de Shapiro–Wilk para verificação da normalidade e ao teste de Levene para avaliação da homogeneidade das variâncias. Confirmado o atendimento aos pressupostos paramétricos, aplicou-se análise de variância de duas vias (Two-way ANOVA), considerando os fatores “material” e “tempo”, bem como sua interação. Quando identificadas diferenças estatisticamente significativas, realizaram-se comparações múltiplas pelo pós-teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

O tamanho amostral foi determinado com base em delineamento fatorial (6 × 3), considerando efeito médio ($f = 0,25$), nível de significância de 5% e poder estatístico mínimo de 80%. A amostra total de 144 espécimes ($n = 8$ por grupo/tempo) proporcionou poder estatístico estimado superior a 90%, indicando adequada sensibilidade para detecção de diferenças entre os fatores avaliados. Todas as análises foram realizadas no software IBM SPSS Statistics 22.0.

RESULTADOS

Verificou-se que os seis grupos de CIVs investigados apresentaram desempenho estatisticamente semelhante no tempo inicial (T1). No T2, observou-se diferença significativa entre os materiais, sendo que Riva Self Cure, Yono Cem e Ionglass apresentaram valores superiores, sem diferença estatística entre si. No T3, Bioglass e Yono Cem demonstraram maiores valores de resistência, sem diferença significativa entre ambos (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Valores de resistência à compressão (Mpa) de diferentes marcas de CIV em diferentes tempos de estudo.

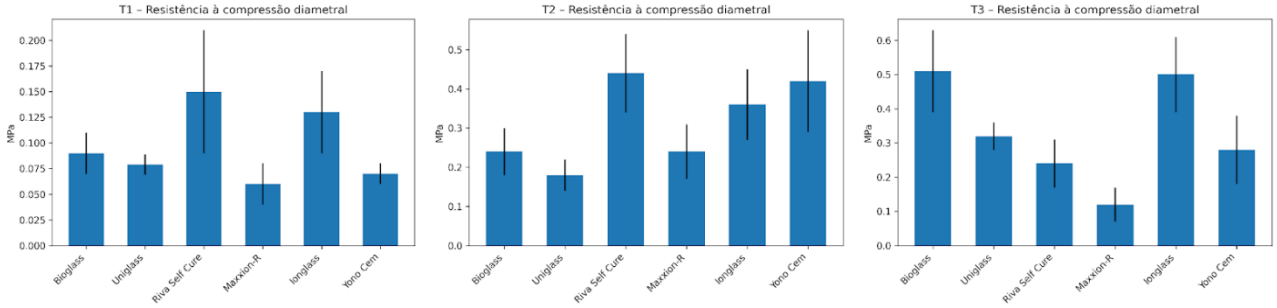
Marcas de CIV ↓ Tempo →	T_1	T_2	T_3
G1 (BIOGLASS)	0,09 (±0,02) Aa	0,24 (±0,06) Ab	0,51 (±0,12) Ab
G2 (UNIGLASS)	0,079 (±0,01) Aa	0,18 (±0,04) Aa	0,32 (±0,04) Bb
G3 (RIVA SELF CURE)	0,15 (±0,06) Aa	0,44 (±0,10) Bb	0,24 (±0,07) Ba
G4 (MAXXION-R)	0,06 ± 0,02 Aa	0,24 ± 0,07 Aa	0,12 ± 0,05 ABa
G5 (IONGLASS)	0,13 ± 0,04 Aa	0,36 ± 0,09 Bab	0,50 ± 0,11 Bb
G6 (YONO CEM)	0,07 ± 0,01 Aa	0,42 ± 0,13 Bb	0,28 ± 0,10 Ab

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão. Teste estatístico ANOVA e Teste de TUKEY ($p<0,05$)
Letras = detectam semelhanças entre os grupos. Letras distintas detectam ≠ entre os grupos.
Fonte: Pereira LFS, et al., 2026.

De modo geral, observou-se comportamento dependente do tempo para a maioria dos materiais avaliados, conforme ilustrado na **Figura 2**. No tempo inicial (T1), todos os grupos apresentaram valores estatisticamente semelhantes. Após 24 horas (T2), verificou-se aumento expressivo da resistência para Riva Self Cure, Yono

Cem e Ionglass, que passaram a compor o grupo estatisticamente superior. No período de 6 meses (T3), observou-se consolidação dos maiores valores para Bioglass e Yono Cem, enquanto Riva Self Cure apresentou redução em relação ao desempenho observado em T2. Maxxion-R manteve comportamento estável ao longo dos tempos, sem diferenças significativas. De maneira geral, Bioglass e Ionglass demonstraram tendência de aumento progressivo, enquanto Riva Self Cure apresentou pico em 24 horas seguido de declínio no armazenamento prolongado.

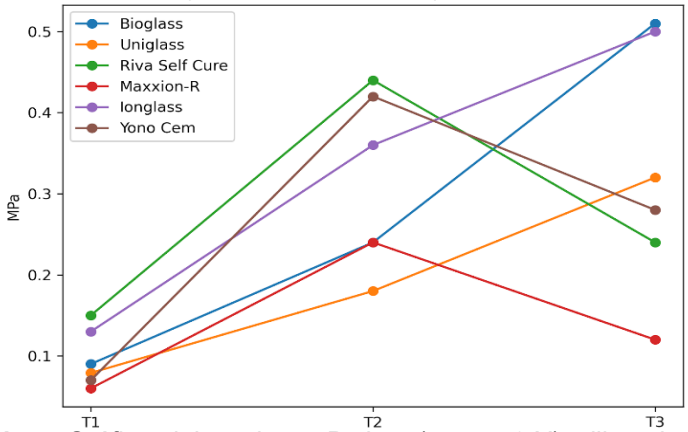
Figura 2 - Resistência à compressão diametral (MPa) dos cimentos de ionômero de vidro nos diferentes tempos. experimentais.



Nota: Gráfico elaborado em Python (versão 3.X) utilizando a biblioteca Matplotlib (The Matplotlib Developmet Team). Licença disponível em: https://matplotlib.org/stable/users/project/license.html. Acessado em: 19 fev 2026.
Fonte: Pereira LFS, et al., 2026.

Na análise intragrupo, Bioglass apresentou aumento significativo de T1 para T2, com manutenção do desempenho em T3. Uniglass manteve valores semelhantes entre T1 e T2, com incremento significativo apenas em T3. Riva Self Cure demonstrou aumento significativo de T1 para T2, seguido de redução em T3, retornando a níveis semelhantes ao inicial. Maxxion-R não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tempos avaliados. Ionglass mostrou tendência de aumento progressivo, com diferença significativa entre T1 e T3 e comportamento intermediário em T2. Yono Cem apresentou aumento significativo de T1 para T2, mantendo desempenho semelhante ao T3. A evolução temporal da resistência à compressão diametral para cada material está ilustrada na **Figura 3**.

Figura 3 - Evolução temporal da resistência à compressão diametral dos cimentos de ionômero de vidro.



Nota: Gráfico elaborado em Python (versão 3.X) utilizando a biblioteca Matplotlib (The Matplotlib Developmet Team). Licença disponível em: https://matplotlib.org/stable/users/project/license.html. Acesso em: 19 de fevereiro de 2026.
Fonte: Pereira LFS, et al., 2026.

DISCUSSÃO

Os cimentos de ionômero de vidro (CIVs) apresentam desempenho inferior às resinas compostas em propriedades como força de compressão, resistência ao desgaste e tração, sendo a resistência à compressão o fator que mais influencia sua indicação clínica. As variações na resistência desses materiais estão relacionadas às diferenças nas cadeias poliméricas e na interação entre a matriz e as partículas de vidro. Estudos recentes indicam que superfícies mais densas, com menor porosidade e partículas reduzidas, resultam em maiores valores de resistência à compressão, dureza Knoop e resistência à tração diametral (FREIRE W, et al., 2024; LISBOA G, et al., 2025).

Quanto à manipulação, observa-se que a técnica de inserção exerce influência direta nas propriedades finais dos CIVs. Raggio DP, et al. (2010) destacaram que o uso de seringas reduz a formação de espaços vazios no material e na interface dente–restauração, favorecendo sua longevidade. Em concordância, Pereira J, et al. (2018) salientam que falhas na proporção pó/líquido e no tempo de manipulação podem gerar incorporação de bolhas de ar, o que compromete a resistência à fratura e a adesão. Nomoto R e McCabe JF (2023) reforçam que a padronização dessas etapas é fundamental para garantir o desempenho mecânico dos CIVs.

As proteções superficiais, por sua vez, têm papel essencial no desempenho clínico desses materiais. Conforme descrito por Fuhrmann D, et al. (2020) e Krajangta N, et al. (2022), a aplicação de uma barreira física imediatamente após a manipulação impede a embebição pelos fluidos orais durante o período crítico de presa inicial, cerca de 24 horas, contribuindo para maior dureza, resistência superficial e longevidade clínica.

O meio de estocagem também exerce influência sobre as propriedades dos CIVs. Iiie N (2018) enfatizou que o armazenamento em diferentes soluções, como água destilada, saliva natural ou artificial, pode afetar significativamente o comportamento do material.

No presente estudo, todos os grupos apresentaram comportamento semelhante no tempo inicial (T1), com diferenças significativas após 24 horas (T2) e 6 meses (T3). Essa variação está associada ao processo de maturação dos CIVs, que ocorre predominantemente nas primeiras 24 horas e pode se estender por meses, promovendo aumento progressivo da resistência à compressão (ALVANFOROUSH N, et al., 2019; FRAGNAN LN, et al., 2011). Resultados semelhantes foram observados para as marcas Uniglass, Bioglass e Ionglass, enquanto o Riva Self Cure apresentou valores superiores em 24 horas, mas redução após 6 meses, possivelmente em razão da embebição (FRAGNAN LN, et al., 2011; PEREIRA J, et al., 2018).

A superioridade observada para determinados materiais em T2, seguida de estabilização ou redução em T3, sugere que diferentes formulações apresentam distinções de maturação e interação com o meio aquoso. Materiais que atingiram maiores valores em 24 horas provavelmente possuem reação ácido–base mais rápida e formação inicial de matriz mais densa, favorecendo resistência precoce. Outrora, aqueles que demonstraram desempenho superior apenas em 6 meses indicam processo de maturação mais gradual, com reorganização estrutural progressiva da matriz polissalina ao longo do tempo. Essa diferença reforça que o desempenho mecânico dos CIVs não é uniforme e depende diretamente da composição do pó vítreo, tamanho de partículas e proporção pó/líquido, o que explicaria o efeito de interação significativo observado entre material e tempo na análise estatística.

A embebição e a sinérese são fenômenos críticos para a estabilidade estrutural dos CIVs. Como relatado por Alvanforoush N, et al. (2019) e Fragnan LN, et al. (2011), a ausência de proteção superficial favorece a absorção de água e a degradação da interface silano–vidro, levando à formação de microfissuras e consequente redução da resistência à compressão.

Outro fator relevante está relacionado à ocorrência de fraturas, uma das principais causas de falha clínica dos CIVs. De acordo com Avelino E, et al. (2016) e Menezes-Silva R, et al. (2020), a incorporação de bolhas e variações na proporção pó/líquido reduzem a tenacidade à fratura e a resistência mecânica do material, reforçando a importância de protocolos padronizados de preparo e inserção.

Considerando os achados observados, do ponto de vista clínico, os resultados sugerem que a seleção do cimento de ionômero de vidro deve-se considerar não apenas o desempenho imediato, mas também sua estabilidade ao longo do tempo. Materiais com maior resistência em 24 horas podem ser mais indicados para situações em que há necessidade de suporte precoce a cargas mastigatórias. Em contrapartida, aqueles que apresentam maturação progressiva podem demandar maior cautela nas primeiras horas, especialmente em áreas submetidas a elevado estresse oclusal, sendo assim, recomenda-se atenção à indicação clínica em regiões posteriores ou em restaurações extensas, onde a resistência mecânica inicial pode ser determinante para a longevidade restauradora.

Algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Não foi aplicada proteção superficial após a manipulação, o que pode ter influenciado os fenômenos de embebição e sinérese, especialmente nos períodos mais prolongados. Além disso, o armazenamento em água destilada, embora padronizado, não reproduz integralmente as condições clínicas, como variações de pH, presença de saliva, enzimas, ciclagem térmica e cargas mastigatórias cíclicas. Outra limitação refere-se à avaliação exclusiva da resistência à compressão diametral, não sendo investigadas outras propriedades mecânicas relevantes, como resistência à flexão, desgaste superficial, dureza ou tenacidade à fratura. Estudos futuros devem incluir análises complementares, bem como simulações mais próximas do ambiente bucal, a fim de ampliar a compreensão do comportamento mecânico e clínico desses materiais ao longo do tempo.

CONCLUSÃO

Os seis grupos de CIVs convencionais apresentaram desempenho estatisticamente semelhante quanto à resistência à compressão após a presa inicial (T1). Entretanto, após 24 horas (T2) e 6 meses (T3), observaram-se diferenças significativas entre os materiais, evidenciando efeito significativo do tempo e interação significativa entre material e tempo sobre a resistência mecânica. Em T2, o Riva Self Cure apresentou maior resistência, embora estatisticamente semelhante ao Yono Cem. Já em T3, o Bioglass demonstrou melhor desempenho, com valores comparáveis ao longlass. Esses achados reforçam a necessidade de novos estudos que avaliem diferentes métodos de proteção superficial e sua influência nas propriedades mecânicas ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

1. ALVANFOROUSH N, et al. Fracture toughness of glass ionomers measured with two different methods. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, 2019; 90(1): 208-216.
2. AVELINO E, et al. Comparação da resistência à compressão entre o cimento de ionômero de vidro encapsulado e o sistema pó/líquido. Revista da Faculdade de Odontologia, 2016; 21(2): 191-195.
3. BIRANT S, et al. Assessment of the compressive strength of the current restorative materials. Pediatric Dental Journal, 2021; 31(5): 80.e–85.
4. DE AZEVEDO MC, DE SÁ PINTO AC. Tratamento Restaurador Atraumático em Odontopediatria: revisão de literatura. Revista Multidisciplinar e de Psicologia, 2020; 14(53): 72-83.
5. FRAGNAN LN, et al. Dureza Knoop de três cimentos de ionômero de vidro. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, 2011; 11(1): 73-76.
6. FREIRE W, et al. Análise comparativa da liberação de flúor por cimentos de ionômero de vidro convencionais e modificados por resina: um estudo in vitro. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, 2024; 4.
7. FUHRMANN D, et al. Propriedades de novos sistemas restauradores de ionômero de vidro comercializados para áreas de suporte de tensão. Operative Dentistry, 2020; 45: 104-110.
8. GADONSKI A, et al. Avaliação do efeito de soluções de armazenamento sobre a resistência da união adesiva à dentina de dentes bovinos sob microcisalhamento: pesquisa in vitro. Revista de Odontologia da UNESP, 2018; 47(6): 354-359.

9. IFTIKHAR N, et al. A comparative evaluation of mechanical properties of four different restorative materials: an in vitro study. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry, 2019; 12(1): 47-49.
10. ILIE N, et al. Fracture toughness of dental restorative materials. Clinical Oral Investigations, 2012; 16(2): 489-498.
11. JUNIOR L, et al. Cimento de ionômero de vidro: revisão de literatura. Brazilian Journal of Health Review, 2022; 5(2): 6893-6902.
12. KAZAK M, AKALIN TT, ESEN F. Comparison of water sorption and water solubility properties of current restorative materials with different contents. European Journal of Dentistry, 2025; 19(1): 248–254.
13. KIM D, et al. Biological and mechanical properties of an experimental glass-ionomer cement modified by partial replacement of CaO with MgO or ZnO. Journal of Applied Oral Science, 2015; 23(4): 369-375.
14. KRAJANGTA N, DULSAMPHAN C, CHOTITANMAPONG T. Efeitos do revestimento de superfície protetora na liberação e recarga de flúor de cimento de ionômero de vidro de alta viscosidade não revestido recente. Dentisty Journal, 2022; 10(12): 233.
15. ŁĘPICKA M, et al. The influence of hydrothermal fatigue on the clinically relevant functional properties of conventional glass-ionomer cements. Scientific Reports, 2023; 13: 8738.
16. LISBOA G, et al. Desempenho mecânico de um cimento de ionômero de vidro convencional variando a proporção pó/líquido. Revista Pró-UniverSUS, 2025; 16(2): 179-185.
17. MANSO AP, et al. Effects of aging on shear bond strength to dentin and mechanical properties of restorative glass ionomer cements. International Journal of Adhesion and Adhesives, 2020; 102: 102693.
18. MARÇAL DM. Proteção de superfície dos ionômero de vidro: uma revisão de escopo. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023; 45p.
19. MENEZES-SILVA R, et al. Correlation between mechanical properties and stabilization time of chemical bonds in glass-ionomer cements. Brazilian Oral Research, 2020; s.v.
20. MUNIZ AB, et al. Cimento de ionômero de vidro em odontopediatria: revisão narrativa. Revista Eletrônica Acervo Saúde, 2020; 12(10): e3853.
21. NOMOTO R, MCCABE JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. Journal of Dentistry, 2001; 29(3): 205-210.
22. OLIVEIRA BL, et al. Atualidades de cimentos de ionômero de vidro: revisão de literatura e caso clínico. Archives of Health Investigation, 2025; 14(5): 1526–1541.
23. OLIVEIRA G et al. Efeito da adição de biosilicato® nas propriedades físico-mecânicas e biológicas de cimentos de ionômero de vidro odontológico. Journal of Functional Biomaterials, 2023; 14: 302.
24. PANETTA A, et al. Evaluating Glass Ionomer Cement Longevity in the Primary and Permanent Teeth—An Umbrella Review. Journal of Functional Biomaterials, 2024; 15(2): 48.
25. PEREIRA J, et al. Efeito da técnica de inserção na resistência mecânica de dois cimentos de ionômero de vidro de alta viscosidade. Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde, 2018; 20(1): 79-84.
26. PÉREZ MT, et al. Estudo da incorporação de nanocelulose no cimento odontológico ionômero de vidro. 2021. 62 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.
27. RAGGIO DP, et al. Effect of insertion method on Knoop hardness of high viscous glass ionomer cements. Brazilian Dental Journal, 2010; 21(5): 439-445.
28. REIS A; LOGUERCIO A. Materiais dentários diretos: dos fundamentos à aplicação clínica. 2. ed. Rio de Janeiro: Santos, 2021. 464 p.
29. ROBERTS H, et al. Long-Term water balance evaluation in glass ionomer restorative materials. Materials, 2022; 15(3): 807.
30. WASSEL M, et al. Efeito antibacteriano, liberação de flúor e resistência à compressão de um ionômero de vidro contendo nanopartículas de prata e titânio. Journal of Indian Dental Research, 2022; 33(1): 75.