

Desempenho mecânico de um cimento de ionômero de vidro convencional variando a proporção pó/líquido

Mechanical performance of a conventional glass ionomer cement by varying the powder:liquid ratio

Comportamiento mecánico de un cemento ionómero de vidrio convencional variando la proporción polvo:líquido

Vitória Celeste Fernandes Teixeira do Carmo¹, Geovana Alves Brum Lisboa², Ester de Lemos Guimarães³, Letycia Gonzaga Fernandes⁴, Tamires de Andrade Silva⁵, Laísa Araújo Cortines Laxe⁶

Como citar esse artigo. Carmo, VCFT. Lisboa, GAB. Guimarães, EL. Fernandes, LG. Silva, TA. Laxe, LAC. Desempenho mecânico de um cimento de ionômero de vidro convencional variando a proporção pó/líquido. Rev Pró-UniversUS. 2025; 16(2):179-185.



Resumo

Introdução: A doença cárie é um dos principais agravos em saúde pública que pode causar grande destruição dental. O tratamento restaurador atraumático (ART) consiste na remoção seletiva da dentina cariada com instrumentos manuais e inserção de cimento de ionômero de vidro (CIV) de alta viscosidade. É uma técnica de amplo alcance social e de fácil usabilidade. Para obter comportamento similar ao CIV de alta viscosidade quanto à consistência, é comum cirurgiões-dentistas alterarem a proporção pó/líquido dos CIVs convencionais. O presente estudo propôs avaliar o impacto sobre a resistência à compressão de um CIV convencional variando a proporção pó/líquido. **Materiais e métodos:** Foram distribuídos 48 espécimes em 4 grupos (n=12): G1 – Maxxion R (MR) 1:1 (controle negativo), G2- MR (1,5:1), G3- MR (2:1) e G4- Vitro Molar 1:1 (controle positivo). Os CIVs foram inseridos em matriz cilíndrica de 6X4mm. Após a presa, os espécimes foram armazenados em estufa a 37°C/24h e submetidos ao ensaio mecânico de compressão em máquina universal de ensaio com velocidade de 1mm/min até o momento de falha. **Resultados e discussão:** Conforme o teste ANOVA, o G4 apresentou a maior média do teste à compressão (26,8 MPa), seguido dos grupos G3 (20,0), G1 (17,60) e G2 (15,5), p<0,05. As análises do teste Tukey demonstraram diferença estatisticamente significativa entre G1 e G4; G2 e G4. **Considerações finais:** Com base nas análises dos resultados encontrados e considerando as limitações desse estudo *in vitro*, constatou-se que a alteração na proporção pó/líquido 1,5:1 (G2) reduziu a resistência mecânica à compressão do CIV convencional.

Palavras-chave: Cárie dentária; Cimento de ionômero de vidro; Testes mecânicos.

Abstract

Introduction: Caries disease is one of the main public health problems that can cause great dental destruction. Atraumatic restorative treatment (ART) consists of selective removal of carious dentin with manual instruments and insertion of high viscosity glass ionomer cement (GIC). It is a technique of wide social reach and easy usability. To obtain similar behavior to high viscosity GIC regarding consistency, it is common for dentists to change the powder:liquid ratio of conventional GICs. The present study proposed to evaluate the impact on the compressive strength of a conventional GIC by varying the powder:liquid ratio. **Materials & Methods:** Were distributed 48 specimens in 4 groups (n=12): G1 - Maxxion R (MR) 1:1 (negative control), G2- MR (1.5:1), G3- MR (2:1) and G4- Vitro Molar 1:1 (positive control). The GICs were inserted in a cylindrical matrix of 6X4mm. After setting, the specimens were stored in an oven at 37°C/24h and subjected to mechanical compression test in a universal testing machine with a speed of 1mm/min until the moment of failure. **Results & Discussion:** According to the ANOVA test, the G4 presented the highest mean of the compression test (26.8 MPa), followed by G3 (20.0), G1 (17.60) and G2 (15.5), p<0.05. The Tukey test showed statistically significant difference between G1 and G4; G2 and G4. **Final Considerations:** Based on the analysis of the results found and considering the limitations of this *in vitro* study, it was possible to infer that changing the powder:liquid ratio 1.5:1 (G2) reduced the mechanical resistance to compression of the conventional GIC.

Key words: Dental caries; Glass ionomer cements; Mechanical tests.

Resumen

Introducción: La caries es uno de los principales problemas de salud pública que puede causar una gran destrucción dental. El tratamiento restaurador atraumático (ART) consiste en la eliminación selectiva de dentina cariada con instrumentos manuales y la inserción de cemento ionómero de vidrio (CIV) de alta viscosidad. Es una técnica de amplio alcance social y facilidad de uso. Para obtener un comportamiento similar al cemento ionómero de vidrio de alta viscosidad con respecto a la consistencia, es común que los dentistas cambien la relación polvo:líquido de los CIVs convencionales. El presente estudio propuso evaluar el impacto sobre la fuerza de compresión de un CIV convencional variando la relación polvo:líquido. **Materiales y Métodos:** Se distribuyeron 48 muestras en 4 grupos (n=12): G1 - Maxxion R (MR) 1:1 (control negativo), G2- MR (1.5:1), G3- MR (2:1) y G4 Vitro Molar 1:1 (control positivo). Los CIVs se insertaron en una matriz cilíndrica de 6X4mm. Tras el ajuste, las muestras se almacenaron en un horno a 37°C/24h y se sometieron a una prueba de compresión mecánica en una máquina de ensayo universal con una velocidad de 1mm/min hasta el momento del fallo. **Resultados y Discusión:** Según la prueba ANOVA, el G4 presentó la media más alta de la prueba de compresión (26,8 MPa), seguido de G3 (20,0), G1 (17,60) y G2 (15,5), p<0,05. La prueba de Tukey mostró diferencias estadísticamente significativas entre G1 y G4; G2 y G4. **Consideraciones finales:** Sobre la base del análisis de los resultados encontrados y considerando las limitaciones de este estudio *in vitro*, fue posible inferir que cambiar la relación polvo:líquido 1.5:1 (G2) redujo la resistencia mecánica a la compresión del GIC convencional.

Palabras clave: Cariés dentales; Cementos de ionómeros de vidrio; Ensayos mecánicos.

Afiliação dos autores:

¹Discente de graduação em Odontologia, Centro Universitário Estácio Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: geovana_abl@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6615-804X>

²Discente de graduação em Odontologia, Centro Universitário Estácio Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: ester.lemos.guimaraes@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2532-8950>

³Discente de graduação em Odontologia, Centro Universitário Estácio Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: letyciagonzaga3@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3845-713X>

⁴Discente de graduação em Odontologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: tataasilvam@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5873-5133>

⁵Docente do Curso de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Doutorado em Odontologia, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: laisalaxe@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1785-7903>

⁶Docente do Curso de Odontologia do Centro Universitário Estácio Juiz de Fora, Doutoranda em Odontologia PPGO/UFJF, Juiz de Fora, MG, Brasil. E-mail: vitoriaacfcarmo@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6901-2702>

* E-mail de correspondência: geovana_abl@hotmail.com

Recebido em: 28/11/23 Aceito em: 14/04/24

Introdução

A doença cárie é um dos principais agravos em saúde pública que ocorre no meio bucal e causa destruição do tecido dentário, dor e complicações que podem culminar na perda do elemento dental, caso não seja tratada.¹

De acordo com a literatura, a inaptidão de remover adequadamente e/ou regularmente o biofilme dental, adjunto ao fornecimento facilitado de carboidratos fermentáveis, são os dois principais fatores etiológicos que favorecem a evolução da lesão cariiosa. Portanto, a doença não seria infectocontagiosa, mas teria relação com os hábitos/costumes de cada um, diferentemente do que é ensinado em muitas instituições.²

No mundo, se tratando das várias fases da vida, dois terços da população são afetados pela doença cárie, principalmente nas populações socioeconomicamente inferiorizadas. A literatura aponta que a cárie é a quarta doença crônica mais cara para se tratar.³

Em meados dos anos 1980, na Tanzânia, foi implantado o tratamento restaurador atraumático (*Atraumatic Restorative Treatment - ART*), em razão da dificuldade de tratar pacientes na forma convencional, seja pela infraestrutura inadequada, seja por falta de acesso. Os pacientes tratados desse modo se mostravam menos traumatizados se comparados aos pacientes tratados convencionalmente. Assim se deu o nome à técnica.⁴⁻⁵

O ART consiste na remoção seletiva do esmalte e dentina cariados com instrumentos manuais, e inserção de material restaurador adesivo para selar a cavidade, conseqüentemente, não dependendo da eletricidade e de equipamentos odontológicos custosos, assim como não depende da aplicação de técnicas anestésicas por se limitar ao que se vê e à sensibilidade do paciente.⁶⁻⁸

Devido às suas características, o tratamento restaurador atraumático se encaixa plenamente na filosofia da odontologia na atualidade, que preconiza a mínima intervenção e máxima preservação, se mostrando demasiadamente eficaz e econômico na prevenção e controle da doença cárie.⁸⁻¹⁰

O cimento de ionômero de vidro de alta viscosidade (CIVAV) é o material indicado para a técnica de ART por apresentar melhor desempenho mecânico que o cimento de ionômero de vidro convencional (CIV) e facilidade de inserção na cavidade.¹¹

O CIV desponta como um agente capaz de preservar o tecido dentário devido às propriedades de união química à estrutura dental pelo mecanismo de quelação do cálcio e liberação de flúor.¹²⁻¹³ Esses mecanismos, reduzem a possibilidade de desenvolvimento da doença cárie. Soma-se a isso, as propriedades mecânicas que permitem sua indicação em áreas de mastigação, além da facilidade de manipulação e baixo custo, que favorecem

sua utilização principalmente nos serviços públicos de saúde.⁷

A sobrevida de restaurações em CIVAV após dois anos de acompanhamento demonstra que sua utilização após remoção seletiva de tecido cariado foi eficaz em manter a integridade dos tecidos dentários.¹⁴ Porém, seu custo elevado, quando comparado aos CIVs convencionais, impede sua ampla utilização na rede pública. Frente a essa situação, é prática comum dos cirurgiões-dentistas alterarem a proporção pó/líquido dos CIVs convencionais para que eles tenham comportamento similar, quanto à inserção na cavidade, ao CIVAV. Entretanto, os impactos que a alteração na proporção do cimento pode causar sobre a resistência mecânica não são bem esclarecidos.¹¹ Autores afirmaram que estudos que avaliam os resultados das alterações proporcionais de pó/líquido de cimentos de ionômero de vidro convencionais e de alta viscosidade são escassos na literatura.¹⁵⁻¹⁶

É sabido que a utilização de cimentos ionoméricos requerem uma correta manipulação do material, visto que, quando manuseado de forma inadequada, este perde suas propriedades mecânicas e químicas, comprometendo seu desempenho final. Alguns autores, enfatizam que variações na proporção pó/líquido, a viscosidade do líquido, a composição e a manipulação dos cimentos de ionômero de vidro podem impactar na resistência à compressão destes.¹⁷

Então, esse estudo propôs avaliar a resistência mecânica de um CIV convencional variando sua proporção pó/líquido e analisou os impactos dessa variação na manipulação do material sobre a sua resistência mecânica. A hipótese nula testada é que não haveria redução na resistência mecânica à compressão do cimento de ionômero de vidro convencional se alterada a proporção pó/líquido.

Metodologia

Para esse estudo *in vitro*, foram selecionados dois tipos de cimento de ionômero de vidro e de marcas distintas: Maxxion R (FGM, Joinville, Brasil) e Vitro Molar (DFL, Rio de Janeiro, Brasil), sendo convencional e de alta viscosidade, respectivamente (Figura 1). Ambos são apresentados na forma de pó e líquido em frascos separados e de ativação química (autopolimerizáveis). Na tabela 1, é possível verificar as especificações de cada CIV.

As amostras foram confeccionadas conforme a norma ISO 9917-1:2019¹⁸ para cimentos de polialcenoato de vidro. Matrizes cilíndricas à base de silicone, de dimensões 6 mm de altura e 4 mm de diâmetro (Figura 2), foram utilizadas para inserção do cimento. Os cimentos ionoméricos foram aglutinados em bloco de papel impermeável com espátula plástica, conforme instruções dos fabricantes. A matriz foi

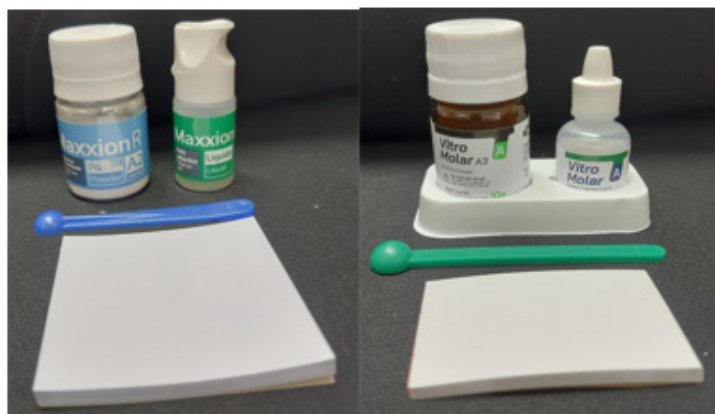


Figura 1. CIVs utilizados: Maxxion R e Vitro Molar, respectivamente

Fonte. Autora (2023).

Tabela 1. Relação dos CIVs utilizados.

Nome comercial	Fabricante	Polimerização	Classificação	Composição	Lote/Validade	Valor (R\$)
Maxxion R (MR)	FGM, Joinville, SC, Brasil	Auto	Convencional	Pó: vidro de fluorsilicato de alumínio, ácido tartárico, ácido cítrico, sulfato de bário e corante Líquido: ácido poliacrílico, água e conservante.	170323 03/2025	± 55,00
Vitro Molar (VM)	DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil	Auto	Alta viscosidade	Pó: silicato de flúor bário e alumínio, ácido poliacrílico desidratado e óxido de ferro. Líquido: ácido poliacrílico, ácido tartárico e água destilada.	23050493 04/2025	± 130,00

Fonte. Autora (2023).

colocada sobre uma placa de vidro e, após a inserção do cimento, uma tira de poliéster e uma lamínula de vidro permaneceram sobre esta até o tempo de presa inicial recomendado pelos fabricantes – 6min. Após esse período, os corpos de prova foram removidos da matriz e analisados em lupa estereoscópica para averiguar sua morfologia com o objetivo de eliminar amostras que possuíssem bolhas e/ou trincas. Então, foi feito acabamento com disco de lixa (TDV, Pomerode, Brasil) em baixa rotação, proteção da superfície com vaselina sólida e armazenamento em água destilada a 37°C por 24 ± 1h, em estufa, conforme ISO 3696:1987.

Quatro grupos foram formados (n=12), sendo: G1 (MR) - 1:1, proporção pó/líquido recomendada pelo fabricante, sendo o controle negativo; G2 (MR) -

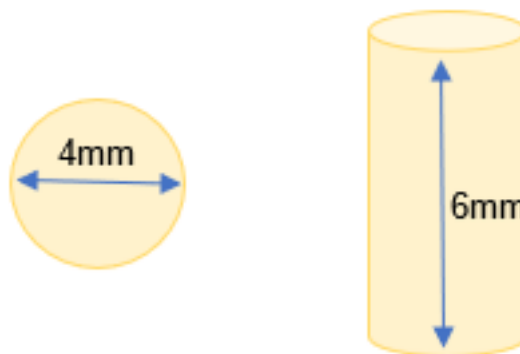


Figura 2. Diâmetro e altura dos corpos de prova.

Fonte. Autora (2023).

1,5:1, no qual a metade de uma medida foi mensurada em balança de precisão analítica (Shimadzu, Japão); G3 (MR) - 2:1; e G4 (VM) - 1:1, sendo o controle positivo por ser o de escolha para a técnica ART, totalizando 48 corpos de prova.

O ensaio de resistência à compressão (RC), que consiste em força no longo eixo síncrona nos dois extremos da amostra, porém em direções distintas (Figura 3), foi feito 24 ± 1 h depois em máquina universal EMIC DL 2000, com célula de carga de 500KgF e velocidade de deslocamento de 1,0mm/min, até que houvesse falha.

A equação para calcular a resistência à compressão é: $RC=4P/\pi d^2$, sendo “P” a força máxima aplicada, em newtons; “d” o diâmetro da amostra, em milímetros; e a considerar o valor de $\pi = 3,14$.

Para análise dos dados foi utilizado o Software Bio Estat 5.0, considerando nível de significância estatística de 0,05. Na análise descritiva foram realizados os cálculos de média e desvio padrão para cada grupo. Os pressupostos de normalidade nas curvas de distribuição e homogeneidade nas variâncias foram avaliados pelo teste Kolmogorov-Smirnov, cujo resultado comprovou

normalidade da amostra. Então, para análise inferencial, foi utilizado o teste paramétrico de análise de variância (ANOVA), seguido do teste de comparação múltipla de Tukey.

Resultados

Os valores de média e desvio padrão para cada grupo estão descritos na tabela 2. O teste ANOVA demonstrou que o G4 obteve a maior média ao teste de compressão (26,8), seguido pelos grupos G3 (20,0), G1 (17,60) e G2 (15,5), sendo o valor-p menor do que 5%. O teste de Tukey demonstrou diferença estatisticamente significativa entre as marcas selecionadas para esse estudo, Maxxion R e Vitro Molar, nas amostras entre os grupos G1 e G4 ($p<0,05$), e G2 e G4 ($p<0,01$). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos G1 e G2, G1 e G3, G2 e G3, G3 e G4. A hipótese nula proposta foi parcialmente aceita.

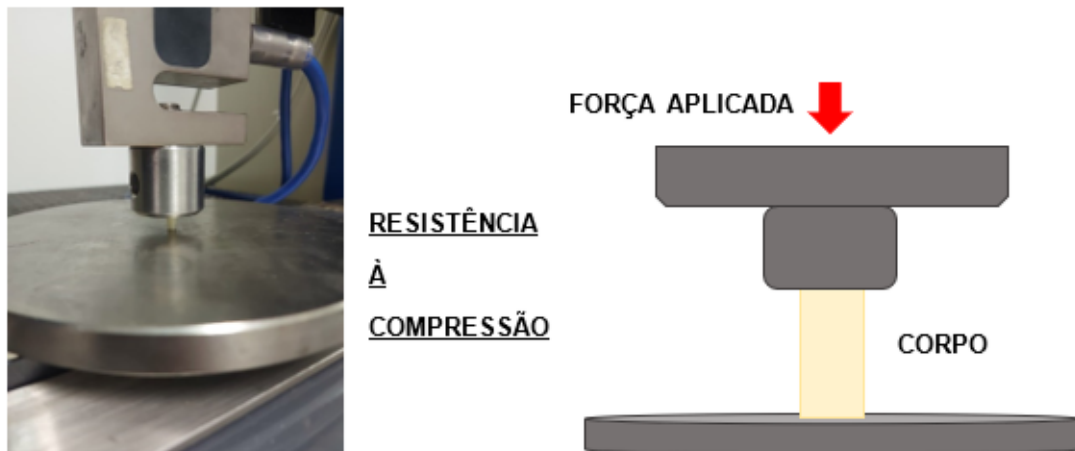


Figura 3. Representação fotográfica e ilustrada do ensaio de resistência à compressão.

Fonte. Autora (2023).

Tabela 2. Média e Desvio Padrão das amostras.

Grupo	Média (MPa)	DP
G1	17,6	4,4
G2	15,5	6,1
G3	20,0	8,7
G4	26,8	9,3

Fonte. Autora (2023)

Discussão

O teste de resistência à compressão corresponde ao emprego de força axial nas duas extremidades do corpo de prova, mas em direções opostas, com a finalidade de aproximar as moléculas do material.¹⁹ Esse teste é o mais indicado na comparação de materiais friáveis. Para alguns autores, o teste de RC faz-se muito importante em um material restaurador, aparentando os contatos oclusais que ocorrem durante a mastigação.²⁰⁻²¹ Já um outro autor, não considera esse teste uma propriedade fundamental devido às formas com que o material se desfaz quando sujeito à compressão.²² Contudo, a única metodologia especificada pela ISO relacionada ao cimento de ionômero de vidro é a do teste de resistência à compressão.¹³

No estudo de Menezes-Silva e autores, foi concluído que, especialmente pelas diferenças na viscosidade, proporção de pó e líquido, e manipulação, cimentos de ionômero de vidro de diferentes marcas se comportam de forma distinta quando em foco as propriedades mecânicas.²³

Muitos estudos comprovam que a proporção pó/líquido aumentada ou diminuída, o tempo, o modo de manipulação, a concentração de poliácido, o tamanho das partículas de pó, são fatores que fazem variar as propriedades mecânicas dos cimentos de ionômero de vidro, fatos que fizeram surgir cimentos com algumas alterações nas fórmulas.²⁴

Todavia, outro estudo mostrou que os monômeros resinosos presentes nos CIVs modificados por resina, apesar de apresentarem uma melhor resistência mecânica, acompanham-se de maior citotoxicidade.¹²

Os CIVs reforçados por metal (íons metálicos ou partículas metálicas sinterizados ou incorporados ao pó) apresentaram melhoria na resistência mecânica, porém estética desfavorável em razão de resultarem em uma cor cinzenta.²⁵

Foi feita comparação dos CIVs encapsulados com os tradicionais, em pó/líquido, nos estudos realizados por Avelino e autores. O pressuposto era que, com a ausência da interferência humana na manipulação, os encapsulados apresentariam menos porosidade e aglutinação melhorada. Porém, as diferenças na resistência à compressão encontradas não foram estatisticamente significativas entre essas duas apresentações do cimento.²⁶

Além desses fatores, o que pode influenciar consideravelmente na sobrevida de restaurações usando esse material é a característica das cavidades. Em um estudo realizado em 2019, os CIVs convencionais de baixo custo se mostraram satisfatórios após seis meses. Mas, somente os CIVAV tiveram boa sobrevida após um ano em dentes decíduos com cavidades pequenas ou médias.²⁷ De um modo geral, se tratando da abordagem

ART, as cavidades de superfície única oclusal tendem a mostrar um desempenho mais favorável do que as de superfícies múltiplas, por conta de possíveis falhas marginais.²⁸⁻³¹

Um estudo afirmou não haver evidências sobre o uso dos cimentos Maxxion R e Vitro Molar em restaurações oclusais do Tratamento Restaurador Atraumático, apesar desses materiais serem comumente usados em comunidades de baixa renda, não apenas no Brasil, mas também em outros países da América Latina. As taxas de sucesso desses CIVs nesse mesmo estudo foram de 57,5% (MR) e 61,1% (VM), porcentagens essas se mostrando inferiores comparando-as ao resultado que obteve um cimento importado, provando que a marca faz diferença quando se fala sobre o sucesso da restauração.³²

O Maxxion R é um CIV de baixa viscosidade e possui propriedades mecânicas mais baixas e maior solubilidade que o CIV de alta viscosidade.³³ No estudo de Menezes-Silva et al., por possuir uma menor proporção pó/líquido, o MR apresentou propriedades mecânicas inferiores aos outros cimentos comparados.²³ Fato este que se comprova pelos resultados obtidos em nosso estudo, em que a resistência à compressão, quando aumentada a proporção de pó em relação ao líquido (G2 – 1,5:1), diminuiu nesse cimento.

Conclusão

Com base nas análises dos resultados encontrados e considerando as limitações desse estudo *in vitro*, foi possível inferir que a alteração na proporção pó/líquido 1,5:1 (G2) reduziu a resistência mecânica à compressão do CIV convencional. O prosseguimento nesse tipo de pesquisa é recomendado devido às várias possibilidades e variações que podem ocorrer em um material sujeito ao teste de resistência a compressão, bem como a constante evolução dos materiais.

Conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse de nenhuma natureza.

Referências

1. Bonecker M, Abanto J, Imparato JC, Correa MS, Guedes-Pinto AC. Odontopediatria: evidências científicas para a conduta clínica em bebês e pré-escolares. 1. ed. São Paulo: Santos; 2018. 216 p.
2. Marsh PD. Dental plaque as a biofilm and a microbial community – implications for health and disease. BMC Oral Health [Internet]. 2006 [cited 2023 oct 05]; 6(S1): 1-7. Available from: <https://doi.org/10.1186/1472-6831-6-S1-S14> doi: 10.1186/1472-6831-6-S1-S14
3. Petersen PE. World Health Organization global policy for improvement

- of oral health - World Health Assembly 2007. *Int. dent. j.* [Internet]. 2008 [cited 2023 nov 10]; 58(3):115–21. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2008.tb00185.x> doi: 10.1111/j.1875-595X.2008.tb00185.x
4. Monnerat AF. Tratamento restaurador atraumático: abordagem clínica em saúde pública. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 214 p.
 5. De Azevedo MC, De Sá Pinto AC. Tratamento Restaurador Atraumático em Odontopediatria: Revisão de Literatura. *Id on Line Rev. Mult. Psic* [Internet]. 2020 [cited 2023 sept 15]; 28; 14(53): 72–83. Available from: <https://doi.org/10.14295/online.v14i53.2841> doi: 10.14295/online.v14i53.2841
 6. Frencken JE, Songpaisan Y, Phantumvanit P, Pilot T. An atraumatic restorative treatment (ART) technique: evaluation after one year. *Int.dent. j.* 1994; 44(5):460-4.
 7. Frencken JE. Atraumatic restorative treatment and minimal intervention dentistry. *Br. dent. j.* [Internet]. 2017 [cited 2022 may 09]; 223(3): 183–9. Available from: <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.664> doi: 10.1038/sj.bdj.2017.664
 8. Monnerat AF, De Souza MI, Monnerat AB. Atraumatic restorative treatment. Can we trust in this technique?. *Rev. Bras. Odontol.* [Internet]. 2013 [cited 2023 nov 07]; 70(1): 33-6. Available from: <http://revodontobvsalud.org/pdf/rbo/v70n1/a08v70n1.pdf>
 9. Navarro MF, Leal SC, Molina GF, Villena RS. Tratamento Restaurador Atraumático: atualidades e perspectivas. *Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.* [Internet] 2015 [cited 2023 sept 20]; 69(3): 289-301. Available from: <http://revodontobvsalud.org/pdf/apcd/v69n3/a13v69n3.pdf>
 10. Da Silva MA, Mendes CA. O tratamento restaurador atraumático em saúde pública e o custo dos materiais preconizados. *Revista de APS.* 2009; 12(3): 350-6.
 11. De Souza LS, De Amorim DM, Messias AM, Caldas SG, Galvão MR. Estudo comparativo in vitro da resistência ao desgaste entre o cimento de ionômero de vidro pó/líquido e o encapsulado. *Rev. Odontol. UNESP.* [Internet]. 2017 [cited 2022 may 22]; 46(1): 51-5 Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-2577.03616> doi: 10.1590/1807-2577.03616
 12. Da Silva RJ, De Queiroz MS, De França TR, Da Silva CH, Beatrice LC. Propriedades dos cimentos de ionômero de vidro: uma revisão sistemática. *Odontol. Clín.-Cient.* [Internet] 2010 [cited 2023 sept 15]; 9(2): 125-9. Available from: <http://revodontobvsalud.org/pdf/occ/v9n2/a07v9n2.pdf>.
 13. Navarro MF, Pascotto RC, Borges AF, Soares CJ, Raggio DP, Rios D, et al. Consensus on glass-ionomer cement thresholds for restorative indications. *J Dent.* [Internet]. 2021 [cited 2022 may 09]; 107(103609): 1-8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103609> doi: 10.1016/j.jdent.2021.103609
 14. Durmus B, Sezer B, Tugcu N, Caliskan C, Beriloglu N, Kargul B, et al. Two-year survival of high-viscosity glass ionomer in children with molar incisor hypomineralization. *Med. princ. pract.* [Internet]. 2021 [cited 2022 nov 09]; 30(1): 73-9. Available from: <https://doi.org/10.1159/000508676> doi: 10.1159/000508676
 15. Lund RG, Ogliari F, Lima GS, Del-Pino FA, Petzhold CL, Piva E. Diametral tensile strength of two Brazilian resin-modified glass ionomers cements: influence of the powder/liquid ratio. *Braz. j. oral sci.* [Internet]. 2007 [cited 2023 oct 03]; 6(21): 1353-6. Available from: <https://www.bioline.org.br/request?os07020>
 16. Nicholson JW, Sidhu SK, Czarnicka B. Enhancing the mechanical properties of glass-ionomer dental cements: a review. *Materials.* [Internet]. 2020 [cited 2023 nov 07]; 13(11): 2510. Available from: <https://doi.org/10.3390/ma13112510> doi: 10.3390/ma13112510
 17. Nomoto R, McCabe JF. Effect of mixing methods on the compressive strength of glass ionomer cements. *J. Dent.* [Internet]. 2001 [cited 2023 nov 10]; 29(3): 205-10. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(01\)00010-0](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(01)00010-0) doi: 10.1016/S0300-5712(01)00010-0
 18. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 9917-1: Odontologia - Cimentos à base de água - Parte 1: Cimentos ácido-base pó/líquido. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 26 p.
 19. Wang L, D'Alpino PH, Lopes LG, Pereira JC. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory tests. *J. appl. oral sci.* [Internet]. 2003 [cited 2023 nov 10]; 11(3): 162-7. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1678-77572003000300002> doi: 10.1590/S1678-77572003000300002
 20. Bresciani E, Barata TJ, Fagundes TC, Adachi A, Terrin MM, Navarro MF. Compressive and diametral tensile strength of glass ionomer cements. *J. appl. oral sci.* [Internet]. 2004 [cited 2023 sept 25]; 12(4): 344-8. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1678-77572004000400017> doi: 10.1590/S1678-77572004000400017
 21. Naasan MA, Watson TF. Conventional glass ionomers as posterior restorations. A status report for the American Journal of Dentistry. *Am J Dent.* 1998; 11(1): 36-45.
 22. Nicholson JW. Chemistry of glass-ionomer cements: a review. *Biomaterials* [Internet]. 1998 [cited 2023 nov 07]; 19(6): 485-94. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(97\)00128-2](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(97)00128-2) doi: 10.1016/S0142-9612(97)00128-2
 23. Menezes-Silva R, De Oliveira BM, Magalhães AP, Bueno LS, Borges AF, Baesso ML, et al. Correlation between mechanical properties and stabilization time of chemical bonds in glass-ionomer cements. *Braz. oral res.* [Internet]. 2020 [cited 2023 oct 05]; 34(e053): 1-12. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0053> doi: 10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0053
 24. Baig MS, Fleming GJ. Conventional glass-ionomer materials: A review of the developments in glass powder, polyacid liquid and the strategies of reinforcement. *J. dent.* [Internet]. 2015 [cited 2023 oct 03]; 43(8): 897-912. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.04.004> doi: 10.1016/j.jdent.2015.04.004
 25. Spezzia, S. Cimento de ionômero de vidro: revisão de literatura. *J. Oral Investig.* [Internet]. 2017 [cited 2023 nov 27]; 6(2): 74-88. Available from: Disponível em: <https://doi.org/10.18256/2238-510X.2017.v6i2.2134>
 26. Avelino EL, Nogueira CO, Dorini AL, Caldas SG, Galvão MR. Comparação da resistência à compressão entre o cimento de ionômero de vidro encapsulado e o sistema pó/líquido. *RFO UPF.* [Internet]. 2016 [cited 2022 nov 09]; 21(2): 191-5. Available from: <https://doi.org/10.5335/rfo.v21i2.5961> doi: 10.5335/rfo.v21i2.5961
 27. Moura MS, De Sousa GP, Brito MH, Silva MC, De Lima MD, Moura LF, et al. Does low-cost GIC have the same survival rate as high-viscosity GIC in atraumatic restorative treatments? A RCT. *Braz. oral res.* [Internet]. 2020 [cited 2023 nov 07]; 33(e125): 1-10. Available from: <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0125> doi: 10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0125
 28. Da Franca C, Colares V, Van Amerongen E. Two-year evaluation of the atraumatic restorative treatment approach in primary molars class I and II restorations. *Int J Clin Pediatr Dent.* [Internet]. 2011 [cited 2023 sept 15]; 21(4): 249-53. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2011.01125.x> doi: 10.1111/j.1365-263X.2011.01125.x
 29. Kemoli AM, Van Amerongen WE. Effects of oral hygiene, residual caries and cervical Marginal-gaps on the survival of proximal atraumatic restorative treatment approach restorations. *Contemp Clin Dent.* [Internet]. 2011 [cited 2023 sept 17]; 2(4): 318-23. Available from: <https://doi.org/10.4103/0976-237X.91796> doi: 10.4103/0976-237X.91796
 30. Hilgert LA, De Amorim RG, Leal SC, Mulder J, Creugers NH, Frencken JE. Is high-viscosity glass-ionomer-cement a successor to amalgam for treating primary molars?. *Dent. mater.* [Internet]. 2014 [cited 2023 sept 17]; 30(10): 1172-8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.07.010> doi: 10.1016/j.dental.2014.07.010
 31. De Amorim RG, Leal SC, Mulder J, Creugers NH, Frencken JE. Amalgam and ART restorations in children: a controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* [Internet]. 2014 [cited 2023 sept 15]; 18: 117-24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00784-013-0955-x> doi: 10.1007/s00784-013-0955-x
 32. Olegário IC, Pacheco AL, De Araújo MP, Ladewig NM, Bonifácio

CC, Imparato JC, et al. Low-cost GICs reduce survival rate in occlusal ART restorations in primary molars after one year: a RCT. *J. dent.* [Internet]. 2017 [cited 2022 may 08]; 57: 45-50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.12.006> doi: 10.1016/j.jdent.2016.12.006

33. Roeleveld AC, Van Amerongen WE, Mandari G. Influence of residual caries and cervical gaps on the survival rate of Class II glass ionomer restorations. *Eur J Paediatr Dent.* [Internet]. 2006 [cited 2023 nov 10]; 1: 85-90. Available from: <https://doi.org/10.1007/BF03320820> doi: 10.1007/BF03320820