

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

RAQUELINE OLIVEIRA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CIV'S CONVENCIONAIS:
ESTUDO *IN VITRO***

JUAZEIRO DO NORTE-CE
2019

RAQUELINE OLIVEIRA PEREIRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CIV'S CONVENCIONAIS:
ESTUDO *IN VITRO*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Odontologia do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel.

Orientador(a): Profa. Dr^a. Marcília Ribeiro Paulino
Coorientador(a): Profa. Ma. Natasha Muniz Fontes

JUAZEIRO DO NORTE-CE
2019

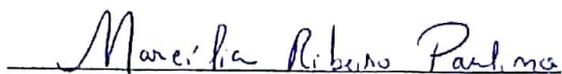
RAQUELINE OLIVEIRA PEREIRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CIV'S
CONVENCIONAIS: ESTUDO IN VITRO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Graduação em
Odontologia do Centro Universitário Doutor
Leão Sampaio, como pré-requisito para
obtenção do grau de Bacharel.

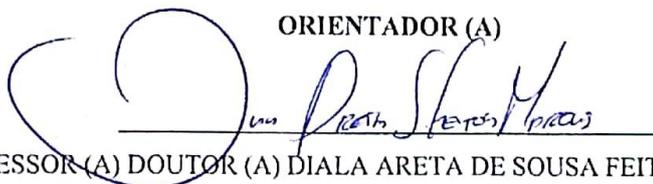
Aprovado em 09/12/2019.

BANCA EXAMINADORA



PROFESSOR (A) DOUTOR (A) MARCÍLIA RIBEIRO PAULINO

ORIENTADOR (A)



PROFESSOR (A) DOUTOR (A) DIALA ARETA DE SOUSA FEITOSA MARQUES

MEMBRO EFETIVO



PROFESSOR (A) ESPECIALISTA MÁRIO CORREIA DE OLIVEIRA NETO

MEMBRO EFETIVO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos dons me fornecidos e pela força para chegar até aqui, sempre o meu guia, meu escudo e meu protetor.

A minha família, Chagas Oliveira, Maria Aldanila, Damião Rodrigues e Maria do Livramneto, que são a razão do meu existir, a eles eu devoto a minha vida, por meio deles eu consegui alçar voos inimagináveis.

A Profa. Marcília Ribeiro Paulino por toda sua dedicação, paciência e orientação, sem ela nada disso seria possível.

A Profa. Natasha Muniz Fontes pela idealização e suporte de realização dessa pesquisa, sendo assim essencial.

A minha dupla, Kaique de Freitas por toda a sua dedicação a esse trabalho, por seu companheirismo e por toda a paciência e ajuda dedicadas a mim, a ele serei eternamente grata.

RESUMO

O uso generalizado e abrangente dos cimentos de ionômero de vidro como material restaurador está relacionado com a sua aderência a estrutura dentária, seu coeficiente de expansão térmica linear semelhante ao da dentina, como também sua biocompatibilidade. A sua baixa resistência mecânica a compressão pode ser explicada pelo momento da manipulação do material (reação de ácido-base), em que bolhas de ar podem ser incorporadas e levadas para cavidade. O objetivo do presente trabalho foi analisar diferentes marcas de CIV's do tipo convencional em relação a sua resistência à compressão nos períodos de presa imediata, após 24 horas e em 6 meses. Foram confeccionados 8 corpos de prova, para cada uma das marcas testadas. Eles foram imersos em água destilada e levados à estufa por um período de 24 horas, a temperatura de 37°C com intuito de simular as condições orais. Foram armazenados em água destilada por 6 meses. Realizaram-se os testes de resistência a compressão diametral em todos os intervalos de tempo. Os dados foram mensurados e analisados através dos testes estatísticos *Anova* e *Tukey*. Como resultado pôde-se observar que os 3 grupos de CIV's convencionais investigados são estatisticamente semelhantes entre si quanto a resistência à compressão após presa imediata (T₁). Em T₂ (24hs) houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, onde o Riva self cure mostrou-se superior. No tempo final de 6 meses (T₃) o Bioglass mostrou melhor resistência à compressão. Os resultados do presente estudo justificam a realização de outros trabalhos que englobem testes com diferentes tipos de proteção e sua interferência ao longo dos tempos em relação as propriedades mecânicas, uma vez que esse material é de grande importância na vivência clínica, sendo um material de baixo custo com ampla aplicabilidade e vantagens singulares como a liberação de flúor.

Palavras-chave: Fraturas por Compressão. Cimentos de Ionômeros de Vidro. Resistência de Materiais.

ABSTRACT

The widespread and comprehensive use of glass ionomer cements as a restorative material is related to their adherence to dental structure, their coefficient of linear thermal expansion similar to that of dentin, as well as their biocompatibility. Its low mechanical compressive strength can be explained by the moment of material manipulation (acid-base reaction), in which air bubbles can be incorporated and carried into the cavity. The objective of the present study was to analyze different brands of conventional GIC in relation to their compressive strength in the immediate set periods, after 24 hours and in 6 months. Eight specimens were made for each of the brands tested. They were immersed in distilled water and taken to the oven for 24 hours at a temperature of 37°C in order to simulate the oral conditions. They were stored in distilled water for 6 months. Tests for resistance to diametrical compression were performed at all time intervals. The data were measured and analyzed through the statistical tests Anova and Tukey. As a result, it was observed that the three groups of conventional GICs investigated are statistically similar in terms of compressive strength after immediate setting (T1). On T2-weighted sequences (24hs) there was a statistically significant difference between the groups, where Riva self cure proved to be superior. In the final time of 6 months (T3), Bioglass showed better compressive strength. The results of the present study justify other studies that include tests with different types of protection and their interference over time in relation to mechanical properties, since this material is of great importance in clinical experience, being a low-cost material with wide applicability and unique advantages such as fluoride release.

Keyword: Fractures, Compression. Glass Ionomer Cements. Material Resistance.

LISTA DE SIGLAS

CIV's	Cimentos de Ionômeros de Vidro
MPA	Mega Pascal
SiO	Sílica
Al₂O₃	Alumina
CaF₂	Fluoreto de Cálcio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dinâmica de confecção dos corpos de provas	13
Figura 2 - Cilindro de cimento de ionômero de vidro produzido	14
Figura 3 - Estufa	16
Figura 4 - Instron 4484	16

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição dos cimentos de ionômero de vidro adquiridos para utilização no estudo <i>in vitro</i>	14
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de resistência à compressão (Mpa) de diferentes marcas de CIV em diferentes tempos de estudo.....	18
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	METODOLOGIA	13
2.1	Tipo de estudo e amostra	13
2.1.1	<i>Confecção dos corpos de prova</i>	13
2.1.2	<i>Variações de tempo</i>	15
2.1.3	<i>Exposição a condições que simulem a cavidade oral</i>	15
2.1.4	<i>Teste de resistência a compressão</i>	16
2.2	Análise dos dados	17
3	RESULTADOS	18
4	DISCUSSÃO	19
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

A utilização do cimento de ionômero de vidro foi introduzida por Wilson e Kent no ano de 1970. Na sua composição básica, os cimentos de ionômero de vidro (CIV's) apresentam um pó formado principalmente por vidro de flúor-alumínio-silicato e por um líquido que contém uma solução aquosa com ácidos polialcenóicos, dentre eles o mais comumente utilizado é o ácido poliacrílico. A partir dessa composição se obtém a reação ácido-base (TIAN *et al.*, 2012; SHIOZAWA *et al.*, 2014).

O uso generalizado e abrangente dos CIV's como material dentário restaurador está relacionado com a sua aderência a estrutura dentária, ao seu coeficiente de expansão térmica linear semelhante ao da dentina, como também a sua biocompatibilidade. Os CIV's são materiais restauradores de uso significativo na prática odontológica, seu amplo espectro de uso está relacionado a algumas vantagens que os mesmos apresentam, como, sua natureza anti-cariogênica, permitindo dessa forma que haja a remineralização do remanescente de dentina afetada e por consequência o controle da recorrência da cárie. Além disso a ligação ionômerica do cimento minimiza a infiltração na interface dente / restauração (SILVA *et al.*, 2015; LERECH *et al.*, 2017).

Os processos de degeneração dentária são causados por diferentes fatores que podem comprometer o esmalte dentário, a dentina e os tecidos. Caso tais processos degenerativos sejam encontrados ainda em fase inicial pode haver reversibilidade, como é o caso de pontos esbranquiçados no esmalte dental. E, se não for esse o caso, diante de uma situação irreversível com inúmeros processos relacionados com a presença de cavitações, é imprescindível contar com o mais ideal e mais duradouro material que possa ser empregado no quadro em questão. Diante disso os CIV's entram como opções para utilização devido as suas inúmeras possibilidades de uso dentro da clínica odontológica, podendo ser um material restaurador, forrador e selante (SILVA *et al.*, 2013; LERECH *et al.*, 2017).

Os CIV's são utilizados em diferentes situações clínicas, tais como material para base cavitária, cimentante, para revestimento e material restaurador. Seu emprego consiste por ser um material que apresenta biocompatibilidade, translucidez, liberação de flúor, baixo coeficiente de expansão térmico e boa ligação química a estrutura dentária. Em contrapartida características como a baixa resistência mecânica, alta dissolução em sorção de água e por apresentarem elevado número de fraturas são pontos desvantajosos a serem relevados para sua indicação clínica. Tais fatores podem ser amenizados com a incorporação de materiais como

ligas de amálgama, hidroxiapatita, fibras de carbono e fluorapatita que aumentam a resistência mecânica e por conseguinte diminuem o número de fraturas (KHADEMOLHOSSEINI *et al.*, 2012; GARCIA-CONTRERAS *et al.*, 2015).

A baixa resistência mecânica no que se refere a compressão pode ser explicada pelo momento da manipulação do material, em que bolhas de ar podem ser incorporadas e levadas para cavidade, sendo assim o material irá conter porosidades que resultam em uma baixa resistência a compressão. Durante a mastigação forças de flexão, tração e compressão são exercidas com grande vigor, no que se deve atentar ao cuidado da indicação desse tipo de material em casos de elementos que recebem maior impacto durante a mastigação (GONZÁLEZ *et al.*, 2013; GJORGIEVSKA *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi analisar diferentes marcas de CIV's do tipo convencional em relação a sua resistência à compressão nos períodos após presa imediata, após 24 horas e em 6 meses.

2 METODOLOGIA

2.1. Tipo de estudo e amostra

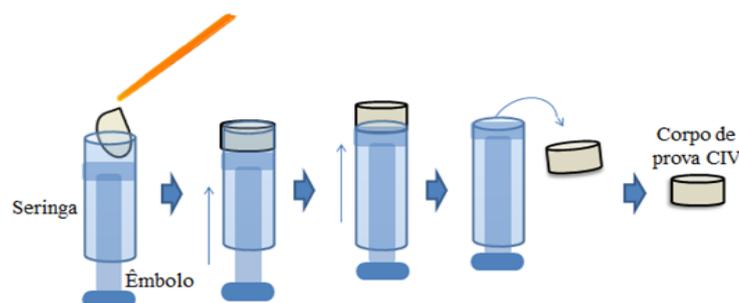
O presente estudo *in vitro* foi realizado no laboratório do curso de Odontologia do Universidade de Fortaleza-UNIFOR. Foi avaliada a resistência a compressão dos seguintes cimentos de ionômeros de vidro (CIV) restauradores convencionais: Bioglass (Biodinâmica®), Riva Self Cure (SDI®) e Uniglass (DFL®). Para isso foram confeccionados n=24 corpos de provas por grupo de CIV, sendo n=8 para cada tempo de avaliação. Os mesmos passaram por processos que simulavam as condições orais, sendo armazenados em água destilada, nos tempos T₂ (após 24 horas) e T₃ (após 6 meses).

2.1.1 Confeção dos corpos de prova

Os CIVs foram manipulados em placa de vidro segundo recomendação do fabricante e com auxílio da espátula plástica para Ionômero 142 Flexível - JON. 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 ocorreram entre 5 a 10 minutos (T₁), conforme recomendações do fabricante.

Os corpos de prova na forma cilíndrica foram confeccionados com auxílio de seringa estéril para irrigação de 5 ml (BD Plastipak®). Esta possui um diâmetro aproximado de 12mm. As seringas foram preenchidas com os CIV's até a marcada de 0,4 ml (FIG. 01). Após esse período os corpos de provas eram ejetados da seringa com auxílio do seu próprio êmbolo (FIG 02).

Figura 01 - Dinâmica de confecção dos corpos de provas.



Fonte: Autoria propria

Figura 02 - Cilindro de Cimento de Ionômero de Vidro produzido.



Fonte: Aatoria propria

Foram testadas três marcas de CIV's convencionais com função restauradora. As especificações de cada CIV estão dispostas no quadro 1. Durante o estudo utilizou-se uma amostra 72 cilindros, ou seja, um n=24 para cada uma das marcas (GI, GII e GIII).

Quadro 01 - Descrição dos cimentos de ionômero de vidro adquiridos para utilização no estudo *in vitro*. Juazeiro do Norte/CE, Brasil 2019

GRUPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	LOTE	VALIDADE
GRUPO I	Bioglass	BIODINÂMICA	<p>Pó: Fluorsilicato de Cálcio, Bário e Alumínio, Ácido Poliacrílico e Cargas inorgânicas.</p> <p>Líquido: Ácido Poliacrílico, Ácido tartárico e Água destilada.</p>	LOT 042/18	01/20
			<p>Pó: Silicato de Flúor, Estrôncio,</p>		

GRUPO II	Uniglass	DFL	Alumínio e Pigmentos. Líquido: Ácido Poliacrílico, Ácido tartárico e Água destilada.	LOT 18020167	10/20
GRUPO III	Riva Self Cure	SDI	Pó: Fluoreto de Silicato de Alumínio, Ácido Poliacrílico. Líquido: Ácido Poliacrílico, Ácido Tártarico.	110558401V	04/20

Fonte: Autoria Própria

2.1.2. Variações de tempo

Cada grupo com 24 amostras foi subdividido em diferentes intervalos de tempo, sendo T₁ o grupo de amostras testados após presa do material, T₂ os testados após 24 horas de presa e T₃ para os testados após 6 meses de presa do material. Para cada tempo foram avaliados n=8 corpos de prova.

2.1.3 Exposição a condições que simulem a cavidade oral

Iniciou as imersões em água destilada nos tempos T₂ e T₃ contidos em tubos plásticos (J10) com intuito de emular os fluidos orais. Objetivando ainda mais a semelhança com a cavidade bucal, os tubos com discos imersos em água destilada foram levados à estufa – QUIMIS® (Fig. 7), por um período de 24 horas (tempo estimado de presa total do material) e a 37°C, temperatura média similar à da cavidade oral em condições normais.

Figura 03 - Estufa (QUIMIS®)

2.1.4 Teste de resistência à compressão

Os corpos de prova foram testados em máquina Instron 4484 (Fig. 8), a qual a distância percorrida pela máquina até a fratura corresponde a 0,5 mm/min., obtendo como resultado os valores em Kilonewton (KN) sendo então os valores convertidos para MegaPascal (Mpa).

FIGURA 04 – Instron 4484

Fonte: Instron®

2.2 Análise dos dados

Os dados foram inseridos em uma plataforma do *Microsoft Excel* e analisados no *software IBM SPSS (22.0)* mediante estatística descritiva e inferencial: teste de Shapiro-Wilk (teste de normalidade); teste de Levene (teste de verificação de homogeneidade entre variâncias); ANOVA-One-Way (teste de comparação de médias); pós-teste de Tukey (teste de comparações múltiplas, após identificada diferença estatisticamente significativa entre grupos pelo teste ANOVA), adotando-se um nível de significância de 5%. Realizados os testes, dos dados obtidos e devidamente tabulados.

3 RESULTADOS

Verificou-se que os 3 grupos de CIVs convencionais investigados são estatisticamente semelhantes entre si quanto a resistência à compressão após presa inicial (T₁). Já no T₂ houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, onde o Riva self cure mostrou-se superior. No tempo final de 6 meses (T₃) o Bioglass mostrou melhor resistência à compressão.

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

	T ₁	T ₂	T ₃
GI (BIOGLASS)	0,09 (±0,02) Aa	0,24 (±0,06) Ab	0,51 (±0,12) Ab
GII (UNIGLASS)	0,079 (±0,01) Aa	0,18 (±0,04) Aa	0,32 (±0,04) Bb
GIII (RIVA SELF CURE)	0,15 (±0,06) Aa	0,44 (±0,10) Bb	0,24 (±0,07) Ba

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: Dados da pesquisa. AUTORIA PRÓPRIA.

No que se refere a avaliação do grupo GI em diferentes tempos se observou que no T₁ houve menor valor de resistência, enquanto que nos tempos T₂ e T₃ foram semelhantes entre si com aumento significativo da resistência. Já no GII os tempos T₁ e T₂ foram semelhantes entre si com valores menores quando comparado ao T₃ que apresentou valor significativamente maior. No GIII pode se observar um aumento significativamente estatístico entre os tempos T₁ e T₂, sendo que em T₃ houve uma redução significativa sendo assim semelhante estatisticamente ao T₁.

4 DISCUSSÃO

O cimento de ionômero de vidro convencional é comercializado sob a forma de pó e líquido. O pó tem em sua composição: sílica (SiO), alumina (Al₂O₃) e fluoreto de cálcio (CaF₂), sendo essas substâncias de caráter básico. O líquido, por sua vez possui ácido poliacarboxílico sob a forma de co-polímero com o ácido itacônico, tricarbálico, malêico ou tartárico, que favorecem a reatividade em detrimento da viscosidade do produto. Ao realizar a mistura desses componentes inicia-se uma reação de presa do tipo ácido-base que formará um sal hidratado, que atua como matriz de ligação entre as partículas de vidro (SILVA *et al.*, 2011).

Segundo Kim *et al.* (2015) o CIV tem sua reação do tipo ácido-base devido a presença do alumiossilicato no pó e do poliacarboxilato de zinco presente no líquido, no qual o alumínio presente age de forma a tornar o material restaurador resistente e endurecido. Dentro deste cenário, Bonifácio *et al.* (2009) aponta que o material, após a presa, apresenta-se na forma de uma matriz gel resultante da reação entre o ácido aquoso e o pó de vidro de íons lixiviáveis.

Silva *et al.* (2019) expõe que os CIV's, quando comparados as resinas compostas nos quesitos de força de compressão, resistência ao desgaste e tração apresentam resultados inferiores, sendo a resistência a compressão a característica que dita a sua indicação em diferentes regiões bucais. Exemplificando o exposto, Bonifácio *et al.* (2009) afirmam que as diferentes variações nas resistências dos CIVs podem ser explicadas pelas diferentes cadeias poliméricas, ou da interação destas com as partículas do pó. Os autores verificaram que texturas superficiais mais densas, poucas porosidades e menores partículas de pó resultam em maiores valores de resistência à compressão, dureza Knoop e resistência a tração diametral.

No estudo realizado por Raggio *et al.* (2010) aponta-se que o uso de seringas é essencial uma vez que sua utilização reduz a quantidade de espaços vazios no material restaurador assim como na interface dente restauração, fato esse que melhora a longevidade do material e evita erros por parte do profissionais. O ideal é que o material restaurador tenha fácil manipulação e dosagem padronizada para que empecilhos não ocorram, uma vez que os CIV's atualmente presentes em visões microscópicas apresentam grande quantidade de bolhas e rachaduras, o que conseqüentemente gera propriedades mecânicas ruins, pouca durabilidade, baixa resistência ao desgaste e compressão. Em conformidade, Pereira *et al.* (2018) afirmam que a não observância da proporção entre o pó e o líquido nas técnicas de mistura e inserção na cavidade, a proteção, a durabilidade do procedimento podem acarretar a incorporação de bolhas de ar no material com conseqüente diminuição da resistência à fratura, aumento da

solubilidade e da rugosidade de superfície, diminuição da dureza superficial e perda da aderência pelo retardo do tempo de inserção do material na cavidade.

Para a realização de estudos, Ilie (2018) aborda que o meio de estocagem é de suma importância, podendo ser realizado em água destilada, saliva natural ou artificial, assim como leite e substâncias ácidas são citadas, sendo essa última prejudicial as características do material. Em sua pesquisa, Kleverlaan et al. (2004) expuseram que vários fatores afetam as propriedades dos cimentos ionoméricos e, entre eles, podemos citar a água, a qual influência nos resultados dos experimentos. Analisando o efeito do armazenamento em água de espécimes de ionômero pode-se observar uma diminuição em suas propriedades mecânicas ao longo do tempo. Os autores também verificaram que um conjunto de aplicações externas como a excitação ultrassônica e a presa em ambiente aquecido melhoraram as propriedades mecânicas.

Dentro desse cenário foi observado que todos os grupos testados no presente trabalho não apresentaram diferenças significativas em T_1 , havendo diferenças estatísticas em T_2 e T_3 , fato justificado por Alvanfroush et al. (2019) pela maturação do CIV que melhora suas propriedades mecânicas a qual ocorre nas primeiras 24 horas, podendo se estender até 1 ano. Fragnan et al. (2011) corrobora com tal afirmação evidenciando a melhora na resistência a compressão e dureza no período entre 24 horas e 7 dias. Ambos autores corroboram com os achados do presente estudo.

Os resultados encontrados para o grupo do Uniglass e Bioglass vão de encontro com os achados já discutidos anteriormente, nos quais o aumento da resistência a compressão aumenta de acordo com o período de maturação do material. Enquanto que o Riva Self Cure apresenta valores maiores no período de 24 horas partindo do mesmo princípio e mostrando-se superior aos demais. Corroboram Avelino et al. (2016) que estabeleceram a comparação entre o Riva na forma encapsulada e convencional, mostrando não haver diferenças quanto à compressão entre esses materiais.

Porém esses valores decrescem após 6 meses, mostrando-se inferior aos demais, fato que pode ser justificado pelo processo de embebição. Sobre esse aspecto, Fragnan et al. (2011) relata que para manutenção das propriedades mecânicas do material é necessário a utilização de proteções superficiais pela propensão do material de sofrer sinérese e embebição nos primeiros 8 minutos.

Pereira et al. (2018) no estudo sobre a embebição evidenciou que entre as 6 marcas testadas o Riva Self Cure apresentou maiores alterações dimensionais quando exposto a diferentes substâncias sem a presença de proteção superficial, sendo justificado o fato de após

6 meses haver uma discrepância dos valores de resistência a compressão, uma vez que a presença de água degrada a interface de silano e acarreta em perda de cargas, consequentemente permitindo a instauração de microfissuras que diminuem a resistência a compressão (ALVANFOROUSH et al., 2019).

Quando observado a longevidade dos cimentos de ionômero de vidro a fratura se apresenta como um dos principais causadores da perda precoce desse tipo de material, sendo que o mesmo material pode apresentar diferentes valores de fratura a tenacidade, a depender de características como incorporação de bolhas e a condução de trincas (ALVANFOROUSH et al., 2019). Avelino et al. (2016) também evidencia que aspectos como a manipulação facilita a incorporação de bolhas e alterações na quantidade de pó e líquido, o que reflete diretamente na diminuição da resistência mecânica.

Diante do exposto, são necessários novos estudos com CIVs que abranjam testes com diferentes tipos de proteção e sua interferência ao longo do tempo em relação as propriedades mecânicas, uma vez que esse material é de grande importância na prática clínica odontológica, sendo um material de baixo custo, ampla aplicabilidade e vantagens como liberação de flúor e adesividade química a estrutura dentária.

5 CONCLUSÃO

Os 3 grupos de CIV convencionais investigados apresentaram semelhanças estatísticas entre si quanto à resistência à compressão após presa inicial (T₁). Já no momento de 24 horas após presa (T₂), houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos, onde o Riva self cure mostrou-se superior. No tempo final de 6 meses (T₃) o Bioglass mostrou melhor resistência à compressão.

Os resultados do presente estudo justificam a realização de outros trabalhos que englobem testes com diferentes tipos de proteção e sua interferência ao longo dos tempos em relação as propriedades mecânicas, uma vez que esse material é de grande importância na vivência clínica, sendo um material de baixo custo com ampla aplicabilidade e vantagens singulares como a liberação de flúor.

REFERÊNCIAS

ALVANFOROUSH, N.; WONG, R.; BURROW, M.; PALAMARA, J. Fracture toughness of glass ionomers measured with two different methods. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, v. 90, n. 1, p. 208-16, 2019.

AVELINO, E.L.L.C.; NOGUEIRA, C.O.P.; DORINI, A.L.; CALDAS, S.G.F.R.; GALVÃO, M.R. Comparação da resistência à compressão entre o cimento de ionômero de vidro encapsulado e o sistema pó/líquido. **Revista da Faculdade de Odontologia**, v. 21, n. 2, p. 191-95, 2016.

BONIFÁCIO, C.C.; KLEVERLAAN, C.J.; RAGGIO, D.P.; WERNER, A.; DE CARVALHO, R.C.R.; VAN AMERONGEN, W.E. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. **Australian Dental Journal**, v. 54, n. 1, p. 233-37, 2009.

FRAGNAN, L.N.; BONINI, G.A.V.C.; POLITANO, G.T.; CAMARGO, L.B.; IMPARATO, J.C.P.; RAGGIO, D.P. Dureza Knoop de Três Cimentos de Ionômeros de Vidro. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v. 11, n. 1, p. 73-76, 2011.

GARCIA-CONTRERAS, R.; SCOUGALL-VILCHIS, R.J.; CONTRERAS-BULNES, R.; SAKAGAMI, H.; MORALES-LUCKIE, R.A.; NAKAJIMA, H. Mechanical, antibacterial and bond strength properties of nano-titanium-enriched glass ionomer cement. **Journal of Applied Oral Science**, v. 23, n. 3, p. 321-28, 2015.

GJORGIEVSKA, E.; TENDELOO, G.V.; NICHOLSON, J.W.; COLEMAN, N.J.; SLIPPER, I.J.; BOOTH, S. The Incorporation of Nanoparticles into Conventional Glass-Ionomer Dental Restorative Cements. **Microscopy and Microanalysis**, v. 21, n. 2, p. 392-406, 2015.

GONZÁLEZ, H.; CASTILLO, M.; CASTILLA, V.; FLORES, G. Compressive strength of glass ionomer Ionofil Molar® and Vitremer® according to exposure time in artificial saliva. **Rev. Clin. Periodoncia Implantol. Rehabil. Oral**, v. 6, n. 2, p. 75-77, 2013.

ILIE, N; HICKEL, R; VALCEANU, A S; HUTH, K C. Fracture toughness of dental restorative materials. **Clinical Oral Investigations**, v. 16, n. 2, p. 489–498, 2012.

KHADEMOLHOSSEINI, M.R.; BAROUNIAN, M.H.; ESKANDARI, A.; AMINZARE, M.; ZAHEDI, A.M.; GHAHREMANI, D. Development of New Al₂O₃/TiO₂ Reinforced Glass-Ionomer Cements (GICs) Nano-Composites. **Journal Basic and Applied Scientific Research**, v. 2, n. 8, p. 7526-29, 2012.

KIM, D; ABO-MOSALLAM, H; LEE, H; LEE, J; KIM, H; LEE, H. 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**, v. 23, n. 4, p. 369-75, 2015.

KLEVERLAAN, C.J.; VAN DUINEN, R.N.B.; FEILZER, A.J. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. **Dental Materials**, v. 20, n. 1, p. 45-50, 2004.

LERECH, S.B.; TARÓN, S.F.; DUNOYER, A.T.; ARRIETA, J.M.B.; CABALLERO, A.D. Compressive strength of glass ionomer and composite resin. In vitro study. *Revista Odontológica Mexicana*, v. 21, n. 2, p. 107-11, 2017.

PEREIRA, J.; DAROZ, L.G.D.; XIBLE, A.X. Efeito da técnica de inserção na resistência mecânica de dois cimentos de ionômero de vidro de alta viscosidade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Saúde**, v. 20, n. 1, p. 79-84, 2018.

RAGGIO, D. P; BONIFÁCIO, C. C; BÖNECKER, M; IMPARATO, J. C. P; GEE, A. J; AMERONGEN W. E. Effect of Insertion Method on Knoop Hardness of High Viscous Glass Ionomer Cements. **Brazilian Dental Journal**, v. 21, n. 5, p. 439-45, 2010.

SHIOZAWA, M.; TAKAHASHI, H.; IWASAKI, N. Fluoride release and mechanical properties after 1-year water storage of recent restorative glass ionomer cements. **Clin. Oral Invest.**, v. 18, n. 4, p. 1053-60, 2014.

SILVA, F.W.G.P.; QUEIROZ, A.M.; FREITAS, A.C.; ASSED, S. Glass Ionomer cement in pediatric dentistry. **Odontologia Clínico-Científica**, v. 10, n. 1, p. 13-17, 2011.

SILVA, R M; CARVALHO, V X M; DUMONT, V C; SANTOS, M H; CARVALHO, A M M L. Addition of mechanically processed cellulosic fibers to ionomer cement: mechanical properties. **Brazilian Oral Research**, v. 29, n. 1, p. 1-8, 2015.

SILVA, R M; OLIVEIRA, B M B; FERNANDES, P H M; SHIMOHARA, L Y; PEREIRA, F V; BORGES, A F S; BUZALAF, M A R; PASCOTTO, R C; SIDHU, S K; NAVARRO, M F L. Effects of the reinforced cellulose nanocrystals on glass-ionomer cements. **Dental materials**, v. 35, n. 4, p. 564-73, 2019.

SILVA, R.M.; SANTOS, P.H.N.; SOUZA, L.B.; DUMONT, V.C.; SOARES, J.A.; SANTOS, M.H. Effects of cellulose fibers on the physical and chemical properties of glass ionomer dental restorative materials. **Materials Research Bulletin**, v. 48, n. 1, p. 118-26, 2013.

TIAN, K.V; NAGY, P.M.; CHASS, G.A.; FEJERDY, P.; NICHOLSON, J.W.; CSIZMADIA, I.G.; DOBO-NAGY, C. Qualitative assessment of microstructure and Hertzian indentation failure in biocompatible glass ionomer cements. **Journal of Materials Science**, v. 23, n. 3, p. 677-85, 2012.