



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Araçatuba



Leandro Rahal Mestrener

**Solubilidade e resistência ao reparo de
cimentos de ionômero de vidro submetidos a
desafios ácidos**

ARAÇATUBA - SP

- 2014 -



Leandro Rahal Mestrener

**Solubilidade e resistência ao reparo de
cimentos de ionômero de vidro submetidos a
desafios ácidos**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” -UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Odontologia.

Orientadora: Prof^a. Ass. Dr^a. TICIANE CESTARI FAGUNDES

Co-Orientador: Prof.Tit. RENATO HERMAN SUNDFELD

ARAÇATUBA - SP

- 2014 -

Dedicatória

]

A Deus que está presente em todos os momentos da minha vida, iluminando meus passos e me protegendo de baixo de suas asas.

A Ele que é Vida e Amor, Toda Honra e Glória e Poder.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por estar comigo, e ter me ajudado na escolha dessa linda profissão, e também por Ele colocar pessoas tão especiais no meu caminho que sem elas não conseguiria estar aqui;

A minha orientadora a qual sempre me apoiou e acreditou em mim, em suas conversas muitas delas calmas outras nervosas mas sempre com aquele olhar carinhoso de preocupação para a realização de um trabalho bem feito, aquela pessoa especial que foi além de orientadora, uma amiga com seus conselhos e incentivos para nunca desistir e sempre buscar meus sonhos.

Ao Professor Renato que como um pai com suas conversas me guiava no caminho da pesquisa e em muitas outras coisas, sempre querendo ajudar como um pai preocupado com seu filho.

Aos Professores da Dentística, Prof. Ricardinho sempre animado e sorrindo alegrando a clínica e corrigindo cada detalhe. Ao Prof. André com suas maravilhosas esculturas, além de suas conversas que me ajudaram a guiar o meu caminho a seguir nessa nova fase da minha vida. Ao Prof. Tio Silvio, que sempre esteve lá para tudo em todos os momentos, sendo o meu primeiro professor na clínica, fazendo me apaixonar ainda mais por essa linda profissão, a qual escolhi.

Ao Departamento de Odontologia Restauradora, que sempre me tratou como membro da família, aos alunos de mestrado e doutorado, sempre presentes para sanar minhas dúvidas e ao mesmo tempo alegrando o departamento durante as horas de trabalho.

A Todos os Professores da faculdade que de alguma forma me ajudaram passando seu conhecimento, para que pudesse aprender a ser um excelente profissional.

Aos funcionários que estavam sempre, solícitos para tudo, distribuição de prontuário esterilização de material, e que mantiveram a clínica funcionando de maneira organizada.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado por todos esses 5 anos, e que juntos hoje posso chama-los de família.

Ao meu pai sempre me levando para onde precisei me acompanhando em todas as minhas viagens de pesquisa.

Ao Meu outro Eu, meu irmão, meu melhor amigo, companheiro, conselheiro, parceiro andando comigo em cada passo.

E não poderia deixar de a pessoa mais especial que esteve comigo nessa caminhada, minha Mãe ou diria; Minha professora; Minha Amiga; Minha Companheira , por todos os momentos que ficava me explicando as matérias de madrugada ao simples fato de ter paciência para me escutar nos meus momentos de angustia, ou mesmo compartilhando minhas maiores alegrias e triunfos, a pessoa a quem me fez escolher essa profissão tão digna e maravilhosa, “é a você que eu SEMPRE vou buscar aquela estrela”

Epígrafe

É graça divina começar bem. Graça maior persistir na caminhada certa. Mas graça das graças é não desistir nunca.

Dom Hélder Câmara

MESTRENER, L.R. Solubilidade e resistência ao reparo de cimentos de ionômero de vidro submetidos a desafios ácidos. 2014. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso- Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2014.

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a solubilidade de cimentos ionoméricos (CIVs) imersos em soluções ácidas e submetidos à escovação, além de avaliar a resistência ao reparo dos CIVs imersos em soluções ácidas. Foram confeccionados 30 espécimes para cada CIV (Vitremer, Vitro Fil LC, Vitro Fil, Maxxion R), com dimensões de 10mm de diâmetro e 3mm de altura. Após a pesagem eles foram divididos em três grupos e imersos em: água destilada por 15 dias (grupo controle), Coca-Cola, durante 15 dias e ácido clorídrico durante 2 horas (similar ao suco gástrico), todos a 37°C. Após a imersão nas soluções, todos os corpos de provas foram submetidos a repetidos ciclos de escovação para posteriormente se determinar a massa final. Em seguida, os espécimes foram incluídos em resina acrílica autopolimerizável deixando-se toda a superfície do CIV exposta. Após asperização da superfície, uma área de 4mm foi delimitada com auxílio de uma fita adesiva com uma perfuração central. A área circular delimitada foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, lavada com jato de ar/água e seca com papel absorvente. Após o tratamento superficial, foi confeccionado sob cada espécime um cilindro do mesmo cimento para o teste de resistência ao reparo que foi realizado por meio do teste de cisalhamento. O armazenamento foi realizado nas soluções citadas anteriormente durante 7 dias a 37 °C com exceção do ácido clorídrico que foi durante 2 horas. Os resultados foram avaliados por análise de variância e teste de Fisher. O nível de significância utilizado foi de 5%. Em relação à solubilidade os CIVs modificados por resina sofreram ação somente do ácido clorídrico, sendo que os CIVs convencionais sofreram ação das duas soluções ácidas. Para o teste de resistência ao reparo, constatou-se que somente o CIV Vitro Fil LC apresentou diferença estatística em relação às diferentes imersões utilizadas. Mediante os resultados desse estudo, pode-se concluir que o ácido clorídrico tem ação degradativa em todos os cimentos estudados, porém os mesmos apresentaram capacidade de reparo mesmo sobre a ação das soluções ácidas, com exceção do cimento Vitro Fil LC que, no entanto apresentou os melhores resultados de resistência ao reparo.

Palavras Chaves: Cimento de Ionômero de Vidro, Solubilidade, Resistência ao Cisalhamento

MESTRENER, L. **Solubility and repair of glass ionomer cements after acid challenges.** 2014. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2014.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the solubility of glass ionomer cements (GICs) immersed in acid solutions and subjected to brushing. In addition to assess the resistance to repair of GICs immersed in acidic solutions. Thirty specimens were prepared for each GICs (Vitreme, Vitro Fil LC, Vitro Fil, Maxxion R), with dimensions of 10mm in diameter and 3mm in height. After weighing they were divided into three groups and immersed in distilled water for 15 days (control group), hydrochloric acid for 2 hours (similar gastric juice) and Coca Cola for 15 days at 37 ° C. After immersion in the solutions, all test samples were subjected to repeated cycles of brushing. Then the specimens were embedded in acrylic resin letting up the entire surface exposed. After the surface treatment, a cylinder of the same cement was made in each specimen to evaluate the repair resistance, by the shear test. The storage was performed in the previously solutions for 7 days at 37° C with the exception that the hydrochloric acid solution was during 2 hours. The results were evaluated by analysis of variance and Fisher's test. The significance level was 5%. In relation to the solubility, resin modified GICs suffered only the action of hydrochloric acid, conventional GICs suffered action of the two acid solutions. For the repair test, it was found that only the GIC Vitro Fil LC showed statistically difference between the immersions used. It can be concluded that the hydrochloric acid has degradative action on all cements studied, but they had the ability to repair even over action of acid solutions exceptet for Vitro Fil LC, however it presented the best results for repair strenght.

Key Words: Glass Ionomer Cements, Solubility, Shear Strength

Lista de Figuras

Figura 1	Matriz de Teflon, com corpo de prova confeccionado.	13
Figura 2	Proporções pó/líquido após pesagem em balança analítica.	14
Figura 3	A: Inserção do CIV com seringa Centrix e B: Adaptação da fita de poliéster sobre o espécime.	14
Figura 4	A: Incubação em resina acrílica auto-polimerizável; B: Área delimitada com auxílio de uma fita adesiva.	18
Figura 5	Cilindro confeccionado simulando um reparo.	19
Figura 6	Vitremer imersão em água. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.	22
Figura 7	Maxxion R imersão em água. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.	23
Figura 8	Vitro Fil LC imersão em Coca-Cola. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.	23
Figura 9	Vitro Fil imersão em HCl. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.	23

Lista de Tabelas

Tabela 1	Cimentos de ionômero de vidro que foram utilizados no presente estudo.	13
Tabela 2	Médias e desvios-padrões dos valores de solubilidade ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$).	21
Tabela 3	Médias e desvios-padrões dos valores de cisalhamento (MPa).	22
Tabela 4	Análise do tipo de fratura.	22

Lista de Fluxogramas

Fluxograma 1	Fluxograma ilustrando a sequência dos experimentos para o teste de perda de massa para cada cimento ionomérico	17
Fluxograma 2	Fluxograma ilustrando a sequência dos experimentos para o teste de resistência ao reparo.	20

Lista de Abreviaturas

CIV= Cimento de Ionomero de Vidro

A= Adesiva

CC=Coesiva de Corpo

CB=Coesiva da Base

M=Mista

SUMÁRIO

Introdução e Justificativa.....	11
Objetivos.....	12
Materiais e Métodos	12
Forma de análise dos resultados.....	20
Resultados.....	20
Discussão.....	24
Conclusão	26
Referências Bibliográficas.....	27

Introdução e Justificativa

Os cimentos de ionômero de vidro (CIVs) surgiram na década de 1970, essencialmente compostos de ácido polialcenóico e vidro de fluoroaluminossilicato.¹⁸ Os materiais resultantes chamados de ionômeros convencionais apresentam algumas limitações em relação a estética e resistência mecânica. O contínuo desenvolvimento levou a introdução dos CIVs modificados por resina, com adição de metacrilatos, resultando em um material mais resistente e com melhores qualidades estéticas.³⁹

O ionômero modificado por resina tem um lugar importante e estável nas restaurações odontológicas, como material de restauração, cimentação, forramento e selamento de fósulas e fissuras. Esses cimentos tem sido largamente indicados para restauração de lesões cervicais não cariosas.²³ Existem ainda evidências de que eles estão associados à redução da incidência de cárie secundária e promovem remineralização dentinária.³²

Dentre as causas de lesões cervicais não cariosas pode-se mencionar a erosão dental. A erosão dental é definida pela perda do elemento dental duro por ácidos sem o envolvimento de bactérias, sendo classificada como intrínseca ou extrínseca.^{16,25,37} Fatores extrínsecos incluem o frequente consumo de ácidos na alimentação e no uso de medicamentos.^{1,16} Enquanto que fatores intrínsecos estão relacionados à desordens alimentares e refluxo gástrico.^{1,16} O frequente contato entre ácido e superfície dental causa perda de estrutura resultando em uma superfície suscetível aos efeitos da abrasão mecânica.^{6,16,28} Além disso, em situações graves, como a doença de refluxo gastroesofágico ocorre uma perda significativa da estrutura dental, dimensão vertical, função, hipersensibilidade, defeitos estéticos inaceitáveis, até mesmo podendo ocorrer uma exposição pulpar.⁹

No passado pacientes eram deixados sem tratamento ou eram feitas reabilitações com coroas extensas.^{8,27} No entanto, com o aprimoramento dos materiais restauradores tornou-se possível a reabilitação de dentes que sofreram erosão de uma maneira menos invasiva; usando os materiais de restauração direta como as resinas compostas e os CIVs. Entretanto, os CIVs são capazes de restabelecer função e estética da estrutura dental, ao mesmo tempo controlando a hipersensibilidade dentinária.^{8,27} Sabe-se que a longevidade da restauração depende da durabilidade do material e de suas propriedades, como a resistência ao desgaste, integridade da interface dente/restauração, dureza e rugosidade da superfície.²⁷ No entanto, como todo cimento que contém água em sua

composição, apresentam fragilidade que pode levar à fratura e ao desgaste. Existe, portanto, a necessidade clínica de se reparar os CIVs pela adição de uma nova porção de material. O reparo de resina composta vem sendo extremamente estudado e tornou-se rotina na clínica, contribuindo para filosofia de mínima intervenção.^{10,20}

Neste contexto, há estudos laboratoriais que avaliam diferentes tratamentos aplicados na superfície ionomérica a ser reparada; assim como, o tempo inicial de reparo e o tipo de fratura na interface.^{2,4,14,15,28,29,30,17,31,35,36} Entretanto, há falta de estudos *in vitro* que avaliem a susceptibilidade à degradação dos CIVs quando submetidos ao meio ácido e escovação. Adicionalmente, faltam estudos que analisam a durabilidade da adesão entre os CIVs degradados e a nova porção de cimento após armazenamento em meio ácido.

Objetivos:

O primeiro objetivo deste estudo foi avaliar a solubilidade de cimentos ionoméricos imersos em soluções ácidas e submetidos à escovação. O segundo objetivo foi avaliar a resistência ao reparo de cimentos ionoméricos imersos em soluções ácidas.

As hipóteses nulas a serem estudadas foram:

- 1) A imersão em soluções ácidas e a escovação simulada não influenciarão na solubilidade dos diferentes CIVs estudados.
- 2) Não há diferença entre os diferentes CIVs estudados em relação à solubilidade após imersão nas diferentes soluções seguidas de escovação simulada.
- 3) Os diferentes CIVs reparados não sofrerão à ação das soluções ácidas.
- 4) Não há diferença entre os diferentes CIVs estudados em relação à resistência ao reparo após imersão nas diferentes soluções.

Materiais e Métodos

Materiais

Os cimentos de ionômero de vidro que foram utilizados neste estudo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Cimentos de ionômero de vidro que foram utilizados no presente estudo.

Materiais	Tipo	Cor- P/L	Composição	Fabricante	Lote
Vitremer	Modificado por resina	A3 2.5:1	Pó: Fluoroaluminossilicato de vidro, polissulfeto de potássio, ácido ascórbico e pigmentos Líquido: Ácido policarboxílico modificado, grupos metacrilatos, água, HEMA e foto-iniciadores	3M ESPE Dental Products, St Paul, MN, USA	1230200140
VitroFil LC	Modificado por resina	A3 2:1	Pó: Silicato de estrôncio-alumínio, carga, ativadores e óxido de ferro Líquido: 2-Hidroxietil Metacrilato, solução aquosa de ácidos poliacrílico e tartárico, peróxido de benzoíla e canforoquinona.	DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil	pó 12030385 líquido 12030384
VitroFil	Convencional	A3 2:1	Pó: Silicato de estrôncio e alumínio, ácido poliacrílico desidratado e óxido de ferro. Líquido: ácido poliacrílico, ácido tartárico e água destilada	DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil	120304321
Maxxion R	Convencional	A3 3:1	Pó: ionômero de vidro micronizado, pigmentos (óxidos de ferro), cargas (sílica e zircônia), fluoretos (fluoreto de potássio) Líquido: ácido poliacrílico e ácido tartárico, água deionizada	FGM, Joinville, SC, Brasil	130712

Confecção dos Corpos de Prova

Para cada tipo de cimento ionomérico foram confeccionados 30 discos. A confecção dos espécimes foi realizada através de uma matriz de Teflon com cavidade que permitiu a padronização dos discos com as seguintes dimensões: 10mm de diâmetro e 3mm de espessura, totalizando 120 corpos de prova. (Figura 1)



As proporções pó/líquido de cada material foram pesadas em uma balança de precisão (Mettler Toledo, AB204, Switzerland) e manipuladas conforme as instruções dos fabricantes (Figura 2). A manipulação dos materiais foi realizada sobre placa de vidro e com espátula de plástico, com a temperatura ambiente de 23 (± 1) °C (ISO 9917-1 e 9917-2).



Figura 2: Proporções pó/líquido após pesagem em balança analítica

Para o CIV auto-polimerizável, após o preenchimento da matriz com um único incremento, com auxílio de uma seringa Centrix (Centrix Inc., Shelton, PA, USA), o material foi coberto com uma fita de poliéster e laminula, e pressionado manualmente por 1 min para o extravasamento do excesso do cimento. Os CIVs modificados por resina foram inseridos na matriz, com auxílio de uma seringa Centrix, polimerizando-se os dois lados do disco por 40s com fotopolimerizador (Ultralux, DabiAtlanti, Ribeirão Preto, Brazil, 500 mW/cm²). Os corpos-de-prova foram armazenados em 100% de umidade relativa em estufa a 37°C por 24 horas. (Figura 3A e B).

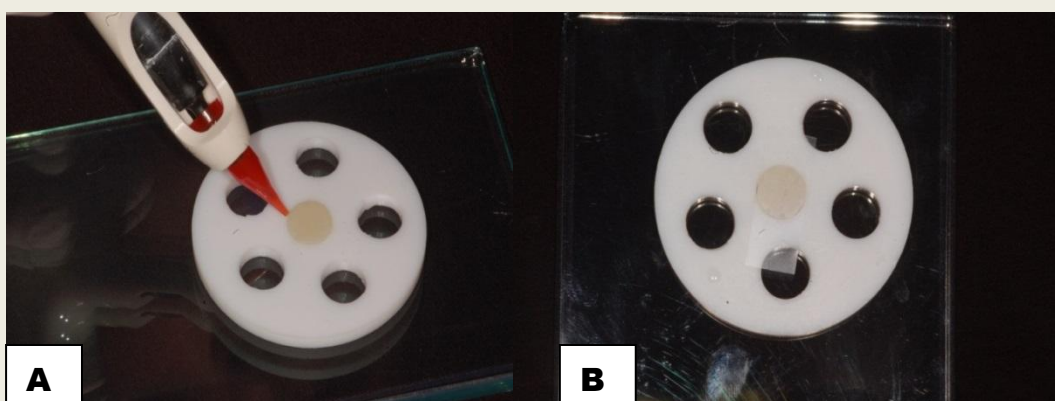


Figura 3A: Inserção do CIV com seringa Centrix e B: Adaptação da fita de poliéster sobre o espécime.

Para a planificação da superfície e padronização do polimento, os corpos-de-prova foram fixados em cera pegajosa Kota (Kota Ind. E Com. Ltda., São Paulo), no centro de um disco de acrílico, tomando-se o cuidado de demarcar na lateral do corpo-de-prova a face que foi submetida ao polimento. A planificação e o polimento foram realizados com lixas de carboneto de silício em ordem decrescente de granulação em politriz (#360, #600). As amostras foram lavadas por 10 minutos em uma cuba de ultrassom (Cristófoli, Campo Mourão, Brazil), para a remoção de resíduos presentes na superfície do corpo-de-prova, tal procedimento foi realizado a cada troca de lixa. Os espécimes foram mantidos em 100% de umidade relativa em estufa a 37°C por 24 horas.

Microscopia de varredura inicial

Com o objetivo de se observar a superfície dos espécimes antes dos desafios, foram confeccionadas réplicas de 3 espécimes de cada grupo. As superfícies dos espécimes foram moldadas com silicona de adição (Express XT, 3M ESPE). Primeiramente foi utilizado o material denso, posteriormente foi realizado um alívio e o material fluido colocado.

Para a confecção das réplicas, os moldes foram vazados com resina epóxica (PolyBed 812) e deixados em estufa a 37°C por 48 horas para tomar presa. Em seguida, as réplicas foram metalizadas (Metalizador MED 010, Balzers) e analisadas em microscopia de varredura (MEV DSM 900, Zeiss). As imagens obtidas foram utilizadas apenas de maneira demonstrativa.

Peso inicial

Os espécimes foram pesados a cada 24 horas até que o peso estabilizasse com variação menor que 0,1 mg, por meio de uma balança de precisão (Mettler Toledo, AB204, Switzerland).⁹ Assim, foi determinada a massa inicial (m1).

Imersão em água destilada

Dez espécimes de cada tipo de CIV, referentes aos grupos controles, foram imersos individualmente em recipientes contendo 10ml de água destilada durante 15 dias a 37 °C.

Imersão em soluções ácidas

Outros 10 espécimes de cada tipo de CIV foram imersos em recipientes contendo 10ml de Coca-Cola (Coca-Cola Co, Ribeirão Preto, SP, Brasil, pH 2,5) durante 15 dias a 37 °C, com o intuito de avaliar a ação do ácido proveniente dos refrigerantes.

Dez espécimes de cada tipo de CIV foram também imersos individualmente em recipientes contendo 10ml de ácido clorídrico (HCl 0.01 M, pH 1.6, Apothicário, Araçatuba, Brasil) durante 2 horas a 37 °C, com o intuito de simular a ação do ácido proveniente do suco gástrico. Os recipientes foram selados para prevenir evaporação das soluções.

Escovação artificial

Após a imersão nas soluções, todos os corpos de provas foram submetidos a repetidos ciclos de escovação a fim de simular a escovação diária, através do protocolo descrito por Tursi em 2001.³³

Para a realização do teste de abrasão foi utilizada uma máquina que consiste em um motor que produz movimentos de vaivém em dez braços, nos quais foi fixada às cerdas de escovas dentais (Colgate Classic Clean – Colgate, Palmolive, Co., Osasco, SP, Brasil), viabilizando simulação simultânea de escovação em dez corpos de prova. As cabeças das escovas dentais foram fixadas de forma a garantir o seu alinhamento paralelo à base metálica. A base do equipamento é de aço inoxidável com dez lojas independentes para o posicionamento dos espécimes.

Para que os corpos de prova pudessem ser adaptados na máquina de escovação, os espécimes foram fixados com cera utilidade, de modo que o espécime ficasse com a superfície levemente saliente, além de ser colocado de maneira centralizada. Para isto, o centro da matriz e dos corpos de prova foi demarcado com caneta esferográfica. Dessa maneira, a ação das cerdas da escova dental exerceu atrito sobre a superfície do espécime.

A solução para escovação consistiu de dentifício dental Colgate Total 12 (Colgate Palmolive, Divisão da Kolynos do Brasil Ltda, Osasco, SP, Brasil) e água destilada na proporção de 1:2 em peso, sendo pesada e diluída no interior de um Becker, de acordo com a especificação ISO (ISSO 1999). O preparo da solução foi realizado

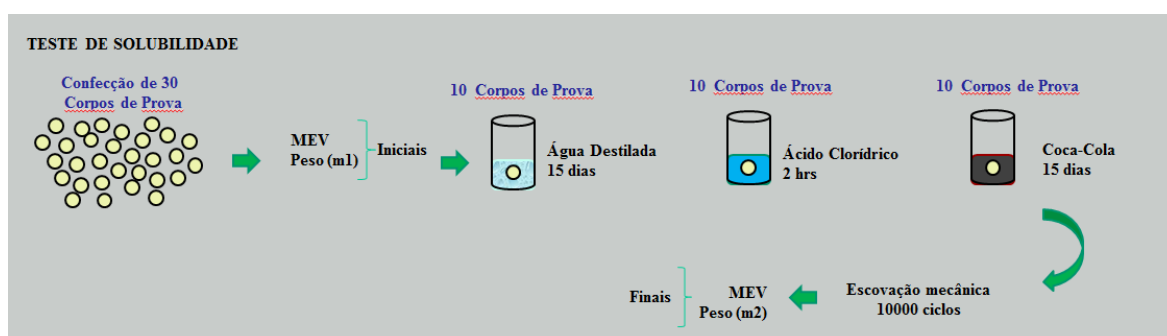
imediatamente antes de sua utilização, com a finalidade de preservar suas características.

Foram realizados 10.000 ciclos de escovação (aproximadamente 45 minutos), correspondente a 1 ano de escovação diária, com carga de 200g e realizando 250 ciclos/min.

Peso após escovação

Após escovação, os corpos de prova foram removidos da máquina de escovação e lavados em água corrente com o auxílio de uma pinça clínica. Em seguida, foram colocados no interior de um aparelho de vibração ultra-sônica por 10 minutos, cujo compartimento central continha água destilada removendo assim as partículas abrasivas do creme dental.

Em seguida, os corpos de prova foram secos em papel absorvente e foi determinada a massa final (m₂), por meio de uma balança de precisão (Mettler Toledo, AB204, Switzerland).



Fluxograma 1: Fluxograma ilustrando a sequência dos experimentos para o teste de perda de massa para cada cimento ionomérico.

Microscopia de varredura após os desafios

Com o objetivo de se observar a superfície dos espécimes após os desafios, foram confeccionadas réplicas de 3 espécimes de cada grupo de acordo com o protocolo citado anteriormente.

Análise da solubilidade

O volume de cada espécime foi calculado de acordo com a equação: $V=\pi R^2h$, sendo que $\pi=3,14$, $R=0,5\text{cm}$ e $h=0,3\text{cm}$. A solubilidade dada em ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) foi calculada da seguinte maneira: $SL= m1-m2/V$.

Análise da resistência ao reparo

Após 30 dias da confecção dos espécimes, os mesmos foram incluídos em resina acrílica auto-polimerizável (Clássico, Dental Products, São Paulo, SP, Brazil) deixando-se toda a superfície do CIV exposta, a qual foi asperizada com lixa de carboneto de silício (#600). As amostras foram lavadas por 10 minutos em uma cuba de ultra-som (Cristófoli, Campo Mourão, Brazil), para a remoção de resíduos presentes na superfície do corpo-de-prova. Uma área de 4mm foi delimitada com auxílio de uma fita adesiva com uma perfuração central (Figura 4A e B).

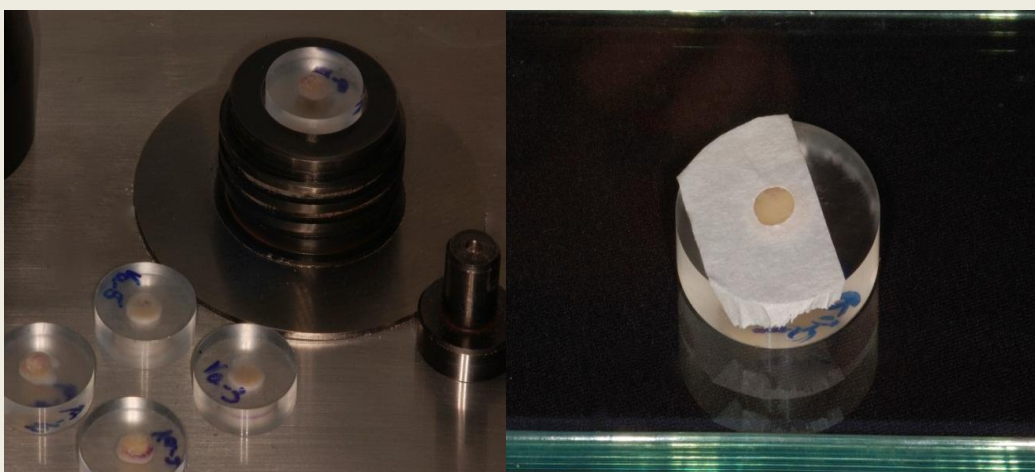


Figura 4A: Incubação em resina acrílica auto-polimerizável; B: Área delimitada com auxílio de uma fita adesiva.

A área circular delimitada foi condicionada com ácido fosfórico a 37% (3M Dental Products, St Paul, MN, USA) em gel por 30 segundos, lavados com jato de ar/água provenientes de seringa tríplice e secos com papel absorvente.

Após o tratamento superficial, foi confeccionado sob cada espécime um cilindro do mesmo cimento ionomérico, com auxílio de uma matriz plástica (4mm de diâmetro e 5mm de altura). A inserção do material foi realizada com auxílio da seringa Centrix, sendo em um único incremento para os CIVs auto-polimerizáveis e em dois incrementos para os CIVs modificados por resina. Para estes últimos, cada camada foi

fotopolimerizada por 40 segundos (Ultralux, DabiAtlanti, Ribeirão Preto, Brazil, 500 mW/cm²), Figuras 5.

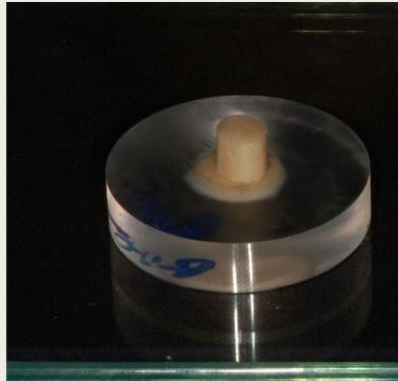


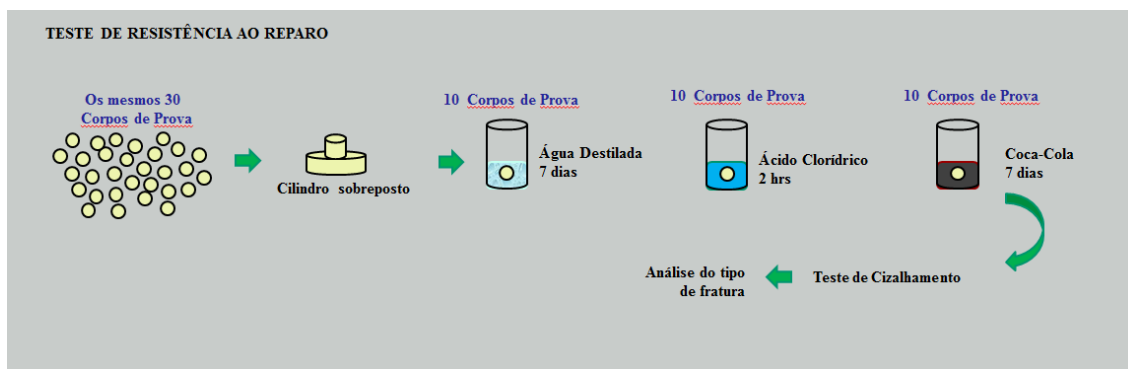
Figura 5: Cilindro confeccionado simulando um reparo.

Após 20 minutos da união, os corpos-de-prova foram armazenados nos meios de imersões: água destilada (grupo controle) e Coca-Cola, durante 7 dias a 37°C; ácido clorídrico por 2 horas a 37°C.

O teste de cisalhamento foi realizado na máquina de teste universal EMIC (modelo DL 3000) com velocidade de 0.5 mm/minuto, até a fratura da interface adesiva. Tal teste foi realizado por meio de uma tira de aço de 5mm que envolveu o cilindro, afim de evitar o rompimento, medindo-se a real resistência da interface adesiva. O valor de resistência ao cisalhamento foi calculado de acordo com a fórmula: $R = F/A$, no qual R foi o valor da resistência ao cisalhamento, F a força aplicada e A a área aderida.

Análise do padrão de fratura

Os espécimes fraturados foram examinados em esteromicroscópio (Olympus SZ-CTV, Olympus, Tokyo, Japan) com aumento de 40 vezes para avaliação do modo de falha, que foi classificado em adesiva, coesiva (no disco da base), coesiva (no cilindro sobreposto), ou mista.



Fluxograma 2: Fluxograma ilustrando a sequência dos experimentos para o teste de resistência ao reparo.

Forma de análise dos resultados

As médias dos resultados de solubilidade e resistência ao cisalhamento foram avaliadas por análise de variância a 2 critérios. O teste de Fisher foi utilizado para múltiplas comparações. O nível de significância utilizado foi de 5%.

Resultados

Solubilidade

Quando se avaliou o mesmo CIV mediante as três imersões, constatou-se que o CIV Vitremer e o Vitro Fil LC somente apresentaram diferença estatística quando imersos em HCl, sofrendo a maior solubilidade quando imersos nesta solução. Os CIVs Vitro Fil e Maxxion R apresentaram a maior solubilidade quando imersos em HCl, seguido da imersão em Coca-Cola, havendo diferença estatística entre as 3 imersões (Tabela 2).

Em relação às diferenças entre os materiais no mesmo meio de imersão pode-se observar que para todos os CIVs, quando imersos em água, não houve diferença em relação à solubilidade; no entanto, os CIVs auto-polimerizáveis apresentaram sorção de água (Tabela 2). Após imersão em Coca-Cola, somente houve diferença estatística entre os CIVs Vitro Fil LC e Vitro Fil, sendo que o primeiro apresentou a menor solubilidade. Em relação à imersão em HCl, o CIV Vitro Fil LC apresentou estatisticamente a menor solubilidade, seguido pelo Vitro Fil; no entanto, os CIVs Vitremer e Maxxion R não apresentaram diferença estatística (Tabela 2).

Tabela 2: Médias e desvios-padrões dos valores de solubilidade ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$).

	Água	Coca-Cola	HCl
Vitremer	0,0004 (0,0015) ^{A,a}	0,0100 (0,0071) ^{AB,a}	0,0878 (0,0254) ^{A,b}
Vitro Fil LC	0,0023(0,0021) ^{A,a}	0,0012(0,0018) ^{B,a}	0,0330 (0,0085) ^{C,b}
Vitro Fil	-0,0003 (0,0134) ^{A,a}	0,0194(0,0093) ^{A,b}	0,0577 (0,0225) ^{B,c}
Maxxion R	-0,0008 (0,0038) ^{A,a}	0,0142(0,0190) ^{AB,b}	0,0916(0,0256) ^{A,c}

Letra maiúscula diferente, em relação às colunas, ou seja, diferença entre materiais no mesmo meio de imersão.
Letra minúscula diferente, em relação às linhas, ou seja, diferença entre meios de imersão no mesmo material.

Resistência ao cisalhamento

Quando se avaliou o mesmo CIV mediante as três imersões, constatou-se que somente o CIV Vitro Fil LC apresentou diferença estatística em relação às diferentes imersões utilizadas neste estudo (Tabela 3).

Em relação às diferenças entre os materiais no mesmo meio de imersão pode-se observar que após imersão em água, somente o CIV Vitro Fil LC apresentou resistência ao cisalhamento estatisticamente superior aos demais CIVs. Vitro Fil LC também apresentou a maior resistência ao reparo após imersão em Coca-Cola. Após imersão em HCl, o CIV Maxxion R apresentou a menor resistência ao reparo, sendo estatisticamente semelhante ao CIV Vitro Fil (Tabela 3).

Tabela 3: Médias e desvios-padrões dos valores de cisalhamento (MPa).

	Água	Coca-Cola	HCl
Vitremer	1,344 (0,780) ^{B,a}	1,470 (0,598) ^{BC,a}	2,087(1,465) ^{A,a}
Vitro Fil LC	8,106 (2,117) ^{A,a}	3,746 (1,463) ^{A,b}	2,233(0,789) ^{A,c}
Vitro Fil	1,642 (0,894) ^{B,a}	2,114 (0,698) ^{B,a}	1,383(0,865) ^{BA,a}
Maxxion R	0,770 (0,240) ^{B,a}	0,684(0,318) ^{C,a}	0,428 (0,230) ^{B,a}

Letra maiúscula diferente, em relação às colunas, ou seja, diferença entre materiais no mesmo meio de imersão.
Letra minúscula diferente, em relação às linhas, ou seja, diferença entre meios de imersão no mesmo material.

Os maiores números de falhas adesivas ocorreram após as imersões em soluções ácidas, exceto para o CIV Vitremer que apresentou maior número de falhas adesivas quando imerso em água (Tabela 4).

Tabela 4: Análise do tipo de fratura.

	Tipos	Água	Coca-Cola	HCl
Vitremer	A	7	5	4
	CB	2	2	3
	CC	0	0	0
	M	1	3	4
Vitro Fil LC	A	0	5	5
	CB	9	4	0
	CC	0	0	0
	M	1	1	5
Vitro Fil	A	1	4	9
	CB	6	3	0
	CC	0	0	0
	M	3	3	1
Maxxion R	A	0	4	7
	CB	0	0	0
	CC	8	6	2
	M	2	0	1

Microscopia de varredura

Por meio das imagens de microscopia de varredura das réplicas das superfícies dos CIVs, notou-se a mudança gradativa da superfície de acordo com a agressividade ácida da solução de imersão (Figuras 6, 7, 8 e 9). Observou-se também que os cimentos ionoméricos modificados por resina apresentaram a superfície mais lisa e uniforme em comparação com os cimentos convencionais.

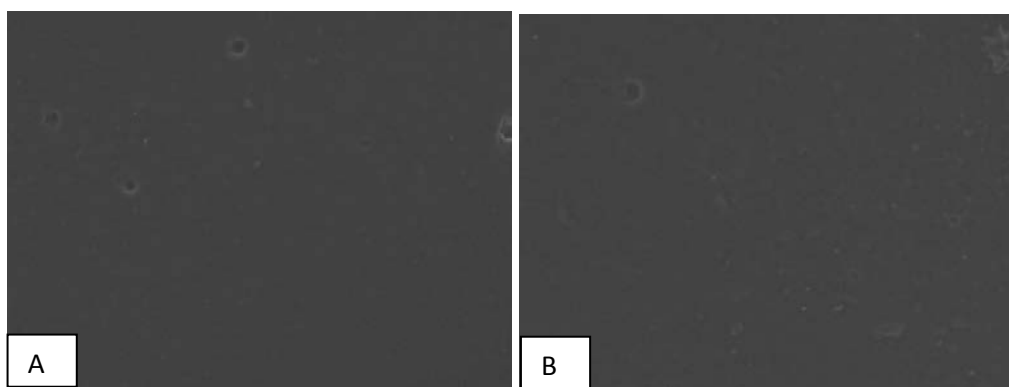


Figura 6: Vitremer imersão em água. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.

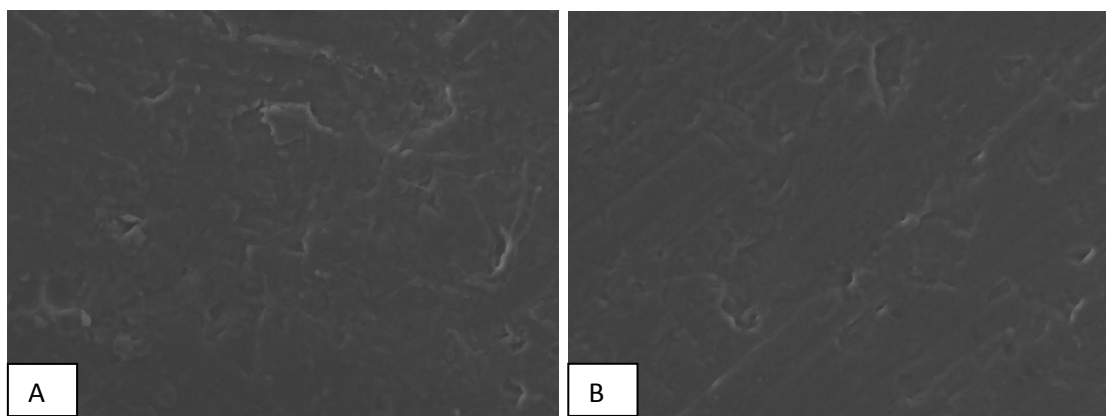


Figura 7: Maxxion R imersão em água. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.

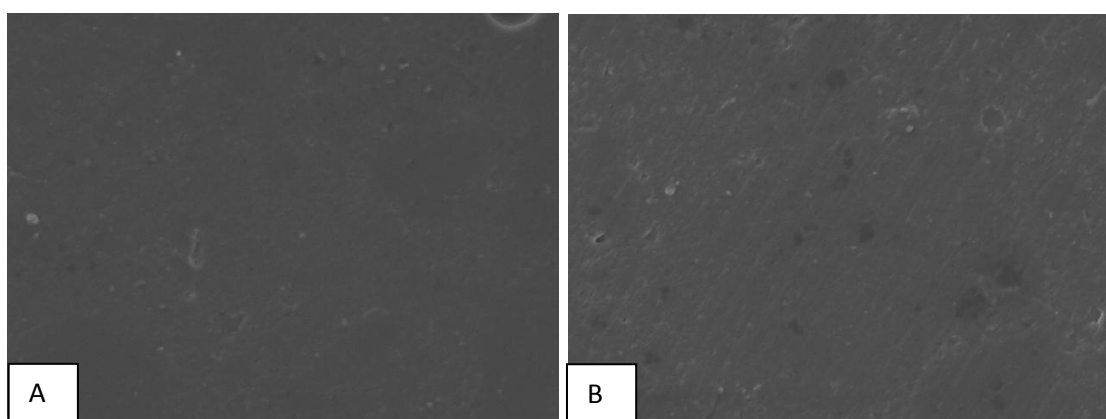


Figura 8: Vitro Fil LC imersão em Coca-Cola. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.

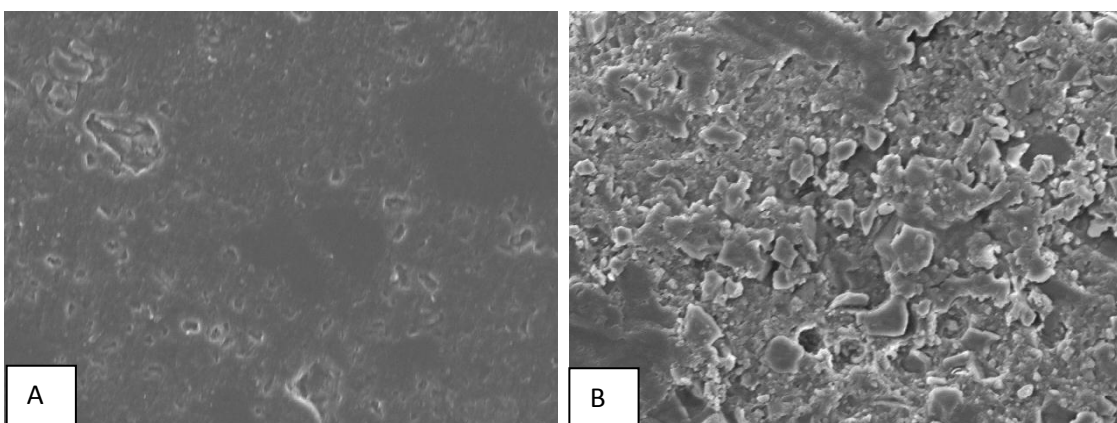


Figura 9: Vitro Fil imersão em HCl. A: Antes da escovação; B: Após escovação aumento 500x.

Discussão

Erosão é um distúrbio causado pela ação de ácidos de fontes extrínsecas ou intrínsecas em que as características estruturais do dente podem ser afetadas levando à necessidade de restaurações.¹⁶

Mediante os resultados deste presente estudo, a primeira hipótese nula foi rejeitada, pois os CIVs modificados por resina (Vitremmer e Vitro Fil LC) perderam massa mediante a ação do ácido HCl, já os CIVs convencionais (Vitro Fil e Maxxion R) sofreram a ação das duas soluções ácidas.

Outro estudo em que se avaliou a solubilidade de vários materiais restauradores após imersão em diferentes bebidas, observou-se que as bebidas mais ácidas também promoveram solubilidade nos CIVs Medifil e Vitremmer¹¹. A degradação de CIVs mediante a ação do ácido clorídrico e dos refrigerantes também têm sido observada em outros estudos.^{3,38} Corroborando com os resultados deste estudo, Eisenburger et al., observaram por meio de perfilometria que um CIV convencional (Ketac Cem) também não apresentou degradação mediante a imersão na solução controle; no entanto, conforme aumentou-se o tempo de imersão e diminuiu-se o pH, ocorreu degradação gradativa.⁷

Em um estudo em que se investigou a cinética da erosão de CIVs convencionais e modificados por resina, constatou-se que o CIV modificado por resina apresentou menor quantidade total de elementos dissolvidos se comparado com o CIV convencional¹². No presente estudo, após imersão em HCl, o mesmo foi observado entre os cimentos Vitro Fil LC e Vitro Fil; no entanto, não houve diferença estatística entre Vitremmer e Maxxion R. Sendo assim, a segunda hipótese nula também foi rejeitada.

Meşe et al.,¹⁹ observaram que os valores de sorção e solubilidade de diversos cimentos dependeram do tipo, concentração e tamanho das partículas. A absorção das soluções de imersão ácidas destroem algumas uniões partículas/matriz provocando a solubilização da matriz facilitando assim o desprendimento das partículas. A abrasão dos ciclos de escovação simulada foi um fator adicional que contribuiu para esse desprendimento das partículas. Alguns estudos observaram que somente a escovação não foi suficiente para ocorrer perda de massa significativa nos CIVs, sendo similar aos resultados do presente estudo após armazenamento em água destilada^{21,24}. No entanto,

Voltarelli et al., observaram aumento da rugosidade após a ação da degradação de substâncias químicas presentes nos alimentos, seguida da escovação em resina composta.³⁴

Vale ressaltar que no presente estudo não foi utilizada proteção superficial com o intuito de testar a real solubilidade dos materiais. Sabe-se que a proteção superficial dos CIVs é um fator que contribui para a não degradação desses cimentos.²⁶

O reparo de restaurações é um método válido para melhorar a qualidade das restaurações sendo essa técnica aceita, praticada e ensinada em várias Universidades.¹³ Christensen (2007), recomenda os CIVs convencionais e modificados por resina como materiais indicados para reparo de restaurações, devido às suas propriedades cariostáticas.⁵

Mediante os resultados de resistência ao reparo, a terceira hipótese nula foi rejeitada, pois o CIV Vitro Fil LC reparado sofreu a ação da imersão nas soluções ácidas. No entanto, pode-se observar que o maior valor de resistência ao reparo foi para este material quando imerso em água e o maior número de falhas foi do tipo coesiva na base do material. Sendo assim, a união entre o cimento original e o reparado foi maior do que a resistência interna do material. Após imersão nas soluções ácidas tal CIV apresentou diminuição da resistência ao reparo e conseqüentemente metade dos espécimes apresentaram falhas adesivas. Para os demais CIVs estudados não houve influência das soluções ácidas na união entre o CIV original e a nova porção reparada. Yap et al (2000) relataram que após armazenamento em água de 1 semana, 3 meses e 6 meses, não houve diferença na resistência ao reparo dos CIVs reparados.³⁶

Alguns estudos avaliaram a capacidade de reparo dos CIVs mediante diferentes tempos após a confecção do corpo de prova original. Após avaliação do reparo de diferentes CIVs, observou-se que após 7 dias de imersão em água a união do reparo atingiu os maiores valores; entretanto, tais valores diminuíram após 1, 2 e 3 meses de imersão, variando o tipo de falha de acordo com o tempo e tipo de material.²⁹ Entretanto, outros estudos encontraram melhores resultados de resistência ao reparo após 5 a 20 minutos da confecção do corpo de prova original se comparado a 24 horas e 7 dias após confecção.^{4,31} Após 24 horas para realização do reparo, não houve diferença em relação ao tipo de tratamento da superfície para aderir a nova porção de CIV⁴. No

presente estudo, os corpos de prova foram restaurados após 30 dias da confecção dos mesmos, e a superfície foi asperizada e condicionada com ácido fosfórico a 37%.

A quarta hipótese nula também foi rejeitada, pois o CIV Vitro Fil LC apresentou os melhores resultados após imersão em água e Coca-Cola. No entanto, em ácido clorídrico, o Maxxion R apresentou os piores resultados de resistência ao reparo. Em outro estudo, os autores observaram diferenças na capacidade de reparo de acordo com o tipo de CIV, sendo que não se recomendou o reparo do CIV Ketac N100, entretanto o oposto se observou para o CIV Fuji II LC.¹⁷

Apesar das limitações relacionadas a estudos *in vitro*, os resultados do presente estudo podem ser considerados para a realização de estudos clínicos, visto que os materiais ionoméricos têm sido indicados para restaurações cervicais não cariosas.

Conclusão

Mediante os resultados apresentados neste estudo pode-se concluir que:

- Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina sofreram solubilidade somente quando imersos no ácido clorídrico.
- Os cimentos convencionais sofreram solubilidade para as duas soluções ácidas.
- Os cimentos de ionômero de vidro apresentaram capacidade de reparo mesmo sobre a ação das soluções ácidas, com exceção do cimento Vitro Fil LC que, no entanto apresentou os melhores resultados de resistência ao reparo.

Referências

1. Ablal MA, Kaur JS, Cooper L, Jarad FD, Milosevic A, Higham SM, Preston AJ. The erosive potential of some alcopops using bovine enamel: an in vitro study. *J Dent.* 2009;37(11):835-9.
2. Brackett WW, Johnston WM. Repair of glass ionomer restorative materials: flexure strength of specimens repaired by two methods. *J Prosthet Dent.* 1989;62(3):261-4.
3. Briso AL, Caruzo LP, Guedes AP, Catelan A, dos Santos PH. In vitro evaluation of surface roughness and microhardness of restorative materials submitted to erosive challenges. *Oper Dent.* 2011;36(4):397-402.
4. Charlton DG, Murchison DF, Moore BK. Repairability of type II glass polyalkenoate (ionomer) cements. *J Dent.* 1991;19(4):249-54.
5. Christensen GJ. When and how to repair a failing restoration. *J Am Dent Assoc.* 2007;138(12):1605-7.
6. El Aidi H, Bronkhorst EM, Huysmans MC, Truin GJ. Multifactorial analysis of factors associated with the incidence and progression of erosive tooth wear. *Caries Res.* 2011;45(3):303-12.
7. Eisenburger M, Addy M, Rossbach A. Acidic solubility of luting cements. *J Dent.* 2003;31(2):137-42.
8. Francisconi LF, Honório HM, Rios D, Magalhães AC, Machado MA, Buzalaf MA. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent.* 2008;33(2):203-8.
9. Gregory-Head BL, Curtis DA, Kim L, Cello J. Evaluation of dental erosion in patients with gastroesophageal reflux disease. *J Prosthet Dent.* 2000;83(6):675-80.
10. Gordan VV, Riley 3rd JL, Blaser PK, Mjor IA. 2-Year clinical evaluation of alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations. *Oper Dent* 2006;31:418–25.
11. Hamouda IM. Effects of various beverages on hardness, roughness, and solubility of esthetic restorative materials. *J Esthet Restor Dent.* 2011;23(5):315-22.

12. Hazar-Yoruc B, Bavbek AB, Özcan M. The erosion kinetics of conventional and resin-modified glass-ionomer luting cements in acidic buffer solutions. *Dent Mater J.* 2012;31(6):1068-74.
13. Hickel R, Brühshaver K, Ilie N. Repair of restorations--criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater.* 2013;29(1):28-50.
14. Jamaluddin A, Pearson GJ. SEM analyses of repaired glass-ionomer cements. *Asian J Aesthet Dent.* 1993;1(1):19-23.
15. Jamaluddin A, Pearson GJ. Repair of glass ionomer cements--methods for conditioning the surface of the cement to achieve bonding. *J Oral Rehabil.* 1994;21(6):649-53.
16. Lussi A, Schlueter N, Rakhmatullina E, Ganss C. Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects. *Caries Res.* 2011;45 Suppl 1:2-12.
17. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin-modified glass-ionomer cements. *Dent Mater.* 2010;26(7):659-65.
18. McLean J, Wilson A. The clinical development of the glass ionomer cement. II. Some clinical applications. *Aust Dent J.* 1977;22:120-7.
19. Meşe A, Burrow MF, Tyas MJ. Sorption and solubility of luting cements in different solutions. *Dent Mater J.* 2008 Sep;27(5):702-9.
20. Moncada G, Fernandez E, Martin J, Arancibia C, Mjor IA, Gordan VV. Increasing the longevity of restorations by minimal intervention: a two-year clinical trial. *Oper Dent.* 2008;33(3):258-64. 17
21. Nesi J, Soares VA, Reinke SMG, Santos FA, Chibinski ACR, Wambier DS. Influence of brushing cycles on weight loss and roughness of the glass ionomer cements. *Rev Odontol UNESP.* 2011; 40(2): 59-63.
22. Parra M, Kopel HM. Shear bond strength of repaired glass ionomers. *Am J Dent.* 1992;5(3):133-6.
23. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater* 2005;21(9):864-81.
24. Pieper CM, Zanchi CH, Rodrigues-Junior SA, Moraes RR, Pontes LS, Bueno M. Sealing ability, water sorption, solubility and toothbrushing abrasion resistance of temporary filling materials. *Int Endod J.* 2009;42(10):893-9.

25. Reis A, Higashi C, Loguercio AD. Re-anatomization of anterior eroded teeth by stratification with direct composite resin. *J EsthetRestor Dent.* 2009;21(5):304-16.
26. Ribeiro JCR, Fontana UF, Moysés MR, Reis AC, Dias SC, Ribeiro JGR. Evaluation of the solubility and disintegration of resin modified glass ionomer cements and compomers using surface protection. *Rev Odontol UNESP.* 2006; 35(4): 247-252.
27. Rios D, Honório HM, Francisconi LF, Magalhães AC, de Andrade Moreira Machado MA, Buzalaf MA. In situ effect of an erosive challenge on different restorative materials and on enamel adjacent to these materials. *J Dent.* 2008;36(2):152-7.
28. Rios D, Honório HM, Magalhães AC, Delbem AC, Machado MA, Silva SM, Buzalaf MA. Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: an in situ/ex vivo study. *Caries Res.*2006;40(3):218-23.
29. Robbins JW, Cooley RL, Duke ES, Berrong JM. Repair bond strength of glass-ionomer restoratives. *Oper Dent.* 1989;14(3):129-32.
30. Roeder LB, Fulton RS, Powers JM. Bond strength of repaired glass ionomer core materials. *Am J Dent.* 1991;4(1):15-8.
31. Shaffer RA, Charlton DG, Hermes CB. Repairability of three resin-modified glass-ionomer restorative materials. *Oper Dent.* 1998;23(4):168-72.
32. Smales RJ, Ngo HC, Yip KH, Yu C. Clinical effects of glass ionomer restorations on residual carious dentin in primary molars. *Am J Dent* 2005;18(3):188-93.
33. Turssi CP. Micromorfologia superficial de materiais estéticos submetidos a diferentes processos de degradação. Piracicaba, 2001. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
34. Voltarelli FR, Santos-Daroz CB, Alves MC, Cavalcanti AN, Marchi GM. Effect of chemical degradation followed by toothbrushing on the surface roughness of restorative composites. *J Appl Oral Sci.* 2010 ;18(6):585-90.
35. Yap AU, Lye KW, Sau CW. Effects of aging on repair of resin-modified glass-ionomer cements. *J Oral Rehabil.* 2000;27(5):422-7.

36. Yap AU, Quek CE, Kau CH. Repair of new-generation tooth-colored restoratives: methods of surface conditioning to achieve bonding. *Oper Dent.* 1998;23(4):173-8.
37. Young A, Thrane PS, Saxegaard E, Jonski G, Rölla G. Effect of stannous fluoride toothpaste on erosion-like lesions: an in vivo study. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(3):180-3.
38. Wan Bakar W, McIntyre J. Susceptibility of selected tooth-coloured dental materials to damage by common erosive acids. *Aust Dent J.* 2008;53(3):226-34.
39. Wilson A. Resin-modified glass-ionomer cements. *Int J Prosthodont* 1992;3:425-9.