

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro de Ciência da Saúde

Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica- Mestrado Profissional

PATRICIA ALBANI FERRI

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA COLAGEM ORTODÔNTICA  
COM CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO RESTAURADOR**

VITÓRIA

2019

PATRICIA ALBANI FERRI

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA COLAGEM ORTODÔNTICA  
COM CIMENTO DE IONÔMERO DE VIDRO RESTAURADOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Christina Thomé Pacheco

VITÓRIA

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

F388p Ferri, Patricia Albari, 1978-  
Proposta de protocolo para colagem ortodôntica com cimento de ionômero de vidro restaurador / Patricia Albari Ferri. - 2019. 84 f. : il.

Orientadora: Maria Christina Thomé Pacheco.  
Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências da Saúde.

1. Cimentos de ionômero de vidro. 2. Bráquetes ortodônticos. 3. Resistência ao cisalhamento. 4. Colagem dentária. I. Pacheco, Maria Christina Thomé. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências da Saúde. III. Título.

CDU: 616.314

---

**PATRICIA ALBANI FERRI**

**PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA COLAGEM ORTODÔNTICA COM CIMENTO  
DE IONÔMERO DE VIDRO RESTAURADOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica.

Aprovada em 27 de setembro de 2019.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Christina Thomé Pacheco**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**  
**Orientadora**

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Malacarne Zanon**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**

---

**Prof. Dr. Diego Coelho Lorenzoni**  
**Universidade Federal do Espírito Santo**

## DEDICATÓRIA

Dedico à Deus, pela vida e pela oportunidade de aprender todos os dias.

Dedico aos meus pais, Orlando e Santina, pela dedicação e apoio aos estudos.

Dedico ao meu amado esposo Eduardo, pelo seu companheirismo, incentivo e por estar sempre ao meu lado.

Dedico aos meus filhos, Cecília e Enzo, por me ensinarem a ser mais paciente e amorosa, minhas riquezas.

## **AGRADECIMENTOS**

À professora e orientadora Maria Christina Thomé Pacheco pela orientação desse trabalho, pela sua dedicação ao ensino, pela disposição e atenção em todos os momentos. Por ser uma mulher determinada, empenhada e ética.

Às minhas irmãs Alessandra e Camila, e Lili pelo apoio e incentivo. A todos meus familiares e amigos por fazerem parte da minha vida.

Aos professores do mestrado pelos ensinamentos durante todo o curso.

À professora Juliana Malacarne Zanon e o professor Diego Coelho Lorenzoni por terem aceitado participar da minha banca, e pelas contribuições para meu trabalho.

Aos meus amigos de mestrado pelos momentos e ensinamentos compartilhados.

Ao Laboratório de Pesquisa em Odontologia Professor Antônio Alberto Zotich, onde realizei minha pesquisa laboratorial, e à professora Claudia Batitucci dos Santos Daroz pelo apoio ao uso desse laboratório.

À May Anne, uma pessoa dedicada que me ajudou muito no início dos meus trabalhos em laboratório.

Aos funcionários da UFES, principalmente a Regina Lucia Sales, que está sempre disposta a nos ajudar.

À professora Tânia Grão Velloso, que com muita gentileza me ajudou com as imagens no estereomicroscópio.

À UFES, pela oportunidade que tive em me graduar e retornar para realização do mestrado. E ao reitor, Reinaldo Centoducatte.

Ao professor Kinglston Soares, do IFES, que com disponibilidade e gentileza me ajudou com as imagens no MEV e EDS. Ao Laboratório de Caracterização de Materiais, MEV do IFES, ao Laboratório de Metalografia do IFES e ao servidor Ricardo Boldrini.

A todos que de alguma forma contribuíram e me apoiaram na realização desse trabalho.

Muito obrigada.

Tudo posso naquele que me fortalece.

Filipenses 4:13

## RESUMO

O compósito resinoso é o material mais utilizado para a colagem dos bráquetes no tratamento ortodôntico, porém apresenta riscos ao esmalte e formação de manchas brancas. O cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) vem sendo utilizado como alternativa para a colagem ortodôntica, por permitir a liberação de flúor e ter menor resistência de união que o compósito, diminuindo assim os riscos de lesão ao esmalte. Entretanto, existe apenas um único CIVMR indicado especificamente para a colagem de bráquetes, o Fuji Ortho LC® (GC América Corporation, Tóquio, Japão) o qual nem sempre está disponível em todos os países devido a problemas de importação. O objetivo foi avaliar e propor a utilização dos cimentos de ionômero de vidro restauradores como materiais de colagem na Ortodontia. Foram utilizados 120 dentes bovinos distribuídos aleatoriamente em 6 grupos (n = 20): Grupo FO (dentes umedecidos com água e bráquetes colados com CIVMR Fuji Ortho LC®, conforme recomendações do fabricante); Grupo RAG (dentes umedecidos com água e bráquetes colados com CIVMR Riva LC®); Grupo RAD (dentes umedecidos com adesivo Prime Bond 2.1® sem fotoativação e bráquetes colados com CIVMR Riva LC®); Grupo GLAG (dentes umedecidos com água e bráquetes colados com CIVMR Gold Label 2 LC®); Grupo GLAD (dentes umedecidos com adesivo Prime Bond 2.1® sem fotoativação e bráquetes colados com CIVMR Gold Label 2 LC®); e Grupo XT (dentes umedecidos com adesivo Light Cure Adhesive Primer fotoativado por 20 segundos e bráquetes colados com compósito resinoso Transbond XT®, conforme recomendações do fabricante). Todos os dentes foram condicionados previamente com ácido fosfórico 37% por 20 segundos e fotoativados após as colagens, por 40 segundos. Após 24 horas, foram submetidos ao ensaio de resistência da união ao cisalhamento e fotografados com aumento de 16 vezes para avaliação dos remanescentes de adesivo, das superfícies de fratura das colagens e das lesões em esmalte. Uma amostra de cada grupo foi levada ao microscópio eletrônico de varredura e espectroscopia por energia dispersiva (MEV/EDS) para verificação da interface material/esmalte e análise química dos materiais. Com exceção do grupo GLAD, as resistências médias das colagens com os CIVMR ficaram entre 9 e 12 MPa, dentro da faixa necessária para resistir às tensões mastigatórias e da movimentação ortodôntica, sem diferença significativa entre CIVMR restauradores e ortodôntico

( $p > 0,05$ ). A utilização do adesivo proporcionou aumento da resistência da união no grupo GLAD ( $p < 0,05$ ). Os grupos XT e GLAD mostraram resistência da união média acima de 12 MPa, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre eles. Fraturas de esmalte ocorreram em alguns dentes com resistência da união acima de 13 MPa. Após a descolagem os CIVMR restauradores e ortodôntico apresentaram menor quantidade de remanescente de material no esmalte e sítios de fratura das colagens mais próximos da interface esmalte/material quando comparados ao compósito resinoso. Para utilizar CIVMR restauradores como material de colagem ortodôntica os dentes devem ser previamente condicionados e umedecidos com água, para melhor proteção do esmalte dentário. A utilização do adesivo ao invés da água para umedecer o esmalte previamente à colagem pode ser indicada onde houver necessidade de maior resistência da união.

**Palavras-chave:** Cimentos de ionômero de vidro, Bráquetes ortodônticos, Resistência ao cisalhamento, Colagem dentária.

## ABSTRACT

Composite resin is the most used material for bracket bonding in orthodontic treatment, although it carries the risk of enamel damage and white spots formation. Resin-modified glass ionomer cement (RMGIC) has been employed as an alternative for orthodontic bonding, for it allows fluoride release and has lower bond strength than composite resin, thus reducing the risk of enamel damage. However, the only RMGIC specifically indicated for bracket bonding is the Fuji Ortho LC® (GC America Corporation, Tokyo, Japan), which is not always available in all countries due to import issues. The aim here was to evaluate and put forward the use of restorative glass ionomer cements as bonding materials in orthodontics. One hundred and twenty bovine teeth were randomly distributed into six groups (n = 20): FO (teeth moistened with water and brackets bonded with RMGIC Fuji Ortho LC®, as recommended by the manufacturer); RAG (teeth moistened with water and brackets bonded with Riva LC® RMGIC); RAD (teeth moistened with Prime Bond 2.1® adhesive without photoactivation and brackets bonded with RMGIC Riva LC®); GLAG (teeth moistened with water and brackets bonded with RMGIC Gold Label 2 LC®); GLAD (teeth moistened with Prime Bond 2.1® adhesive without photoactivation and brackets bonded with RMGIC Gold Label 2 LC®); and XT (teeth moistened with Light Cure Adhesive Primer photoactivated for 20 seconds and brackets bonded with Transbond XT® composite resin, as recommended by the manufacturer). All teeth were previously conditioned with 37% phosphoric acid for 20 seconds and photoactivated for 40 seconds after bonding. After 24 hours, the teeth were submitted to the shear bond strength test and photographed with 16-fold magnification to evaluate adhesive remnants, bond fracture surfaces and enamel lesions. One sample from each group was analyzed by scanning electron microscopy and dispersive energy spectroscopy (SEM/EDS), in order to evaluate the material/enamel interface and to conduct a chemical analysis of the materials. Except for the GLAD group, the mean bond strengths of the RMGICs were between 9 and 12 MPa, within the range required to resist chewing and orthodontic movement, with no significant differences between restorative and orthodontic RMGICs ( $p > 0.05$ ). The moistening with adhesive accounted for the increased bond strength observed in the GLAD group ( $p < 0.05$ ).

Groups XT and GLAD showed mean bond strength values above 12 MPa, with no significant differences being found between them ( $p > 0.05$ ). Enamel fractures occurred in some teeth with bond strength above 13 MPa. After debonding, both restorative and orthodontic RMGICs had less material remaining in the enamel and the bonding failure occurred closer to the enamel/material interface when compared to the composite resin. To use a restorative RMGIC as orthodontic bonding material, the teeth must be pre-conditioned and moistened with water for better protection of the enamel. Moistening the enamel with adhesive instead of water prior to bonding may be indicated where greater bond strength is required.

**Keywords:** Glass ionomer cements, Orthodontic brackets, Shear bond strength, Dental bonding.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (A) Cimento ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) Fuji Ortho LC®; (B) CIVMR Riva LC®; (C) CIVMR Gold Label 2 LC®; (D) Compósito resinoso Transbond XT®; (E) Adesivo Prime Bond 2.1®; (F) Light Cure Adhesive Primer XT.....	34
Figura 2 - (A) Dente incluído no gesso; (B) Dente com a área de colagem delimitada com plástico autoadesivo.....	36
Figura 3 - Ácido fosfórico 37% Condac 37®.....	37
Figura 4 - Bráquetes Morelli®.....	38
Figura 5 - Fotopolimerizador Bluephase N®.....	38
Figura 6 - (A) Máquina de ensaio universal; (B) no momento do ensaio.....	39
Figura 7- MEV/EDS da interface esmalte/RAD com aumento de 1500x. Grupo RAD = CIVMR Riva com adesivo.....	49
Figura 8 - MEV/EDS da interface esmalte/GLAD com aumento de 1500x. Grupo GLAD = CIVMR Gold Label com adesivo.....	50
Figura 9 - MEV/EDS da interface esmalte/RAG com aumento de 1500x. Grupo RAG = CIVMR Riva com água.....	50
Figura 10 - MEV/EDS da interface esmalte/GLAG com aumento de 1500x. Grupo GLAG=CIVMR Gold Label com água.....	51

Figura 11 - Eletromicrografia ao MEV (1000x) da interface esmalte/GLAG com lesão de esmalte e resistência de união de 11Mpa. Grupo GLAG = CIVMR Gold Label com água.....57

Figura 12 - Eletromicrografia ao MEV (100x) da interface esmalte/GLAD, mostrando as trincas dentro do material. Grupo GLAD = CIVMR Gold Label com adesivo.....60

Figura 13 - Eletromicrografia ao MEV (100x) da interface esmalte/RAG, mostrando trincas na interface onde o material se despendeu do dente. Grupo RAG = CIVMR Riva com água.....61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características dos materiais utilizados.....	34
Quadro 2 - Escores do índice de remanescente adesivo (IRA).....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição da resistência ao cisalhamento da colagem em cada grupo.....	43
Tabela 2 - Comparações das médias de resistência da colagem entre os grupos.....	45
Tabela 3 - Comparação da resistência média da colagem (MPa) entre os dentes com e sem lesão de esmalte para cada grupo e no geral.....	46
Tabela 4 - Comparação da distribuição do IRA e da presença de lesão de esmalte em cada grupo.....	47
Tabela 5 - Comparação da resistência média da colagem para cada quantidade de remanescente de material de colagem entre os grupos.....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Boxplot da resistência ao cisalhamento da colagem dos grupos.....44

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CIVMR - Cimento de Ionômero de Vidro Modificado por Resina

FO - Grupo que utilizou Fuji Ortho LC

GL - Gold Label 2 LC

GLAG - Grupo que utilizou GL com água

GLAD - Grupo que utilizou GL com adesivo

R - Riva LC

RAG - Grupo que utilizou R com água

RAD - Grupo que utilizou R com adesivo

XT - Grupo que utilizou Transbond XT

IRA - Índice de Remanescente Adesivo

MPa - Mega Pascal

N - Newton

MEV - Microscopia Eletrônica de Varredura

EDS - Espectroscopia de Energia Dispersiva

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	20
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	22
2.1 IONÔMERO DE VIDRO MODIFICADO POR RESINA PARA COLAGEM ORTODÔNTICA	22
2.2 LIBERAÇÃO DE FLÚOR PELOS CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO	23
2.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE DO ADESIVO (IRA)	25
<b>3 OBJETIVOS</b>	32
<b>4 MATERIAIS e MÉTODOS</b>	33
4.1 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	35
4.2 GRUPOS	37
4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	39
4.4 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE ADESIVO (IRA)	39
4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) E ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS)	40
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
<b>5 RESULTADOS</b>	43
5.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	43
5.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE ADESIVO (IRA)	46
5.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) E ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS)	49
<b>6 DISCUSSÃO</b>	52
<b>7 CONCLUSÃO</b>	63
<b>REFERÊNCIAS</b>	64
<b>APÊNDICES</b>	69
<b>APÊNDICE A – Teste de normalidade</b>	69

<b>APÊNDICE B – Estatística Kappa.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE C - MEV/EDS da interface esmalte/FO com aumento de 1500x.....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE D - MEV/EDS da interface esmalte/RAG com aumento de 1500x.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE E - MEV/EDS da interface esmalte/RAD com aumento de 1500x.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE F - MEV/EDS da interface esmalte/GLAG com aumento de 1500x.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE G - MEV/EDS da interface esmalte/GLAD com aumento de 1500x.....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE H - MEV/EDS da interface esmalte/XT com aumento de 1500x.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE I - MEV da interface esmalte/FO com aumento de 300x.....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE J - MEV da interface esmalte/RAG com aumento de 300x.....</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICE K - MEV da interface esmalte/RAD com aumento de 300x.....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE L - MEV da interface esmalte/GLAG com aumento de 300x.....</b>	<b>81</b>
<b>APÊNDICE M - MEV da interface esmalte/GLAD com aumento de 300x.....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE N - MEV da interface esmalte/XT com aumento de 300x.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXO – Protocolo 61/2017.....</b>	<b>84</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A colagem dos bráquetes é uma etapa importante no tratamento ortodôntico, uma vez que a colocação desses acessórios determina a posição final dos dentes nas arcadas. Por este motivo, os bráquetes devem ficar aderidos aos dentes durante todo o tratamento. Entretanto, durante o tratamento os bráquetes podem se soltar acidentalmente por mastigação inadequada. E a resistência da união também não deve ser demasiada a ponto de causar lesão ao esmalte durante a descolagem. Assim, o material de colagem escolhido é de primordial importância.

O material mais utilizado para colagem de bráquetes é o compósito resinoso, (sendo o mais utilizado e considerado “padrão ouro”, o Transbond XT® - 3M Unitek, Monrovia, CA, USA), que exibe grande resistência de união ao esmalte dentário. No entanto, apresenta desvantagens como a possibilidade de danos ao esmalte durante a remoção, a necessidade do campo seco para obter uma boa colagem, e o maior risco de formação de mancha branca ao redor da colagem pela retenção de placa bacteriana (MARUO, et al., 2010; RAO et al., 2013).

Para evitar estes inconvenientes, o cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) vem sendo cada vez mais apontado como alternativa para a colagem ortodôntica. Sua principal vantagem é a liberação de flúor, que possibilita diminuir o risco de descalcificação do esmalte e a formação de mancha branca, principalmente em pacientes com alto risco à cárie (PASCOTTO et al., 2004; CHIN, et al., 2009; SHARMA, et al., 2013; ANDRUCIOLI et al., 2017). Outras vantagens dos CIVMRs incluem a biocompatibilidade, a adesividade às estruturas dentárias através da ligação química dos radicais carboxílicos (COOH) aos íons de cálcio do esmalte, à ligação química também aos metais por reação de oxidrilização (VAN MEERBEEK, et al., 2006; RAHIOTIS e SCHRICKER, 2017), a possibilidade de trabalhar em ambiente úmido, e a remoção facilitada do bráquete devido ao ressecamento do material (VALLETTA et al., 2007; ALI, MAROLI, 2012; SHARMA, et al., 2013; RAO et al., 2013).

O único CIVMR indicado especificamente para colagem ortodôntica é o Fuji Ortho LC® (GC Corporation, Tóquio, Japão), denominado CIVMR ortodôntico, que vem mostrando comprovada eficácia na colagem de bráquetes, e é considerado “padrão ouro” para a colagem com ionômero de vidro (CHENG et al., 2011; ELNAFAR, ALAM e HASAN, 2014; FEIZBAKHSH et al., 2017; SANTIN et al., 2018). Entretanto, este material não se encontra disponível com facilidade em todos os países, devido a problemas pontuais de importação. Sua fórmula completa tem sido mantida em segredo industrial, e devido à natureza química dos cimentos ionoméricos modificados por resina, é possível que qualquer CIVMR Restaurador possa ser empregado com sucesso para a colagem ortodôntica.

Em trabalhos anteriores, nosso grupo de pesquisa propôs alterações nas instruções do fabricante e conseguiu comprovar, *in vitro e in vivo*, a eficácia de um CIVMR restaurador (Vitro Fil LC® - DFL, Rio de Janeiro, Brasil) quando utilizado para a colagem de bráquetes ortodônticos (PIMENTEL, 2014 e PIMENTEL, 2015).

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar e propor a utilização dos CIVMR restauradores como materiais para a colagem ortodôntica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 IONÔMERO DE VIDRO MODIFICADO POR RESINA PARA COLAGEM ORTODÔNTICA

O cimento ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) utilizado para colagem foi criado para superar as desvantagens do compósito resinoso, como a formação de mancha branca, utilização somente em campo seco, a alta resistência que pode provocar danos ao esmalte, e as desvantagens do cimento ionômero de vidro convencional, como a baixa resistência. Esses materiais incorporam uma matriz de resina (monômeros hidrofílicos, como hidroxietilmetacrilato - HEMA) e iniciadores de polimerização, e mantem as vantagens dos ionômeros como a liberação de flúor, ligação química ao esmalte e ao metal, e as propriedades mecânicas e físicas dos compósitos resinosos. Clinicamente, os CIVMRs eliminam a demanda por trabalho em campo seco, e permitem a colagem de bráquetes com rapidez e facilidade, por serem fotopolimerizáveis (RAHIOTIS e SCHRICKER, 2017).

A adesão do cimento ionômero de vidro é mais forte no esmalte do que na dentina, o que sugere que a ligação ocorra na fase mineral. Essa adesão pode ser atribuída a dois fenômenos inter-relacionados, um sendo a ligação mecânica através do condicionamento ácido. E o outro sendo a ligação química verdadeira que envolve ligações iônicas formadas entre os grupos carboxílicos das moléculas do poliácido do cimento e íons de cálcio da superfície do dente (VAN MEERBEEK et al., 2006).

Wilson e Donly (2001) consideram importantes os seguintes critérios ao selecionar um material para colagem ortodôntica: liberação de flúor, resistência da união, facilidade de manipulação do material, capacidade de alcançar um isolamento adequado, higiene bucal do paciente, e dieta do paciente.

Rao et al. (2013) relataram que os ionômeros de vidro podem ser efetivamente utilizados para colagem direta de acessórios ortodônticos. Embora a resistência ao cisalhamento de dois ionômeros de vidro (convencional e CIVMR) utilizados neste estudo tenha sido inferior à do compósito resinoso, a vantagem do cimento

de ionômero de vidro supera as desvantagens das falhas de união. Entre os dois ionômeros de vidro utilizados, o CIVMR é o material de escolha para colagem.

Santin et al. (2018) observaram *in vitro* que o CIVMR apresentou resistência semelhante ao compósito resinoso. Concluíram que a colagem de bráquetes com o CIVMR pode fornecer retenção adequada ao esmalte após exposição à radiação ionizante, e também pode levar à liberação de íons flúor ao redor do bráquete, auxiliando na remineralização do esmalte.

Benson et al. (2019) mencionaram que a utilização do CIVMR para colagem ortodôntica oferece vantagens como ser biocompatível e a utilização em campo úmido, por ser um material hidrofílico, principalmente onde é difícil o controle da umidade. Além disso, a limpeza do remanescente do esmalte depois da remoção do bráquete é mais fácil e rápida do que o compósito resinoso, diminuindo o tempo de cadeira e o incômodo do paciente.

## 2.2 LIBERAÇÃO DE FLÚOR PELOS CIMENTOS DE IONÔMERO DE VIDRO

Wilson e Donly (2001) constataram que o CIVMR ortodôntico Fuji Ortho LC® exibiu inibição significativa da desmineralização do esmalte dentário em comparação ao compósito resinoso.

Schmit et al. (2002) relataram que a utilização do CIVMR ortodôntico (Fuji Ortho LC®) na colagem de bráquetes é um método de prevenção de lesões de manchas brancas no esmalte, pela liberação de flúor, principalmente em pacientes que não possuem uma higiene oral satisfatória. Encontraram uma redução de 50% em profundidade da lesão de manchas brancas com a utilização do CIVMR em comparação ao compósito resinoso.

Pascotto et al. (2004) avaliaram, *in vivo*, o efeito do CIVMR Fuji Ortho LC® na redução da desmineralização do esmalte ao redor de bráquetes ortodônticos. Sugeriram que o uso do CIVMR como material de colagem deveria ser incentivado durante o tratamento ortodôntico, pois pode reduzir a desmineralização do esmalte em torno de um acessório colado, principalmente em área de alto risco de cárie.

Pithon et al. (2007) avaliaram a liberação de flúor de materiais utilizados para colagens ortodônticas, Transbond XT®, Fuji Ortho LC® e Fuji Ortho Band® (GC Corporation, Tóquio, Japão). A liberação de flúor foi medida durante 28 dias (1h, 24 h, 3, 7, 14, 21 e 28 dias) através de eletrodo íon seletivo conectado a um analisador de íons. Concluíram que o Fuji Ortho LC® e o Fuji Ortho Band® liberaram boa quantidade de flúor, no entanto o Fuji Ortho Band® apresentou maior liberação até o terceiro dia.

Chin et al. (2009) avaliaram a liberação de flúor e o desenvolvimento da lesão de cárie em bráquetes colados com CIVMR Fuji Ortho LC®, cimento ionômero de vidro convencional e com compósito resinoso, em esmalte bovino. Encontraram alta liberação de flúor nas primeiras 24 horas e um nível constante de liberação após 2 semanas nos materiais de colagem com os cimentos ionoméricos e pouca proteção do flúor ao esmalte dos dentes colados com compósito resinoso. Concluíram que a colagem de bráquetes ortodônticos com CIVMR resultou em menor desmineralização do esmalte em volta do bráquete com e sem enxágue diário com flúor.

Santos et al. (2010) verificaram a liberação de flúor de quatro CIVMR (três para cimentação de bandas ortodônticas e um para colagem de bráquetes), e um compósito resinoso, antes e após recarga com flúor. Os cimentos de ionômero de vidro atingiram o pico máximo de liberação de flúor com 24 horas após a polimerização inicial, e o CIVMR para colagem apresentou maior capacidade de captação e liberação de flúor. Os autores sugeriram enxágue com solução de fluoreto de sódio para aumentar a quantidade de fluoreto a ser capturado e liberado pelos CIVMRs.

Silva, Duarte e Sampaio (2010) avaliaram a liberação de flúor de seis cimentos de ionômero de vidro convencionais e dois modificados por resina antes e após a recarga com fluoreto de sódio neutro a 2%, e um compósito resinoso como controle. Concluíram que cimentos de ionômero de vidro são capazes de liberar acentuada quantidade de flúor nos primeiros dias, com decréscimo lento até manter nível constante. Comprovaram ainda a capacidade de recarga de flúor por meio de aplicação tópica de fluoreto de sódio neutro a 2%.

Santos et al. (2012) avaliaram a capacidade de liberação e captação de flúor de dois compósitos resinosos ortodônticos e um CIVMR. Os materiais atingiram o

pico máximo de liberação de flúor com 24 horas após a polimerização. O CIVMR demonstrou o melhor desempenho durante o experimento, uma vez que os cimentos ionômeros de vidro têm uma superfície mais porosa que os compósitos e essa porosidade permite um mecanismo de maior difusão da recarga de flúor, o que resulta em maior quantidade de armazenamento e liberação desse íon.

Pupo et al. (2015) avaliaram a liberação e a capacidade de recarga de flúor de diferentes cimentos de ionômero de vidro, convencionais e modificados por resina, com simulação de desafio cariogênico. Concluíram que os cimentos de ionômero de vidro apresentaram capacidade de liberação de fluoreto, e que, após aplicação do flúor tópico neutro a 2%, esses cimentos foram capazes de liberar maior quantidade deste íon, comprovando a sua capacidade de recarga.

Santos et al. (2015) avaliaram o desempenho de CIVMRs quanto à capacidade de liberação e captação de flúor. Encontraram quantidade suficiente de liberação de fluoreto de sódio, capaz de prevenir a desmineralização dentária. Afirmaram que a utilização desses cimentos ionoméricos associada ao uso diário de dentifrícios e/ou soluções fluoretadas pode auxiliar o processo de recarga de flúor.

Andrucioli et al. (2017) compararam os níveis de *Streptococcus mutans* (SM) na saliva e no biofilme adjacente aos bráquetes colado com CIVMR ortodôntico e com compósito Transbond XT®. Concluíram que o CIVMR permitiu melhor controle do SM no biofilme dental, devido à liberação do flúor.

### 2.3 RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE DO ADESIVO (IRA)

Summers et al. (2004) compararam a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados com compósito resinoso em esmalte condicionado com ácido fosfórico 37%, e com CIVMR ortodôntico condicionado com ácido poliacrílico 10%, *in vitro* e *in vivo*. Encontraram (*in vitro*) que a resistência da união foi significativamente maior com o compósito resinoso ( $18,46 \pm 2,95$  MPa) em comparação com o CIVMR ( $9,56 \pm 1,85$  MPa). As resistências das uniões, em ambos materiais, foram bem maiores após 24 horas. Em relação ao IRA, os resultados mostraram

que o CIVMR teve significativo predomínio de falhas na interface esmalte/material em relação ao compósito resinoso, o que facilita a limpeza do material na estrutura do esmalte. Não encontraram diferença (*in vivo*) nas taxas de descolagem de bráquetes entre os materiais após 1,3 anos. Concluíram que o CIVMR ortodôntico possui resistência de união adequada para resistir às forças mastigatórias.

Pithon et al. (2006) compararam a resistência ao cisalhamento da união de bráquetes metálicos colados com os CIVMRs Fuji Ortho LC® e Ortho Glass LC® (DFL, Rio de Janeiro, Brasil) em dentes bovinos. O Fuji Ortho LC® apresentou resultados satisfatórios para colagem de bráquetes em esmalte condicionado com ácido fosfórico 37% por 20 segundos, e apresentou valores superiores aos do Ortho Glass LC®. Os grupos com condicionamento apresentaram a maioria dos sítios de fratura na interface material/bráquete, restando alguma quantidade de material aderido ao esmalte após descolagem. Nos grupos sem condicionamento, a maioria das fraturas da colagem ocorreu na interface esmalte/material, com predominância do escore 0 do IRA, ou seja, nenhuma quantidade de compósito aderido ao esmalte. Os baixos valores de resistência da união dos grupos que não foram condicionados podem ser explicados pela falta de retenção mecânica entre o material e o esmalte, e por uma ligação que provavelmente ocorreu apenas por adesão química. Os autores concluíram que para se obter uma colagem satisfatória com o Fuji Ortho LC®, o esmalte deve ser condicionado com ácido fosfórico a 37%.

Bichara et al. (2007) avaliaram a resistência ao cisalhamento da colagem de bráquetes ortodônticos com Transbond XT® e Fuji Ortho LC®. Encontraram resultados semelhantes no ensaio de resistência ao cisalhamento. Entre a comparação dos escores do IRA o grupo Transbond XT® obteve a maior parte da falha de união na interface material/bráquete, enquanto nos dois grupos ligados ao Fuji Ortho LC®, a falha da união ocorreu na interface esmalte/material. Concluíram que o CIVMR oferece vantagens como liberação de flúor, e utilização em um ambiente úmido.

Pithon et al. (2007) avaliaram a resistência ao cisalhamento em dentes bovinos de colagens realizadas com Transbond XT®, Fuji Ortho LC® e Fuji Ortho Band® com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, e os resultados foram  $16,36 \pm 4,26$

MPa;  $17,37 \pm 5,83$  MPa; e  $8,47 \pm 3,44$  MPa, respectivamente. Em relação ao IRA encontraram predomínio dos escores 0 e 1 (menos material remanescente no esmalte) com cimento ionômero de vidro, diferente do compósito resinoso, que apresentou predomínio dos escores 2 e 3 (mais da metade do material aderido ao esmalte). Concluíram que o Transbond XT® e o Fuji Ortho LC® obtiveram bons resultados de resistência ao cisalhamento, e o Fuji Ortho Band® obteve menores valores de resistência da união quando comparado aos demais, entretanto com valores satisfatórios para colagem de bráquetes ortodônticos.

Maruo et al. (2010) avaliaram a influência do condicionamento ácido na resistência ao cisalhamento em incisivos bovinos colados com CIVMR Fuji Ortho LC®. A resistência da união do CIVMR em esmalte condicionado com ácido fosfórico a 37% foi maior do que no esmalte condicionado com ácido poliacrílico a 10%. O IRA apresentou prevalência dos escores 2 e 3 em todos os grupos, demonstrando que a falha da colagem ocorreu na interface material/bráquete.

Pithon et al. (2010) compararam as resistências de união fornecido por um condicionamento com ácido fosfórico 37% e um novo sistema adesivo autocondicionante, Xeno IV® (Dentsply Caulk) em incisivos inferiores bovinos, utilizando o compósito Transbond XT® ou Fuji Ortho LC®. Concluíram que o adesivo autocondicionante Xeno IV pode ser utilizado para colagem de bráquetes ortodônticos em associação com o compósito Transbond XT®, mas quando utilizado com Fuji Ortho LC® resultou na diminuição da resistência de união em comparação aos métodos tradicionais, embora seja suficiente para resistir às forças mastigatórias. A maioria dos grupos obteve mais fraturas da colagem na interface material/bráquete.

Cheng et al. (2011) compararam a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados, em pré-molares humanos extraídos, com CIVMR Fuji Ortho LC® com ou sem condicionamento com ácido fosfórico a 15% por 15 segundos e com ou sem aplicação de água destilada antes da colagem do suporte. O grupo controle foi colado com o compósito Transbond XT®. Nas quatro condições, a resistência da união do Fuji Ortho LC® foi igual ou superior ao do compósito resinoso. Os grupos que utilizaram condicionamento com ácido fosfórico obtiveram os maiores valores de resistência da união. Os escores do IRA foram 2 para o CIVMR e 3 para o compósito resinoso. Nenhuma lesão de esmalte foi encontrada

nos grupos. Concluíram que o CIVMR é capaz de atingir igual ou maior resistência da união que o compósito resinoso.

Maurya, Tripathi e Rai (2011) compararam as resistências ao cisalhamento de três materiais de colagem ortodôntica, um CIVMR ortodôntico, e dois compósitos resinosos com ataque ácido convencional e auto condicionante. Observaram que o compósito resinoso convencional com condicionamento ácido convencional apresentou o maior resultado da resistência de união ao cisalhamento e o CIVMR apresentou o menor.

Ali e Maroli (2012) avaliaram o CIVMR Fuji Ortho LC® como material de colagem ortodôntica sob diferentes condições de esmalte e utilizando como controle um compósito resinoso. Compararam o condicionamento com ácido fosfórico a 37% com o condicionador de dentina Fuji, e encontraram valores maiores de resistência da união com a utilização do ácido fosfórico. Concluíram que os compósitos resinosos ainda são superiores ao cimento ionômero de vidro no que diz respeito à resistência ao cisalhamento, mas o CIVMR pode ser usado para colagem ortodôntica desde que o esmalte seja condicionado com ácido fosfórico a 37%.

Pereira et al. (2013) testaram a colagem de bráquetes em pré-molares extraídos, com Transbond XT®; com CIVMR Fuji Ortho LC® e com um cimento de ionômero de vidro convencional RIVA Luting® (SDI, Austrália). Os resultados da média da resistência ao cisalhamento foram  $17,08 \pm 6,39$  MPa para o compósito;  $8,60 \pm 5,29$  MPa para o Fuji Ortho; e  $3,43 \pm 1,94$  MPa para o Riva. Em relação ao IRA, os grupos em que o esmalte foi tratado com hipoclorito de sódio apresentaram comportamento semelhante ao do compósito resinoso, o cimento permaneceu mais aderido à superfície do esmalte, o que não foi observado nos outros grupos.

Pimentel (2014) testou a resistência ao cisalhamento da colagem de bráquetes com dois CIVMR, Fuji Ortho LC® e Vitro Fil LC® (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e um compósito Transbond XT®, todos com condicionamento com ácido fosfórico 37% por 30 segundos. Obteve média de  $13,02 \pm 2,63$  MPa para Fuji Ortho LC®,  $15,99 \pm 4,39$  MPa para Transbond XT®, e  $10,11 \pm 1,94$  MPa para Vitro Fil LC®. Depois realizou a avaliação do IRA e encontrou predomínio de IRA 1 e 2 em todos os grupos. Ocorreram fraturas de esmalte em 29% das amostras

do grupo Transbond XT, 22% das amostras do grupo Fuji Ortho LC® e 5,6% das amostras do grupo Vitro Fil LC®, mostrando maior proteção ao esmalte nas colagens com CIVMR. Concluíram que os CIVMRs apresentaram valores médios de resistência da união dentro dos limites recomendados para uso clínico e de proteção ao esmalte.

Elnafar, Alam e Hasan (2014) avaliaram os efeitos de quatro técnicas de preparo de esmalte na resistência ao cisalhamento de bráquetes colados com CIVMR ortodôntico em pré-molares: ácido fosfórico a 37%; jateamento; hipoclorito de sódio e ácido fosfórico a 37%; e hipoclorito de sódio e jateamento. Os grupos que utilizaram condicionamento com ácido fosfórico apresentaram maiores médias de resistência da união.

Yassaei et al. (2014) compararam a resistência da união ao cisalhamento do CIVMR Fuji Ortho LC®, e do compósito Transbond XT® para colagem de bráquetes metálicos. A comparação dos escores do índice de remanescente adesivo (IRA) entre os grupos indicou que o modo de falha do bráquete foi significativamente diferente entre os grupos, com mais material remanescente nos dentes colados com compósito resinoso. Concluíram que o CIVMR apresentou valor menor de resistência da união, porém dentro da faixa clinicamente aceitável.

Pimentel (2015) avaliou o comportamento *in vivo* do CIVMR restaurador Vitro Fil LC® (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para colagem ortodôntica, e comparou com dois materiais indicados especificamente para a colagem de bráquetes: o CIVMR Fuji Ortho LC® e o compósito Transbond XT®. O CIVMR restaurador testado permaneceu aderido aos dentes por tempo suficiente para a finalização de tratamentos ortodônticos completos, concluindo que este cimento apresenta boa possibilidade de aplicação clínica para a colagem de bráquetes.

Jurasic et al. (2015) examinaram a influência dos materiais CIVMR Fuji Ortho LC® e compósito Transbond XT® na resistência ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos em pré-molares humanos extraídos. Os valores médios encontrados foram  $7,25 \pm 3,14$  MPa para o grupo com CIVMR e ácido fosfórico 37%, e  $11,60 \pm 3,93$  MPa para o grupo que utilizou o compósito. Encontraram predomínio dos escores do IRA, de 0 ou 1, em todos os grupos, com maior chance do material de colagem permanecer no bráquete do que no esmalte após

descolamento. Do ponto de vista clínico, isso seria desejável, pois levaria menos tempo para a limpeza do esmalte e menos desconforto para os pacientes. Nenhuma diferença significativa entre os grupos de acordo com o IRA foi encontrada nesse estudo. Concluíram que o compósito resinoso como apresentou maior resistência da união, sua utilização seria “padrão ouro” para colagem de bráquetes.

Feizbakhsh et al. (2017) compararam a resistência de união ao esmalte condicionado (com ácido fosfórico 37% por 30 segundos) com esmalte não condicionado, em condições secas e úmidas, em pré-molares extraídos, e bráquetes colados com CIVMR Fuji Ortho LC®. Concluíram que o Fuji Ortho LC® forneceu resistência de união adequada entre bráquete e esmalte, e para aumentar essa resistência o esmalte deve ser condicionado e seco.

Piccoli et al., (2017) investigaram os tipos de falhas de união com materiais para colagem de bráquetes (compósito resinoso e CIVMR). Quando o CIVMR foi utilizado houve predomínio de falhas na interface esmalte/material e esse padrão de descolamento pode aumentar o risco de dano ao esmalte durante a descolagem. Já quando os compósitos resinosos foram utilizados, os descolamentos ocorreram mais na interface material/bráquete. Neste caso, a quantidade de material remanescente no dente deve ser removida recorrendo a etapas subsequentes que, além disso, aumentam o risco de lesão iatrogênica, bem como as horas de trabalho.

Santin et al. (2018) avaliaram a resistência ao cisalhamento de bráquetes colados com compósito Transbond XT® e com dois cimentos de ionômero de vidro Fuji Ortho LC® e Ketac Cem Easymix® (3M, Sumaré, SP, Brasil). Os resultados dos testes foram  $17,8 \pm 5,4$  MPa para grupo Transbond XT®,  $17,6 \pm 2,9$  MPa para grupo Fuji Ortho LC®, e  $12,8 \pm 2,5$  MPa para o Ketac Cem®. Todos os grupos fizeram condicionamento com ácido fosfórico 37% por 15 segundos. De acordo com os resultados *in vitro* obtidos neste estudo, observou-se que apenas o CIVMR Fuji Ortho LC®, apresentou resistência semelhante ao compósito resinoso. Em relação ao IRA o grupo do compósito resinoso apresentou maior retenção de material na superfície do esmalte (predomínio de IRA maior que 1). E nos grupos colados com cimentos de ionômero de vidro

houve predomínio de falhas adesivas (predomínio de IRA 0), sem aderência do material ao esmalte.

Hodzic et al. (2018) compararam os valores de resistência da união ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos colados com CIVMR Fuji Ortho LC® em pré-molares humanos extraídos, condicionadas por laser, ou por condicionamento convencional com ácido fosfórico 37% por 15 segundos. O grupo do condicionamento convencional apresentou a média de resistência de  $10,61 \pm 2,66$  MPa, enquanto o grupo que utilizou laser pulso curto obteve  $13,17 \pm 3,37$  MPa.

### 3 OBJETIVOS

#### **Objetivo Geral:**

Este trabalho visa avaliar e propor a utilização de cimentos de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) restauradores, como materiais para a colagem ortodôntica.

#### **Objetivos Específicos:**

- Avaliar a resistência da união ao cisalhamento de bráquetes ortodônticos metálicos colados com CIVMR restauradores;
- Avaliar o comportamento do adesivo convencional de 2 passos e da água utilizados para umedecer o esmalte dentário previamente à colagem com CIVMR restaurador;
- Comparar a resistência da união dos CIVMR restauradores com os materiais considerados “padrão ouro” para a colagem de bráquetes ortodônticos, o CIVMR Fuji Ortho LC® e o compósito Transbond XT®;
- Comparar os remanescentes de adesivo, os sítios de fratura das colagens e as lesões de esmalte após a descolagem dos bráquetes;
- Verificar ao microscópio eletrônico de varredura e espectroscopia (MEV/EDS) a interface material/esmalte das colagens.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa experimental, *in vitro*, foi apresentada à Comissão de Ética em uso de animais (CEUA) da Universidade Federal do Espírito Santo e foi aprovada no dia 24 de novembro de 2017 com protocolo 61/2017 (ANEXO).

Os materiais para colagem utilizados neste estudo foram: CIVMR Fuji Ortho LC® (GC Corporation, Tóquio, Japão) considerado o ionômero de vidro “padrão ouro” para colagem de bráquetes (Figura 1A); CIVMR Riva LC® (SDI, Austrália) indicado para restauração (Figura 1B); CIVMR Gold Label 2 LC® (GC Corporation, Tóquio, Japão) indicado para restauração (Figura 1C); e o compósito resinoso Transbond XT® (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) considerada o compósito resinoso “padrão ouro” para colagem de bráquetes (Figura 1D).

Os adesivos utilizados foram: o Prime Bond 2.1® (Dentsply, Petrópolis, RJ) indicado como agente de união para restaurações de compósitos (Figura 1E); e o Light Cure Adhesive Primer da Transbond XT® (Figura 1F), específico para o compósito resinoso Transbond XT®.

As características dos materiais utilizados estão descritas no Quadro 1.



Figura 1 – (A) Cimento ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) Fuji Ortho LC®; (B) CIVMR Riva LC®; (C) CIVMR Gold Label 2 LC®; (D) Compósito resinoso Transbond XT®; (E) Adesivo Prime Bond 2.1; (F) Light Cure adesivo Primer XT.

Quadro 1 – Características dos materiais utilizados

	Fuji Ortho LC®	Riva LC®	Gold Label 2 LC®	Transbond XT®	Prime Bond 2.1®	Light Cure Adhesive Primer XT®
<b>Fabricante</b>	GC Corporation, Tóquio, Japão	SDI, Austrália	GC Corporation, Tóquio, Japão	3M Monrovia, Califórnia USA	Dentsply, Petrópolis, RJ	3M Unitek Monrovia, Califórnia USA
<b>Produto</b>	Ionômero de vidro modificado por resina	Ionômero de vidro modificado por resina	Ionômero de vidro modificado por resina	Composito resinoso	Sistema adesivo convencional de 2 passos	Sistema adesivo
<b>Indicação*</b>	Colagem de bráquete	Restauração	Restauração	Colagem de bráquete	Agente de união	Agente de união
<b>Apresentação</b>	Pó e líquido	Pó e líquido	Pó e líquido	Pasta única	Líquido	Líquido
<b>Composição*</b>	Pó: Partículas de vidro de flúor-aluminossilicato Líquido: ácido poliacrílico, 2-hidroxi-etilmetacrilato (HEMA), dimetacrilato, hexametileno metacrilato, trimetil dicarbonato, trietileno glicol dimetacrilato, água, canforoquinona	Pó: vidro de flúor-aluminossilicato de estrôncio (ionglass bioativo), pigmentos, co-iniciadores Líquido: Copolímero de poliácido, monômeros de resina de metacrilato, fotoiniciadores, ácido tartárico	Pó: partículas de vidro Líquido: metacrilato de 2-hidroxi-etil, polibásico, carboxílico, (segredo comercial), uretano dimetacrilato (UDMA)	Monômeros bisGMA, e tEGDMA, cargas de sílica, hexa-flúor-fosfato, silano, n-dimetilbenzocaina	Resina UDMA; Penta; Resina R5-62-1; Canforoquinona; EDAB (Etil Dimetil Aminobenzoato); BHT (Butil Hidroxitolueno); Bisfenol A; Fluoridato de Cetilamina e Acetona	Trietileno-glicoldimetacrilato e Bis-GMA
<b>Liberação de flúor</b>	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não
<b>Lote</b>	1605091	1087102	1611251	N899041	353161K	N825906

\* De acordo com o fabricante

#### 4.1 PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

Nesse estudo foram utilizados 120 dentes incisivos inferiores permanentes bovinos, que foram extraídos de mandíbulas de bois raça Nelore, vacinados, idade de 48-60 meses, do frigorífero Mafrical (Rod. Governador José Sete, s/n - Planeta, Cariacica – ES). Como critérios de inclusão foram escolhidos dentes incisivos inferiores bovinos sem trincas aparentes. Como critérios de exclusão foram descartados os dentes com muita rugosidade na face vestibular que impedisse o contato de toda a base do bráquete, e dentes com anomalias de forma. As mandíbulas ficaram armazenadas no congelador até a realização da extração e limpeza dos dentes. Depois de extraídos os dentes foram limpos e armazenados em água destilada e mantidos em geladeira.

Os dentes foram incluídos em anéis de PVC rígido (Tigre, Joinville, Brasil) com gesso pedra especial (Durone - Dentsply, Petrópolis, Brasil), de tal forma que apenas suas coroas ficaram expostas (Figura 2A). A parte mais plana da face vestibular (que foi a área utilizada para a colagem dos bráquetes) ficou perpendicular ao solo com o auxílio de um esquadro de acrílico em ângulo de 90°, de forma a possibilitar correto ensaio mecânico. Após a cristalização do gesso, os corpos de prova foram armazenados em geladeira (4° C), com a porção coronária dos dentes imersas em água destilada por 24 horas.

Previamente à colagem, as superfícies vestibulares dos dentes receberam profilaxia com taça de borracha (Viking, KG Sorensen, Barueri, Brasil), pedrapomes extrafina (S.S.White, Juiz de Fora, Brasil) e água por 15 segundos. Em seguida foi feita a lavagem por 15 segundos e secagem com jato de ar livre de óleo e umidade pelo mesmo tempo. A cada cinco profilaxias, a taça de borracha foi substituída para padronização do procedimento.

A área central, mais plana, da superfície vestibular de cada dente foi demarcada por um orifício de plástico autoadesivo preto (Contact®-Vulcan, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) que foi recortado um a um nas dimensões da área da base dos bráquetes metálicos (19,8 mm<sup>2</sup>), para delimitar e padronizar a área de adesão (Figura 2B).

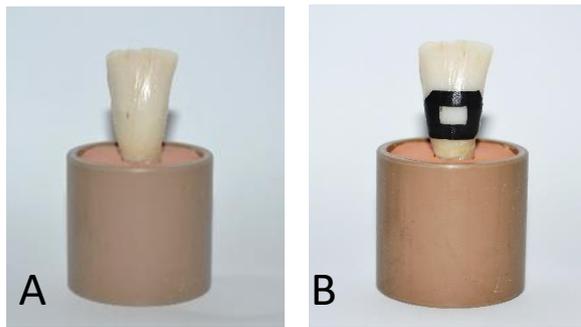


Figura 2 – (A) Dente incluído no gesso; (B) Dente com a área de colagem delimitada com plástico autoadesivo.

Todas as faces vestibulares foram condicionadas com ácido fosfórico 37% em gel (Condac 37®, FGM, Joinville, SC, Brasil), por 20 segundos (Figura 3), na área demarcada pelo orifício de plástico autoadesivo preto. Em seguida, foram lavadas por 10 segundos e secas com jato de ar, isento de óleo ou umidade, para receberem os bráquetes com o material de colagem.

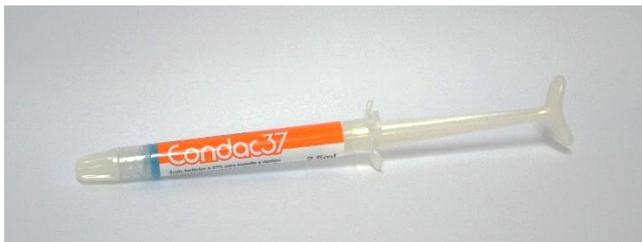


Figura 3 - Ácido fosfórico 37% Condac 37®

## 4.2 GRUPOS

Depois do condicionamento ácido, os dentes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos com 20 dentes cada, conforme descrito abaixo:

- Grupo FO: os dentes foram umedecidos com água e os bráquetes foram colados com CIVMR Fuji Ortho LC®, conforme recomendação do fabricante (Fuji Ortho / água = FO);
- Grupo RAG: os dentes foram umedecidos com água e os bráquetes colados com CIVMR Riva LC® (Riva / água = RAG);
- Grupo RAD: os dentes foram umedecidos com adesivo Prime Bond 2.1® (Dentisply, Petrópolis, RJ) sem fotoativação, e os bráquetes colados com CIVMR Riva LC® (Riva / adesivo = RAD);
- Grupo GLAG: os dentes foram umedecidos com água e os bráquetes colados com CIVMR Gold Label 2 LC® (Gold Label / água = GLAG);
- Grupo GLAD: os dentes foram umedecidos com adesivo Prime Bond 2.1® (Dentisply, Petrópolis, RJ) sem fotoativação, e os bráquetes colados com CIVMR Gold Label 2 LC® (Gold Label / adesivo = GLAD);
- Grupo XT: os dentes foram umedecidos com adesivo Light Cure Adhesive Primer, fotoativados por 20 segundos, e os bráquetes foram colados com o compósito resinoso Transbond XT®, conforme recomendação do fabricante (Transbond / adesivo = XT).

As manipulações dos cimentos ionômeros de vidro foram realizadas seguindo instruções do fabricante de cada material. Todas as manipulações e colagens foram realizadas pelo mesmo operador. O material de colagem foi colocado na base do bráquete e depois pressionado na área delimitada do dente com força aproximada de 450 g, de forma a simular a colagem feita na boca. O excesso do material foi removido com uma sonda exploradora.

Foram utilizados bráquetes de aço inoxidável para primeiros molares (Figura 4) da marca Morelli® (Sorocaba, SP) com área da base de 19,8 mm<sup>2</sup>.

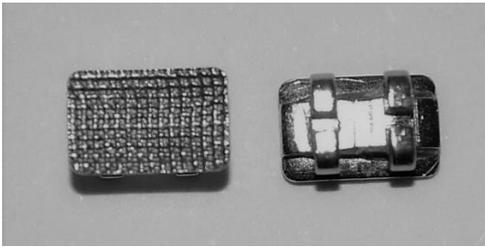


Figura 4 – Bráquetes Morelli®

Em seguida, todos os materiais de colagem foram fotoativados por 40 segundos, sendo 10 segundos em cada face com aparelho de LED (Bluephase N®, Ivoclar Vivadent, Áustria) calibrado com intensidade de luz  $1200\text{mw}/\text{cm}^2$  (Figura 5).



Figura 5 – Aparelho de LED Bluephase N®

Após a colagem os corpos de prova foram mantidos em água destilada em recipiente fechado, na estufa a  $37\pm 2^\circ\text{C}$  por 24 horas, aguardando a total polimerização dos materiais.

### 4.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

Após as 24 horas na estufa os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência ao cisalhamento para avaliação da resistência da união dos bráquetes ao esmalte dentário, em máquina de ensaio universal (EMIC, modelo DL 2000 - Figura 6A), com célula de carga de 500N e velocidade de 0,5 mm/min. Durante o ensaio, o cinzel ficou posicionado o mais próximo possível da área da união (Figura 6 B), entre a base e a aleta do bráquete.

Os valores fornecidos pelo ensaio de cisalhamento são em Newtons (N) e foram convertidos em megapascal (MPa) pela fórmula:  $Tes\tilde{a}o\ (MPa) = For\tilde{c}a\ (N) / \acute{A}rea\ (mm^2)$ .

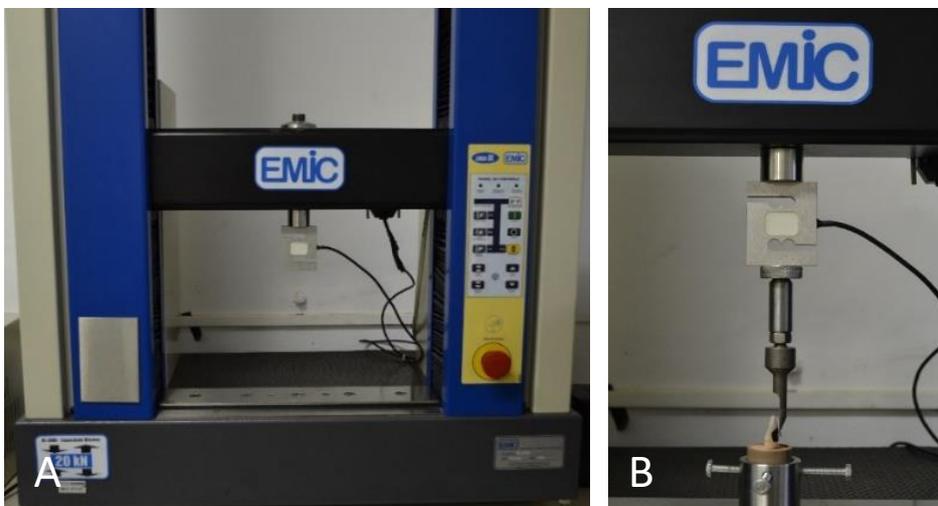


Figura 6 - (A) Máquina de ensaio universal; (B) no momento do ensaio.

### 4.4 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE ADESIVO (IRA)

Após a realização do ensaio de resistência ao cisalhamento os dentes foram fotografados por um estereomicroscópio Leica EZ4HD (Leica Microsystems, Wetzlar, GER) com aumento de 16 vezes com padronização do nível de luz, contraste, exposição e saturação. Os arquivos foram exportados em formato JPEG e analisados por um único examinador, em um computador Dell,

processador core i7, monitor 16”, para obtenção do índice de remanescente adesivo (IRA).

A avaliação dos remanescentes da colagem pelo IRA compreende scores de 0 a 3, proposto por Årtun e Bergland em 1984, descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Escores do índice de remanescente adesivo (IRA).

IRA	DEFINIÇÃO
0	Ausência de material de colagem aderido ao dente
1	Menos da metade do material de colagem aderido ao dente
2	Mais da metade do material de colagem aderido ao dente
3	Todo o material de colagem aderido ao dente, inclusive a impressão da malha do bráquete

Os sítios de fratura da colagem após o ensaio de resistência ao cisalhamento correspondem às interfaces material/esmalte, material/material ou material/bráquete.

#### 4.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) E ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS)

Após o ensaio de resistência ao cisalhamento e avaliação do IRA, foi escolhido um corpo de prova de cada grupo, apresentando resistência da colagem mais próxima da média de resistência de seu grupo. A parte do dente com o remanescente da colagem foi cortada, lixada e metalizada para observação no microscópio eletrônico de varredura - MEV com espectroscopia de energia dispersiva - EDS (modelo EVO/MA10 ZEISS), para visualização da interface entre material e estrutura dentária e caracterização da composição química dos materiais.

#### 4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O programa utilizado no Cálculo Amostral foi o G\*Power versão 3.1.9.2 (FAUL; ERDFELDER; BUCHNER; LANG; 2009). O cálculo amostral foi realizado por meio da análise de variância a um fator (ANOVA), onde foram utilizados os seguintes parâmetros com base nos dados: poder do teste de 80% que é o valor mínimo para que o erro do tipo II<sup>1</sup> ( $\beta$ ) não aumente, nível de significância<sup>2</sup> ( $\alpha$ ) de 0.10 e o tamanho de efeito de 0.34 que é considerado pequeno por Cohen (1988, p. 40). O tamanho da amostra calculado com estes parâmetros foi de 120 dentes subdivididos igualmente em 6 grupos.

O programa utilizado para a realização das análises foi o IBM SPSS *Statistics version 24*.

A estatística Kappa avaliou a concordância intra-observador entre os IRA's, onde os pontos de corte são sugeridos por Landis & Koch (1977) da seguinte forma:

Valor Índice Kappa (K)	Concordância
0	Pobre
0 a 0,20	Ligeira
0,21 a 0,40	Considerável
0,41 a 0,60	Moderada
0,61 a 0,80	Substancial
0,81 a 1	Excelente

Para o teste de concordância intra-observador as avaliações dos remanescentes de resina de todos os dentes (IRA) foram repetidas após 07 dias.

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk verificou a distribuição de probabilidade com a hipótese nula de probabilidade normal.

A descrição dos dados foi apresentada na forma de frequência observada, porcentagem, valor mínimo e máximo, mediana, média e desvio padrão.

A ANOVA junto com o teste de comparações múltiplas de Tukey avaliaram a diferença das resistências das colagens, em megapascal (MPa), entre os

<sup>1</sup> Consiste em não rejeitar a hipótese nula quando a mesma na realidade é falsa.

<sup>2</sup> Consiste em rejeitar a hipótese nula quando a mesma na realidade é verdadeira.

materiais utilizados, e para os dentes que apresentaram ou não lesão do esmalte.

O teste do qui-quadrado para uma amostra e o teste Z para duas proporções compararam as proporções de cada índice de remanescente adesivo (IRA) entre os materiais.

O teste *t* de 'Student' para amostras independentes também comparou a média da resistência da colagem para os dentes que apresentaram ou não lesão do esmalte.

O nível alfa de significância utilizado em todas as análises foi de 5%.

## 5 RESULTADOS

A distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e, após comparação das técnicas, concluiu-se pela utilização das técnicas paramétricas (APÊNDICE A).

### 5.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

Os resultados dos testes de resistência da colagem ao cisalhamento (MPa) estão descritos na Tabela 1, que apresenta mínimo, máximo, mediana, média e desvio padrão e compara os seis grupos entre si. Não houve diferença significativa entre os grupos, com exceção do grupo GLAD que apresentou a maior média e o grupo RAG com a menor média. O grupo GLAD não apresentou diferença significativa para o grupo XT. O grupo RAG também não apresentou diferença significativa para os grupos FO, RAD e GLAG.

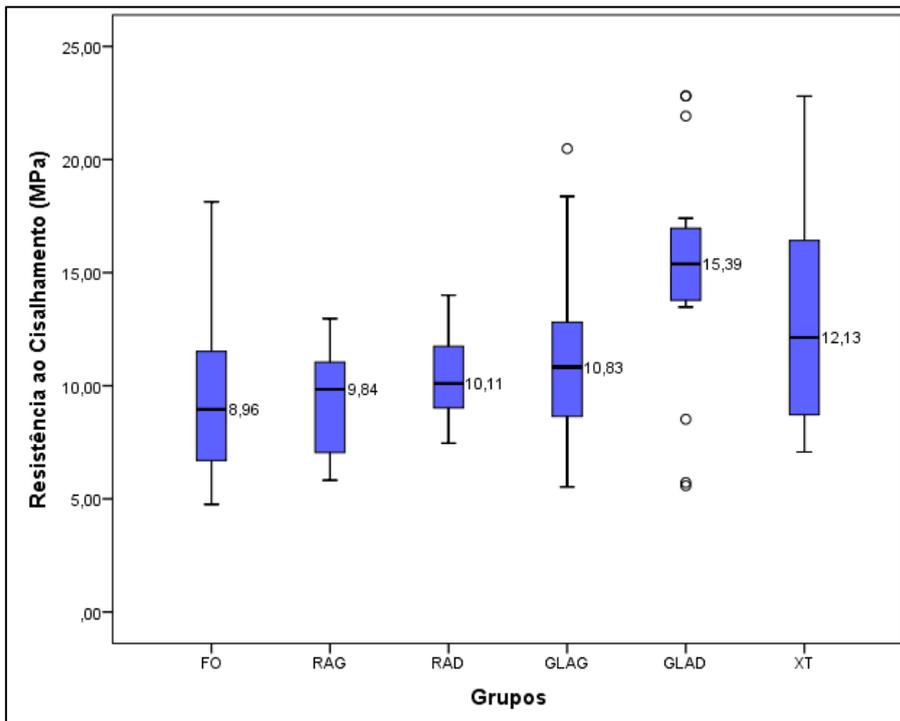
Tabela 1 - Comparação da resistência ao cisalhamento da colagem em cada grupo

Grupos	Resistência (MPa)						Valor p*
	N	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio padrão	
FO	20	4.76	18.13	8.96	9.93 <sup>ab</sup>	4.21	
RAG	20	5.82	12.97	9.84	9.34 <sup>a</sup>	2.30	
RAD	20	7.46	14.00	10.11	10.52 <sup>ab</sup>	1.96	
GLAG	20	5.53	20.48	10.83	11.17 <sup>ab</sup>	3.82	<b>&lt; 0.001</b>
GLAD	20	5.58	22.81	15.39	<b>15.14<sup>c</sup></b>	<b>4.65</b>	
XT	20	7.07	22.80	12.13	12.95 <sup>bc</sup>	4.72	

FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Compósito resinoso Transbond XT. (\*) ANOVA; <sup>abc</sup>. Letras diferentes indicam diferenças entre as médias (Teste de comparações múltiplas de Tukey); Significativo se  $p < 0.050$

O Gráfico 1 compara a resistência da colagem (em MPa) de cada material utilizado, com destaque para a mediana, posição, dispersão e distribuição dos dados.

Gráfico 1 – Boxplot da resistência ao cisalhamento da colagem dos grupos



FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Compósito resinoso Transbond XT

A Tabela 2 descreve a comparação dois a dois, dos valores das médias da resistência da colagem entre os grupos. Houve diferença estatística significativa entre os grupos FO e GLAD, RAG e GLAD, RAG e XT, RAD e GLAD, e GLAG e GLAD.

Tabela 2 – Comparações dois a dois da resistência da colagem entre os grupos

(I) Grupos	(J) Grupos	Diferença média (I-J)	Valor p*	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
<b>FO</b>	RAG	0.59	0.996	-2.8631	4.0511
	RAD	-0.59	0.996	-4.0471	2.8671
	GLAG	-1.24	0.903	-4.6971	2.2171
	<b>GLAD</b>	-5.20	<b>&lt; 0.001</b>	-8.6586	-1.7444
	XT	-3.02	0.124	-6.4746	0.4396
<b>RAG</b>	RAD	-1.18	0.919	-4.6411	2.2731
	GLAG	-1.83	0.641	-5.2911	1.6231
	<b>GLAD</b>	-5.80	<b>&lt; 0.001</b>	-9.2526	-2.3384
	<b>XT</b>	-3.61	<b>0.035</b>	-7.0686	-0.1544
<b>RAD</b>	GLAG	-0.65	0.994	-4.1071	2.8071
	<b>GLAD</b>	-4.61	<b>0.002</b>	-8.0686	-1.1544
	XT	-2.43	0.329	-5.8846	1.0296
<b>GLAG</b>	<b>GLAD</b>	-3.96	<b>0.015</b>	-7.4186	-0.5044
	XT	-1.78	0.671	-5.2346	1.6796
GLAD	XT	2.18	0.450	-1.2731	5.6411

(\*) Teste de comparações múltiplas de Tukey

Durante o ensaio de resistência ao cisalhamento 6 dentes de diferentes grupos apresentaram lesões de esmalte. A Tabela 3 compara a resistência da colagem (MPa) entre os dentes que tiveram lesões no esmalte e os que não apresentaram lesões. A média geral da resistência da colagem nos grupos com lesão foi significativamente maior. A média da resistência ao cisalhamento para cada material de colagem, individualmente, também foi maior nos grupos com lesão no esmalte, embora sem diferença estatística significativa.

Tabela 3 - Comparação da resistência da união entre os dentes com e sem lesão de esmalte para cada grupo, entre os grupos e no geral

Grupos (n <sub>1</sub> / n <sub>2</sub> )	Sem lesão do esmalte (n <sub>1</sub> )			Com lesão do esmalte (n <sub>2</sub> )			Valor p*
	Resistência (Mpa)			Resistência (Mpa)			
	Mediana	Média	Desvio padrão	Mediana	Média	Desvio padrão	
FO (19/1)	8.92	9.64b	4.11	15.54	15.54		0.178
RAG (20)	9.84	9.34ab	2.30				-
RAD (20)	10.11	10.52b	1.96				-
GLAG(19/1)	10.64	11.07b	3.90	13.16	13.16		0.608
GLAD(18/2)	15.39	<b>14.72c</b>	4.52	18.84	18.84	5.61	0.245
XT (18/2)	11.10	12.57bc	4.83	16.42	16.42	0.38	0.285
Valor p**	-	<b>&lt; 0.001</b>		-	0.727		-
Geral	10.28	11.25	4.08	15.85	<b>16.54</b>	<b>3.31</b>	<b>0.002</b>

FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Resina composta Transbond XT

(\*) Teste *t* de 'Student' para amostras independentes; (\*\*) ANOVA com testes de comparações múltiplas de Tukey; (-) Não foi computado na estatística porque não há caso; Significativo se  $p < 0.050$

## 5.2 AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE REMANESCENTE ADESIVO (IRA)

Para verificar a reprodutibilidade da avaliação do IRA, foi obtido o índice Kappa = 0,91, a partir dos dados de duas leituras realizadas pelo mesmo avaliador, com intervalo de 7 dias entre elas (APÊNDICE B).

Em cada grupo, após o ensaio de cisalhamento, os dentes foram separados pela quantidade de material de colagem remanescente no dente. Os subgrupos foram classificados pelo IRA conforme o Quadro 2 (p 40). Os dentes que apresentaram lesões de esmalte foram separados e não foram classificados pelo IRA. Os resultados podem ser verificados na Tabela 4. Houve diferença nas proporções de IRA entre os grupos. Os grupos que apresentaram lesão no esmalte foram: FO e GLAG com um dente cada; e os grupos GLAD e XT com dois dentes cada.

Tabela 4 - Comparação da distribuição do IRA e da presença de lesão de esmalte em cada grupo

Grupos	IRA = 0		IRA = 1		IRA = 2		IRA = 3		Lesão do esmalte	Valor p*	
	Não há remanescente de adesivo no dente		Menos da metade de adesivo no dente		Mais da metade de adesivo no dente		Todo o adesivo no dente				
	n	%	n	%	n	%	n	%			
FO	<b>10</b>	<b>50.0<sup>b</sup></b>	<b>9</b>	<b>45.0<sup>b</sup></b>	0	0.0	0	0.0	1	5.0 <sup>a</sup>	<b>0.025</b>
RAG	5	25.0 <sup>a</sup>	<b>12</b>	<b>60.0<sup>b</sup></b>	2	10.0 <sup>a</sup>	1	5.0 <sup>a</sup>	0	0.0	<b>0.002</b>
RAD	0	0.0	5	25.0 <sup>a</sup>	<b>14</b>	<b>70.0<sup>b</sup></b>	1	5.0 <sup>a</sup>	0	0.0	<b>0.001</b>
GLAG	5	25.0	<b>13</b>	<b>65.0<sup>b</sup></b>	1	5.0 <sup>a</sup>	0	0.0	1	5.0 <sup>a</sup>	<b>&lt; 0.001</b>
GLAD	<b>8</b>	<b>40.0<sup>b</sup></b>	<b>9</b>	<b>45.0<sup>b</sup></b>	1	5.0 <sup>a</sup>	0	0.0	2	10.0 <sup>a</sup>	<b>0.021</b>
XT	2	10.0	6	30.0	5	25.0	5	25.0	2	10.0	0.554

IRA - Índice de remanescente adesivo; FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Compósito resinoso Transbond XT

(\*) Teste do qui-quadrado para uma amostra; <sup>ab</sup>. Letras diferentes indicam diferenças entre as proporções (Teste Z para duas proporções); (0) Não foi computado na estatística porque não há caso; Significativo se  $p < 0.050$

Para verificar a resistência (MPa) necessária para produzir os remanescentes de material de colagem nos dentes e/ou causar lesões no esmalte, foi calculada a resistência média da colagem em cada subgrupo de acordo com a quantidade de material remanescente nos dentes (IRA). A Tabela 5 mostra a elevada resistência da colagem desenvolvida pelo material GLAD. Houve diferença significativa entre a resistência da união dos materiais FO e RAG e os materiais GLAG, GLAD e XT para o IRA=0.

Tabela 5 – Comparação da resistência média da colagem para cada quantidade de remanescente de material (IRA – índice de remanescente adesivo) entre os grupos.

Tabela 5 - Comparação da resistência média da colagem para cada quantidade de remanescente de material de colagem entre os grupos

Marcas	IRA												Valor p*				
	IRA = 0			IRA = 1			IRA = 2			IRA = 3				Lesão do esmalte			
	Med	Média	DP	Med	Média	DP	Med	Média	DP	Med	Média	DP		Med	Média	DP	
FO	7.43	8.49 <sup>a</sup>	3.65	10.07	10.92	4.41	-	-	-	-	-	-	-	15.54	15.54	-	0.182
RAG	6.69	6.87 <sup>a</sup>	0.84	10.16	9.97 <sup>b</sup>	2.06	11.90	11.90 <sup>b</sup>	1.51	8.99	8.99 <sup>ab</sup>	-	-	-	-	-	0.012
RAD	-	-	-	11.57	11.72	2.14	9.95	10.23	1.80	8.62	8.62	-	-	-	-	-	0.215
GLAG	11.83	12.15 <sup>b</sup>	5.13	10.09	10.66	3.66	11.01	11.01	-	-	-	-	-	13.16	13.16	-	0.864
GLAD	15.70	14.54 <sup>b</sup>	5.42	15.03	14.78	4.20	15.74	15.74	-	-	-	-	-	18.84	18.84	5.61	0.721
XT	12.89	12.89 <sup>b</sup>	2.63	13.43	14.63	5.38	8.30	12.39	6.24	9.66	10.13	2.91	16.42	16.42	0.38	0.486	
Valor p*	<b>0.017</b>			0.095			0.465			0.863			0.726				

IRA - Índice de remanescente adesivo; FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Composito resinoso Transbond XT. Med - Mediana; DP - Desvio padrão

(\*) ANOVA; abc: Letras diferentes indicam diferenças entre as médias (Teste de comparações múltiplas de Tukey); (-) Não há casos; Significativo se  $p < 0.05$

### 5.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) E ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS)

As imagens do MEV e EDS (APÊNDICES C, D, E, F, G, H) foram avaliadas e houve a presença do flúor, silício, e alumínio nos cimentos de ionômero de vidro com concentração média de 4,0%. No compósito resinoso não foi detectada presença de flúor (0,0%), quase nada de alumínio (0,1%), e 16% de silício.

Após avaliação das interfaces das colagens esmalte/material ao MEV (APÊNDICES I, J, K, L, M, N), foi observado que as colagens que utilizaram adesivo mostraram maior aderência do material ao esmalte (Figuras 7 e 8). As colagens que utilizaram a água mostraram maior separação entre o material e o esmalte (Figuras 9 e 10).

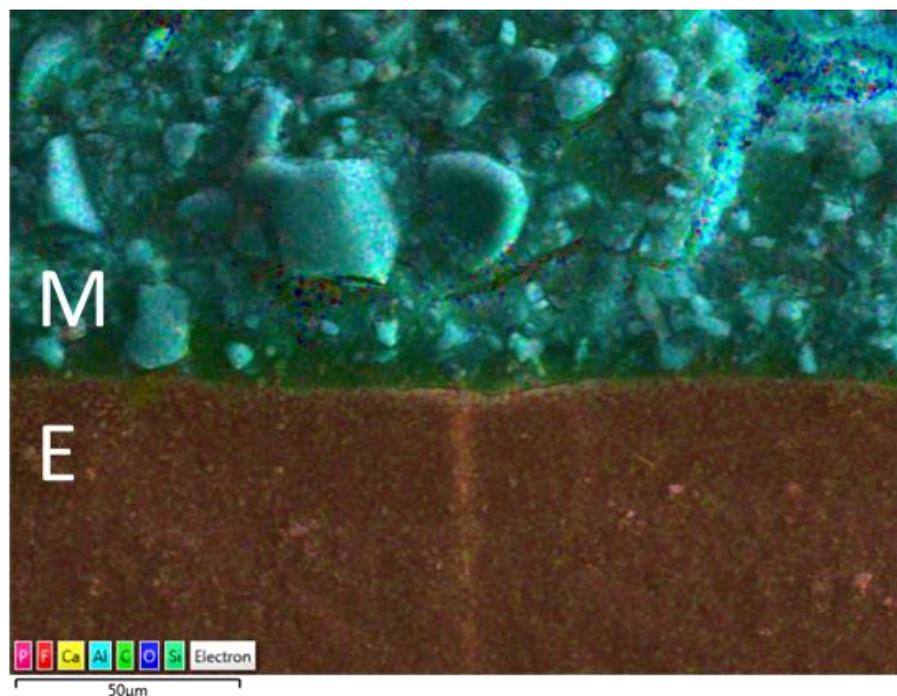


Figura 7: MEV/EDS da interface esmalte/RAD com aumento de 1500x. Grupo RAD = CIVMR Riva com adesivo. M=Material, E=Esmalte

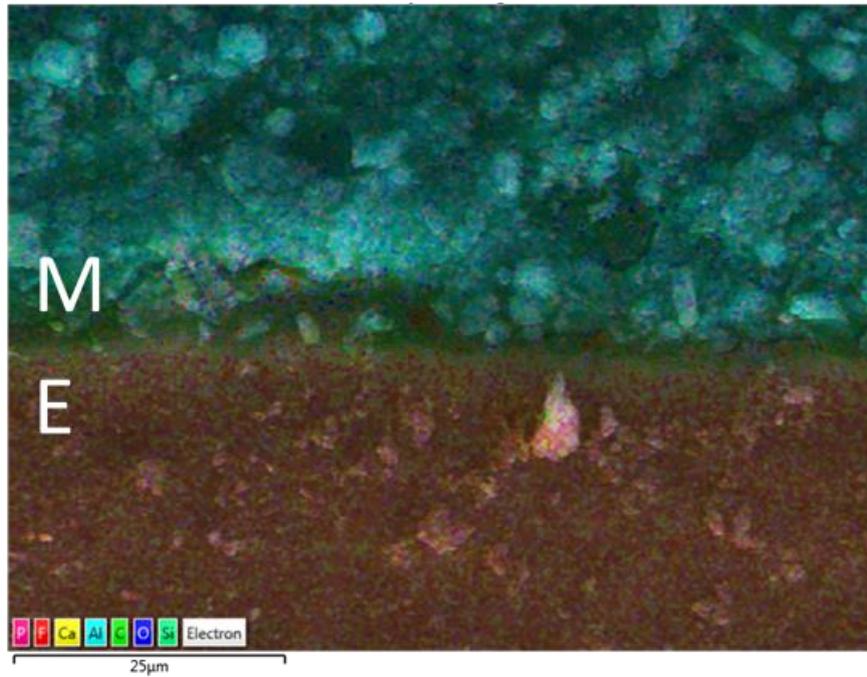


Figura 8 - MEV/EDS da interface esmalte/GLAD com aumento de 1500x. Grupo GLAD = CIVMR Gold Label com adesivo. M=Material, E=Esmalte

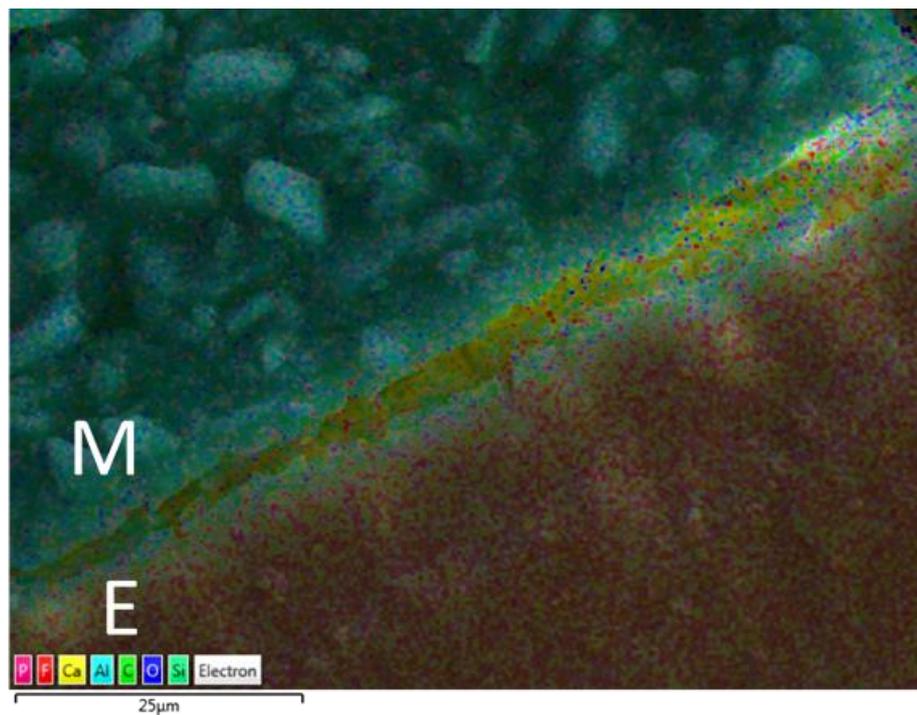


Figura 9 - MEV/EDS da interface esmalte/RAG com aumento de 1500x. Grupo RAG = CIVMR Riva com água. M=Material, E=Esmalte

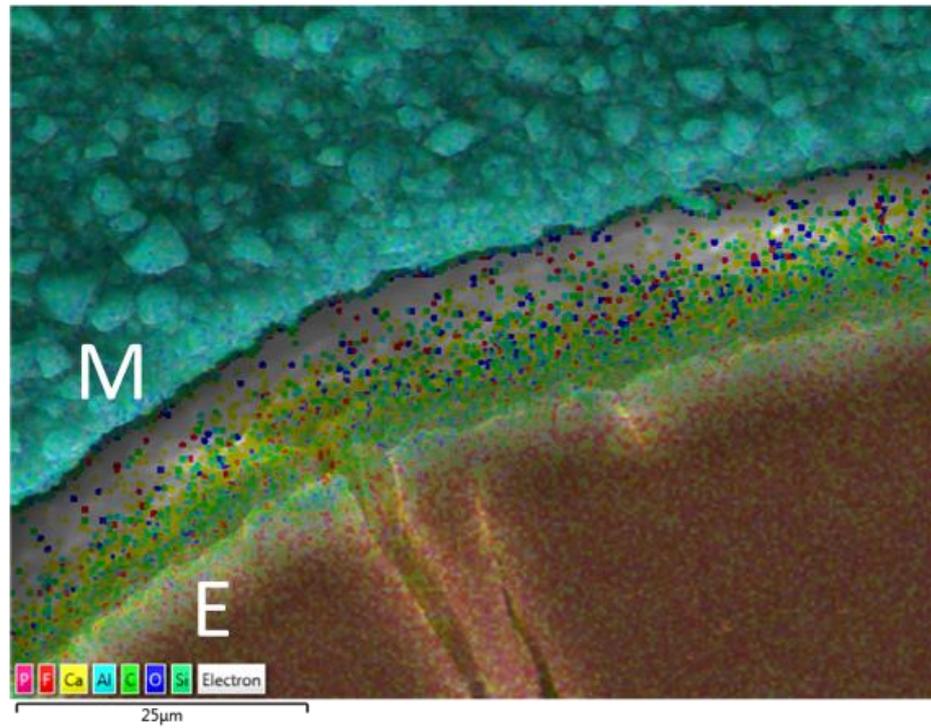


Figura 10: MEV/EDS da interface esmalte/GLAG com aumento de 1500x. Grupo GLAG = CIVMR Gold Label com água. M=Material, E=Esmalte

## 6 DISCUSSÃO

A colagem de bráquetes ortodônticos com cimento de ionômero de vidro modificado por resina (CIVMR) vem se mostrando uma excelente alternativa ao compósito resinoso, por proporcionar maior proteção ao esmalte dentário não somente durante o tratamento, como também no momento da remoção dos aparelhos (PASCOTTO et al., 2004; SHARMA, et al., 2013; ANDRUCIOLI et al., 2017; CHIN et al., 2009; BUSCHANG, 2019). Entretanto, o maior problema encontrado atualmente é que existe apenas um CIVMR indicado pelo fabricante especificamente para a colagem de bráquetes - o Fuji Ortho LC® - com eficácia comprovada em diversos estudos (CHENG et al., 2011; ELNAFAR, ALAM, HASAN, 2014; FEIZBAKHSH et al., 2017; SANTIN et al., 2018).

Para contornar esta dificuldade e por ser uma alternativa viável ao compósito resinoso, a colagem ortodôntica com CIVMRs Restauradores motivou o desenvolvimento deste trabalho.

Um material de colagem para resistir aos esforços mastigatórios deve apresentar resistência da união ao cisalhamento de, pelo menos, 6-8 MPa (REYNOLDS, 1975). Somando-se a isto, ocorrem ainda as tensões desenvolvidas durante um tratamento ortodôntico convencional. Em um trabalho *in vitro* (PIMENTEL, 2014), confirmado por outro trabalho *in vivo* utilizando o mesmo CIVMR restaurador (PIMENTEL, 2015), foi possível comprovar que a resistência da união para resistir às tensões mastigatórias e da movimentação ortodôntica durante tratamentos ortodônticos completos deve ser de 10 MPa, em média ( $10,11 \pm 1,94$  MPa). Outro importante fator que deve ser levado em conta é que a resistência do próprio esmalte dentário às forças que atuam perpendiculares aos seus prismas é bem baixa, de aproximadamente 11,5 MPa (GIANNINI et al., 2004; IKEDA et al., 2002). Além disso, o risco de lesão ao esmalte aumenta quando a resistência da colagem é superior a 8,2 MPa. E a cada aumento de 1 MPa acima deste valor, o risco de lesão aumenta em 1,3 vezes, podendo chegar a 70% quando a resistência da união supera os 12 MPa. Entretanto, o risco de lesão ao esmalte cai para apenas 5% quando a resistência da união fica abaixo de 12 MPa (LAMPER et al., 2013). Portanto, a resistência da união em um tratamento

ortodôntico convencional deveria ficar entre 8-12 MPa, de forma a resistir às tensões e preservar o esmalte dentário.

Os resultados obtidos das resistências da união ao cisalhamento, no presente trabalho, não mostraram diferença significativa entre os grupos colados com RAG, RAD e GLAG (CIVMR restauradores) e com FO (CIVMR ortodôntico). Além disso, as resistências das colagens com estes materiais ficaram dentro da faixa necessária para resistir às tensões mastigatórias e àquelas desenvolvidas durante a movimentação ortodôntica (FO=9,93±4,21MPa; RAG=9,34±2,30MPa; RAD=10,52±1,96MPa; GLAG=11,17±3,82MPa).

O CIVMR Riva LC® foi utilizado para colagem no esmalte umedecido com água (RAG) e com adesivo (RAD). Esses dois métodos apresentaram satisfatória resistência média da união e não apresentaram diferença significativa entre si. Ao serem avaliados os valores mínimos e máximos, a presença do adesivo convencional mostrou aumento da resistência da união (RAG= 5,82 MPa e 12,97 MPa; RAD= 7,46 MPa e 14,00 MPa - mínima/máxima). Embora o valor máximo obtido no grupo RAD tenha ultrapassado o limite de 12 MPa, nenhum dente colado com o material Riva apresentou lesão no esmalte. Tal resultado sugere que esse material pode ser indicado para colagem de bráquetes com segurança, já que apresentou resistência de união compatível com os parâmetros clínicos aceitáveis e proteção ao esmalte. Pimentel (2014) também encontrou valores de resistência da união mínimo e máximo de 6,58 MPa e 14,35 MPa nas colagens com CIVMR restaurador Vitro Fil LC® e relatou apenas um caso de lesão de esmalte com este material ao observar os dentes em aumento de 60 vezes. Também, no estudo *in vivo* com o mesmo material (Pimentel, 2015) encontrou ótima resistência da união durante todos os tratamentos ortodônticos completos realizados e nenhuma lesão de esmalte visível por lupa foi observada.

O CIVMR Gold Label LC® também foi colado ao esmalte umedecido com água (GLAG =11,17±3,82MPa) e com adesivo (GLAD =15,14±4,65MPa). Entretanto, houve diferença significativa entre as resistências das colagens dos grupos GLAG e GLAD (p=0,015). Na comparação destas duas formas de colagem com este material chama a atenção os valores de GLAD que se concentraram acima da resistência ideal para proteção ao esmalte, ao contrário dos valores encontrados na colagem com GLAG que ficaram dentro da faixa ideal. Este

resultado indica que o Gold Label® deva ser utilizado preferencialmente com o esmalte umedecido com água. A colagem com GLAG representa uma boa opção também pelo fato de sua utilização com água, economizar tempo e adesivo, além de poder ser utilizado em locais de difícil controle da umidade bucal.

Por outro lado, a colagem com GLAD apresentou resistência da união comparável à do compósito resinoso XT ( $XT=12,95\pm 4,72\text{MPa}$ ), não apresentando diferença significativa entre eles ( $p>0,05$ ). Ambos foram colados em esmalte com adesivo prévio. Além disso, os grupos GLAD e XT apresentaram resistência média da união acima da faixa ideal, o que pode aumentar o risco de lesão ao esmalte. Entretanto, estes materiais podem ser úteis quando indicados para locais onde for necessária maior resistência da união como, por exemplo, nos dentes posteriores ou nos casos em que o paciente será submetido à cirurgia ortognática. Em tais casos, a utilização do CIVMR é ainda mais indicada que a do compósito resinoso, uma vez que o paciente poderá contar com a proteção proporcionada pelo flúor durante as primeiras semanas de difícil higienização oral pós-cirúrgica. Portanto, considerando a necessidade de resistência da união para suportar as tensões desenvolvidas nos diferentes tipos de tratamentos ortodônticos e a manutenção da saúde do esmalte dentário, pode-se admitir que a resistência máxima da colagem, preferencialmente, seja de 12 MPa (LAMPER et al., 2013). Não se deve esquecer, entretanto, que quanto maior for a resistência da união, maiores serão os riscos de lesão ao esmalte, principalmente em valores acima de 14 MPa (RETIEF, 1974).

Na manipulação dos materiais foi observado que o Gold Label LC® apresentou a consistência mais firme entre os três CIVMR testados, o que facilitou sua utilização. A comparação entre a composição química e a quantidade de carga dos CIVMR não pôde ser realizada, uma vez que os fabricantes não forneceram as informações solicitadas, mantendo suas fórmulas como segredo industrial. Especula-se que o CIVMR Gold Label LC®, ao ser colado em esmalte umedecido com adesivo (GLAD), apresente mais carga e ingredientes resinosos do que ionoméricos, justificando seu comportamento semelhante ao do compósito XT.

Alguns CIV convencionais, isto é, aqueles que não possuem o componente resinoso em sua composição, também já foram testados como materiais de colagem ortodôntica, porém não apresentaram resistência de união satisfatória (PEREIRA et al., 2013; RAO et al., 2013). Entretanto, em estudo recente, um CIV convencional mostrou resistência da união *in vitro* de  $12,8 \pm 2,5$  MPa, valor suficiente para resistir aos esforços mastigatórios e à movimentação ortodôntica (SANTIN, 2018).

Sem dúvida, os materiais mais utilizados atualmente para a colagem de bráquetes ainda são o CIVMR FO e o compósito resinoso XT. O valor médio encontrado neste trabalho para a resistência da união das colagens com FO foi de  $9,93 \pm 4,21$  MPa, valor este semelhante aos que foram encontrados por outros autores (SUMMERS et al., 2004; BICHARA et al., 2007). Entretanto alguns autores encontraram valores menores (MARUO et al., 2010; RAO et al., 2013) e outros encontraram valores maiores (PITHON et al., 2006; CHENG et al., 2011; SANTIN et al., 2018), sendo o valor mínimo relatado de 4,76 MPa e o máximo de 18,13 MPa. Por outro lado, a resistência média da colagem com o compósito resinoso (XT) não apresentou diferença significativa entre os demais grupos testados quando se comparam os dentes sem lesão de esmalte. Mesmo avaliando todos os dentes, o grupo XT mostrou diferença significativa apenas para o grupo RAG. O valor médio encontrado para a resistência da união com o compósito XT no presente trabalho ( $12,95 \pm 4,72$  MPa) foi ligeiramente superior às médias encontradas por outros autores ( $11,37 \pm 2,53$  MPa - PITHON et al., 2006); ( $11,6 \pm 1,74$  MPa - CHENG et al., 2011), porém, bem inferior a encontrada por Santin et al. (2018) de  $17,8 \pm 5,4$  MPa.

O ensaio de cisalhamento é empregado para avaliar a resistência da união de bráquetes colados porque este tipo de ensaio mecânico simula a remoção não intencional de bráquetes metálicos e a remoção intencional ou não de bráquetes rígidos, como os cerâmicos. A remoção não intencional ocorre quando o paciente com aparelhos fixos morde algum objeto indevido ou alimento não recomendado durante o tratamento, como por exemplo, tampa de caneta, torresmo, osso de galinha, abrir garrafa plástica com os dentes, entre outros (PIMENTEL, 2015). Diferentemente, a remoção intencional dos bráquetes metálicos se dá pela

deformação do metal, pressionando suas asas uma contra a outra, deixando a maior parte do material aderida ao dente e preservando o esmalte dentário.

Durante os ensaios de cisalhamento seis dentes apresentaram lesões de esmalte, sendo um no grupo FO (15,54 MPa), um no grupo GLAG (13,16 MPa), dois no grupo GLAD (14,87 e 22,81 MPa), e dois no grupo XT (16,15 e 16,69 MPa). A média da resistência da colagem dos dentes com lesão de esmalte (16,54 MPa) ficou bem acima da média dos dentes que permaneceram sadios após o ensaio (11,25 MPa). Este resultado comprova o risco aumentado de lesão no esmalte dentário quando a resistência da união supera os 12 MPa (LAMPER et al., 2013). Lembrando que, quanto maior a resistência da união, maior o risco de provocar danos ao esmalte (RETIEF, 1974). Entretanto, mesmo valores considerados ideais podem provocar micro trincas no esmalte, como pode ser visto na Figura 11. O que reforça a necessidade de instruir continuamente o paciente a evitar descolagens não intencionais de bráquetes, o que pode ocorrer ao morder objetos ou alimentos não recomendados durante o tratamento ortodôntico.

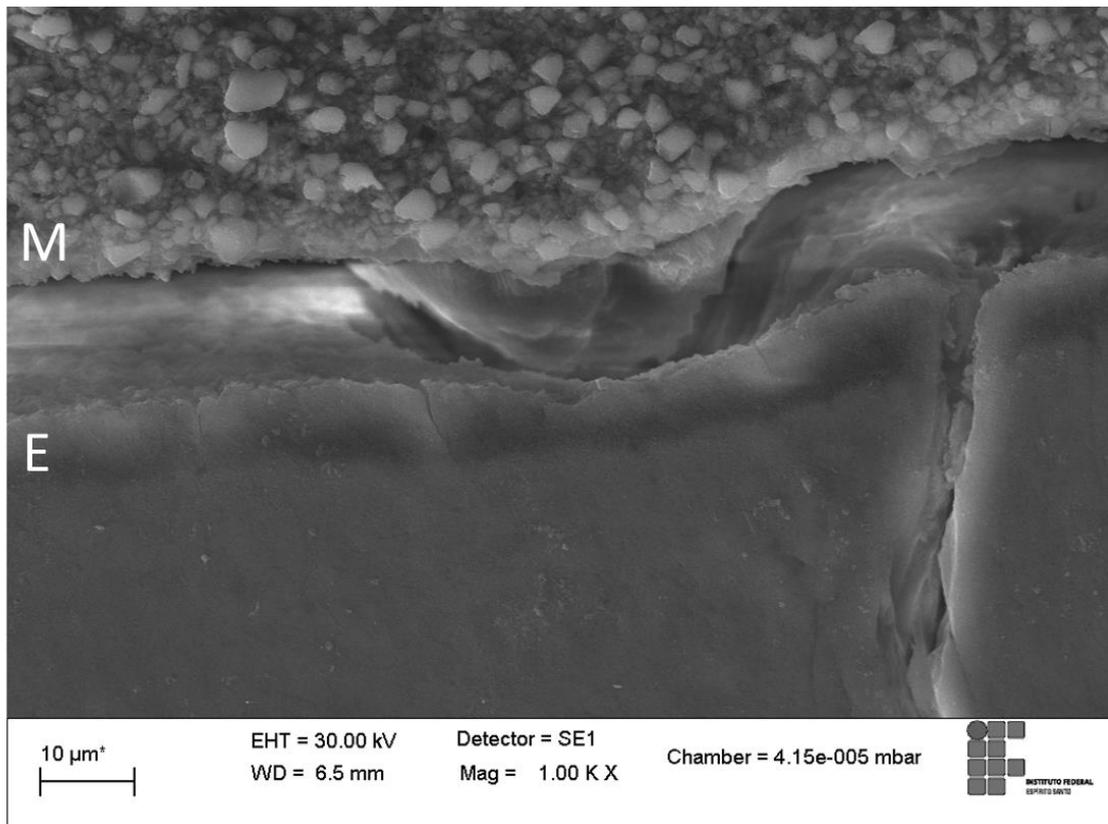


Figura 11 – Eletromicrografia ao MEV (1000x) da interface esmalte/GLAG com lesão de esmalte e resistência de união de 11Mpa. Grupo GLAG = CIVMR Gold Label® com água. M = Material. E= Esmalte

No presente trabalho o IRA foi utilizado para classificar a quantidade de material de colagem remanescente no esmalte após a descolagem. Foi observado que os grupos RAD (IRA=2), RAG e GLAG (IRA=1) apresentaram predominância da fratura da colagem dentro do material, o que confere maior proteção ao esmalte. Os grupos FO e GLAD apresentaram predomínio do IRA em 0 e 1, demonstrando que a fratura da colagem se deu, predominantemente, na interface esmalte/material ou bem próximo a ela. Isso promove menor tempo de limpeza do material de colagem remanescente no esmalte e menor desconforto para o paciente (BENSON et al., 2019). Entretanto, quando a fratura da colagem ocorre na interface esmalte/material pode significar tanto, menor adesão ao esmalte, quanto adesão excessiva com risco de lesão ao esmalte. Para dirimir esta dúvida, a resistência ao cisalhamento média de cada escore do IRA foi comparada em cada grupo, não considerando os dentes com lesão de esmalte. O grupo FO apresentou resistência média para os escores 0 e 1 do IRA dentro

dos limites de proteção ao esmalte, enquanto o grupo GLAD apresentou resistência média para estes escores acima dos 14 MPa. Este resultado mais uma vez alerta para o risco de lesão de esmalte e contraindica a utilização da colagem GLAD (Gold Label® e adesivo) em tratamentos ortodônticos convencionais.

Nesse estudo foi realizado o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico a 37% por 20 segundos em todos os grupos. O condicionamento ácido do esmalte é o procedimento padrão em colagens com compósitos resinosos, porém também é o procedimento mais utilizado para a colagem ortodôntica com o CIVMR Fuji Ortho LC® (PITHON et al., 2010; FEIZBAKHSI et al., 2017; PICCOLI et al., 2017; SANTIN et al., 2018; HODZIC et al., 2018). Além disso, diversos autores comprovaram que o condicionamento do esmalte com ácido fosfórico promove aumento da resistência da união nas colagens com CIVMR (PITHON et al., 2006; MARUO et al., 2010; CHENG et al., 2011; ALI e MAROLI, 2012; ELNAFAR, ALAM e HASAN, 2014).

Após o condicionamento ácido do esmalte, no presente trabalho, a superfície a ser colada foi umedecida pelo uso de água ou de adesivo. O sistema adesivo é responsável pela união do material restaurador ou de colagem (compósito ou CIVMR) às estruturas dentárias. Os monômeros resinosos hidrofílicos presentes nesse produto permitem que o adesivo seja compatível com a umidade natural do substrato dentário (CARVALHO et al., 2004). O adesivo utilizado foi escolhido por ser um agente de união monocomponente convencional, desenvolvido para aderir compósitos e cimentos resinosos ao esmalte e à dentina, além de promover liberação de flúor, ter baixo custo e ser muito acessível. Além disso, este adesivo aumenta a compatibilidade com a umidade por ser hidrofílico, apresenta alta fluidez e compatibilidade com materiais de cimentação, de preenchimento ou de restauração auto ou fotoativados ([www.dentsply.com.br](http://www.dentsply.com.br)).

Diversos autores confirmaram que a presença de umidade melhora a resistência da colagem com CIVMR (CACCIAFFESTA et al., 1998; CACCIAFFESTA, BOSH, MELSEN, 1999), embora outros tenham encontrado melhores resultados com o esmalte seco (FEIZBAKHSI et al., 2017). Uma explicação para a maior resistência da união obtida sob condições úmidas pode ser a presença de 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA) como um dos principais constituintes do

componente resinoso do CIVMR, um monômero hidrofílico hidrossolúvel (CACCIAFESTA et al., 1998). O próprio fabricante do CIVMR Fuji Ortho LC recomenda umedecer a superfície do esmalte com água previamente à colagem e adverte que uma superfície de esmalte ressecada tem efeito adverso na resistência da união ([www.gcamerica.com](http://www.gcamerica.com)). Também os fabricantes dos CIVMR restauradores Riva® ([www.sdi.com.au](http://www.sdi.com.au)) e Gold Label 2 LC® ([www.gcamerica.com](http://www.gcamerica.com)) recomendam que a superfície que for receber o material restaurador esteja úmida.

Ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) foi verificado que as interfaces das colagens que utilizaram o adesivo para umedecer a superfície do esmalte mostraram maior uniformidade da união do material ao dente, mostrando uma interação mais forte na interface do que a interação dentro do material, o que provocou propagação de trincas dentro do CIVMR (Figuras 7, 8 e 12). O princípio fundamental de adesão à estrutura do esmalte está baseado em um processo de troca, no qual minerais são removidos dos tecidos dentários através do condicionamento ácido. Este processo envolve duas fases: a primeira consiste na remoção do cálcio e criação de porosidades (retenção mecânica); e a segunda envolve a penetração do adesivo no interior das porosidades criadas pelo condicionamento (CHEVITARESE e RUELLAS, 2005). Este princípio proporcionou o aumento significativo da resistência da união quando o adesivo foi utilizado previamente à colagem, em comparação com a utilização da água com o CIVMR Gold Label®. Por outro lado, as interfaces das colagens que utilizaram previamente a água mostraram maior facilidade para a remoção dos remanescentes do CIVMR da superfície do dente (Figuras 9, 10 e 13). O material se despreendeu do esmalte quando foi ressecado, o que minimiza o tempo necessário para a remoção e o risco de danos ao esmalte com instrumento rotatório (Benson et al., 2019).

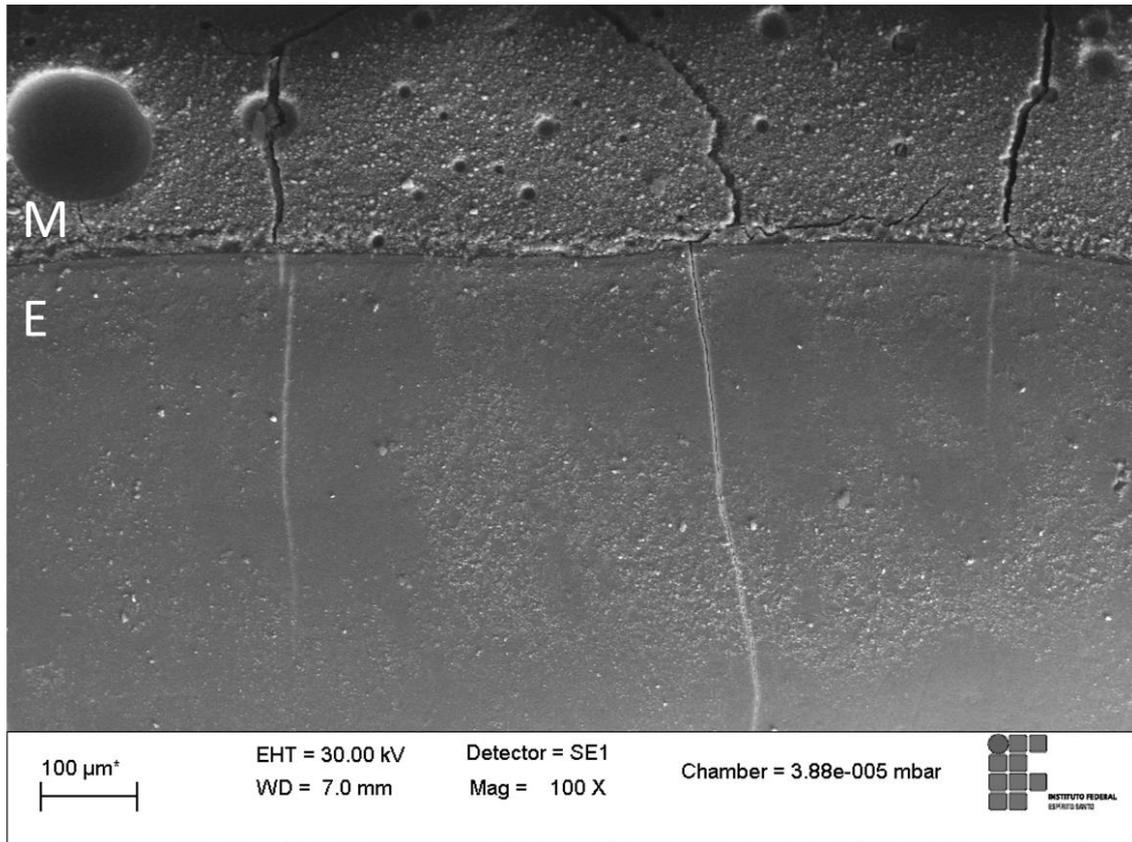


Figura 12 – Eletromicrografia ao MEV (100x) da interface esmalte/GLAD, mostrando as trincas dentro do material. Grupo GLAD = CIVMR Gold Label® com adesivo. M = Material. E = Esmalte

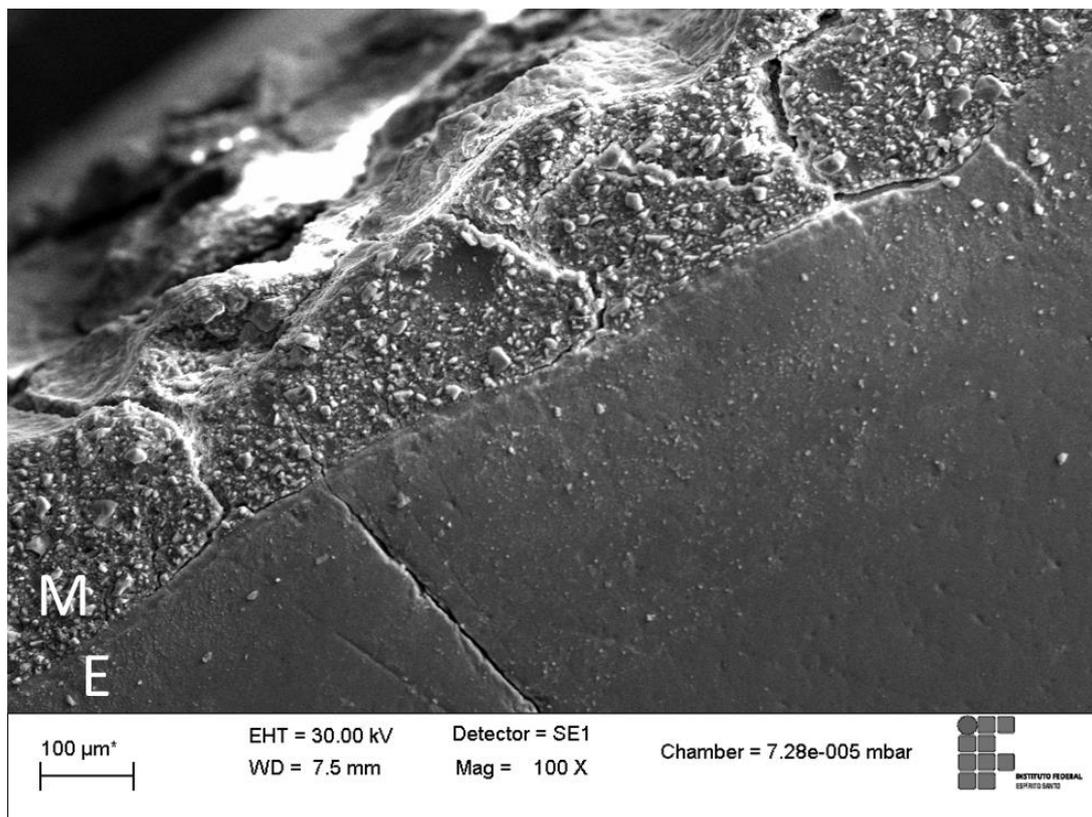


Figura 13 – Eletromicrografia ao MEV (100x) da interface esmalte/RAG, mostrando trincas na interface onde o material se despreendeu do dente. Grupo RAG = CIVMR Riva® com água. M = Material. E = Esmalte.

O presente estudo demonstrou que os CIVMR restauradores são capazes de suportar os esforços mastigatórios e as tensões produzidas durante o tratamento ortodôntico, uma vez que apresentaram valores médios de resistência da união ao cisalhamento satisfatórios e dentro da faixa ideal de 8 a 12 MPa.

Esses materiais são boas opções para se ter em um consultório como alternativas ao compósito resinoso, por sua versatilidade como materiais restauradores e para colagem de bráquetes com água ou com adesivo, dependendo da resistência de união desejada. Além disso, sua utilização reduz o tempo de cadeira do paciente pela utilização da água ou do adesivo sem fotoativação. Também, por serem de presa dual (autopolimerizáveis e fotoativados) facilitam a polimerização da colagem de peças metálicas. Na colagem de bráquetes metálicos a parte do material junto à base com reduzida possibilidade de receber a luz, polimeriza devido ao sistema autopolimerizável que o produto dual contém (CHEVITARESE e RUELLAS, 2005). Para acrescentar mais uma vantagem, a remoção do CIVMR após a retirada dos

aparelhos é bem mais fácil que a remoção dos remanescentes do compósito resinoso. O ionômero de vidro apresenta adesão química ao metal e ao esmalte, porém costuma exibir adesão mais forte ao metal que ao esmalte, o que não ocorre nos compósitos resinosos. Esta maior adesão do CIVMR à base do bráquete talvez possa justificar a maior facilidade de remoção do bráquete e dos remanescentes de material no esmalte, após a descolagem. (CACCIAFESTA, BOSCH, MELSEN, 1999; PICCOLI et al., 2017; BENSON et al., 2019).

O presente trabalho apresenta limitações como a de ter sido feito apenas *in vitro*, posto que esse tipo de estudo é incapaz de simular o ambiente bucal e outros fatores que poderiam influenciar na resistência da união, tais como a escovação dentária do paciente, hábitos parafuncionais, idade, sexo, alimentação, e pH da saliva. No entanto, estudos *in vitro* fornecem informações valiosas sobre a quantidade de força que provoca a fratura da colagem. Além disso, outro estudo realizado por nosso grupo de pesquisa comprovou a eficácia *in vivo* de um CIVMR restaurador utilizado em tratamentos ortodônticos completos (PIMENTEL, 2015).

Outra limitação que pode ser apontada diz respeito aos materiais testados, os quais foram utilizados na forma pó/líquido. Este tipo de apresentação de material pode provocar aumento do tempo de trabalho ou demandar a presença de pessoal auxiliar, em comparação ao compósito resinoso que é fornecido em pasta única. Entretanto este inconveniente pode facilmente ser superado pela utilização de um CIVMR restaurador em cápsulas, também disponível comercialmente.

## 7 CONCLUSÃO

- Os CIVMR restauradores, com exceção do grupo GLAD, apresentaram resistência média da união entre 9 e 12 MPa, dentro da faixa ideal para resistir às tensões mastigatórias e movimentações ortodônticas, e ainda preservar o esmalte dentário;
- Os CIVMR restauradores para serem utilizados como materiais de colagem ortodôntica devem ser aplicados em dentes previamente condicionados e umedecidos;
- Umedecer previamente o esmalte com água ou adesivo convencional promoveu resultados satisfatórios para os CIVMR restauradores, porém a utilização do adesivo no grupo GLAD produziu aumento significativo da resistência da união;
- A escolha entre a água ou adesivo pode variar dependendo da necessidade de maior ou menor resistência da união, da região a ser colada (posterior /anterior) ou da finalidade do tratamento (cirúrgico /não cirúrgico);
- Os CIVMR restauradores apresentaram resultados semelhantes ao CIVMR ortodôntico e ao compósito resinoso, considerados materiais “padrão ouro” para a colagem de bráquetes;
- Após a descolagem, com exceção do grupo RAD, os CIVMR (restauradores e ortodôntico) apresentaram menor quantidade de remanescente de material no esmalte que o compósito resinoso, e sítios de fratura da colagem próximos da interface esmalte/material;
- Lesões de esmalte ocorreram em alguns dentes colados com os materiais XT, FO e GL, que apresentaram resistência da união acima de 13 MPa;
- Ao MEV/EDS foram verificadas micro trincas no esmalte após a descolagem por cisalhamento, mesmo quando a resistência da união ficou abaixo de 12 MPa.

## REFERÊNCIAS

ALI, H.; MAROLI, S. Glass ionomer cement as an orthodontic bonding agent. **The Journal of Contemporary Dental Practice**. v. 13, n. 5, p. 650-654, 2012.

ANDRUCIOLI, M. C. D. et al. Influence of resin-modified glass ionomer and topical fluoride on levels of *Streptococcus mutans* in saliva and biofilm adjacent to metallic brackets. **J Appl Oral Sci**. v.25, n.2, p. 196-202, 2017.

ARTUN, J.; BERGLAND, S. Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-enamel pretreatment. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 85, n. 4, p. 333-340, 1984.

BENSON P. E. et al. Resin-modified glass ionomer cement vs composite for orthodontic bonding: a multicenter, single-blind, randomized controlled trial. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 155, n. 1, p. 10-18, 2019.

BICHARA, S. E. et al. A self-conditioner for resin-modified glass ionomers in bonding orthodontic brackets. **Angle Orthodontist**. v. 77, n. 4, p. 711-715, 2007.

BUSCHANG, P. H. et al. Incidence of white spot lesions among patients treated with clear aligners and traditional braces. **Angle Orthodontist**. v. 89, p. 359–364, 2019.

CACCIAFESTA, V. et al. Effects of saliva and water contamination on the enamel shear bond strength of a light-cured glass ionomer cement, **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 113, p. 402-407, 1998.

CACCIAFESTA, V., BOSCH, C., MELSEN, B. Clinical comparison between a resin-reinforced self-cured glass ionomer cement and a composite resin for direct bonding of orthodontic brackets. Part 2: bonding on dry enamel and on enamel soaked with saliva. **Clinical Orthodontics and Research**. v. 2, n. 4, p. 186-193, 1999.

CARVALHO, R. M. et al. Sistemas adesivos: fundamentos para a compreensão de sua aplicação e desempenho em clínica. **Biodonto**. v. 2., n. 1, p. 1-86, 2004.

CHENG, H. Y. et al. Bond strength of orthodontic light-cured resin-modified glass ionomer cement. **European Journal of Orthodontics**. v. 33, p. 180–184, 2011.

CHEVITARESE, O.; RUELLAS, A. C. O. **Bráquetes Ortodômicos Como utilizá-los**. São Paulo: Santos, 2005.

CHIN, M. Y. H., et al. Fluoride release and cariostatic potential of orthodontic adhesives with and without daily fluoride rinsing. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 136, p. 547-553, 2009.

COHEN, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>nd</sup> ed.). Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

ELNAFAR, A. A. S.; ALAM, M. K.; HASAN, R. The impact of surface preparation on shear bond strength of metallic orthodontic brackets bonded with a resin-modified glass ionomer cement. **Journal of Orthodontics**. v. 41, p. 201–207, 2014.

FAUL, F.; ERDFELDER, E.; BUCHNER, A.; LANG, A.-G. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. **Behavior Research Methods**. v. 41, p. 1149-1160, 2009.

FEIZBAKHS, M. et al. Comparison of bracket bond strength to etched and unetched enamel under dry and wet conditions using Fuji Ortho LC glass ionomer. **J Dent Res Dent Clin Dent Prospect**. v.11, n. 1, p. 30-35, 2017.

GIANNINI, M.; SOARES, C. J.; CARVALHO, R. M. Ultimate tensile strength of tooth structures. **Dental Materials**. v. 20, p. 322–329, 2004.

HODZIC, L. L., et al. Shear bond strength of orthodontic brackets luted with RMGIC after Er:YAG laser etching with two pulse modes using a digitally controlled “X-Runner” handpiece. **Photomedicine and Laser Surgery**. v. 36, n. 11, p.608-613, 2018.

IKEDA, T., et al. Relation of enamel prism orientation to microtensile bond strength. **Am J Dent**. v. 15, n. 2, p. 109-113, 2002.

JURISIC, S. et al. Influence of adhesives and methods of enamel pretreatment on the shear bond strength of orthodontic brackets. **Acta stomatol Croat**. v. 49, n. 4, p. 269-274, 2015.

LAMPER, T. et al. Self-etch adhesives for the bonding of orthodontic brackets: faster, stronger, safer? **Clin Oral Invest.** v. 18, n. 1, p. 313–319, 2013.

LANDIS J. R.; KOCH G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics.** v. 33, p. 159-174, 1977.

MARUO, I. T. et al. Effect of etching and light-curing time on the shear bond strength of a resin-modified glass ionomer cement. **Brazilian Dental Journal.** v. 21, n. 6, p. 533-537, 2010.

MAURYA, R.; TRIPATHI, T.; RAI, P. New generation of color bonding: a comparative in vitro study. **Indian J Dent Res.** v. 22, n. 5, p. 733-734, 2011.

PASCOTTO R. C., et al. In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.** v. 125, n. 1, p. 36-41, 2004.

PEREIRA, T. B. J., et al. Effects of enamel deproteinization on bracket bonding with conventional and resin-modified glass ionomer cements. **European Journal of Orthodontics.** v. 35, p. 442-446, 2013.

PICCOLI, L. et al. Comparison of two different debonding techniques in orthodontic treatment. **Annali di Stomatologia.** v. 8, n. 2, p. 71-78, 2017.

PIMENTEL, A. D. M. **Avaliação *in vivo* de um cimento de ionômero de vidro restaurador para colagem de bráquetes ortodônticos.** 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.

PIMENTEL, K. A. **Avaliação *in vitro* de um cimento de ionômero de vidro restaurador para colagem de bráquetes ortodônticos.** 2014. 74 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

PITHON, M. M. et al., Metallic brackets bonded with resin-reinforced glass ionomer cements under different enamel conditions. **Angle Orthodontist.** v. 76, n. 4, p. 700-704, 2006.

PITHON, M. M., et al. Avaliação *in vitro* da resistência ao cisalhamento e liberação de flúor de dois cimentos de ionômero de vidro reforçado por resina. **Rev Odonto Ciênc.** v. 22, n. 58, p. 305-310, 2007.

PITHON, M. M., et al. One-component self-etching primer: a seventh generation of orthodontic bonding system? **European Journal of Orthodontics**. v. 32, p. 567–570, 2010.

PUPO, Y. M., et al. Avaliação da liberação de flúor e da capacidade de recarga em diferentes cimentos de ionômero de vidro. **Rev Odontol UNESP**. v. 44, n. 2, p. 80-84, 2015.

RAHIOTIS, C.; SCHRICKER, S. Bonding with glass ionomer cements and resin-modified glass ionomer cements. In: **Orthodontic Applications of Biomaterials**. Woodhead Publishing, p. 253-265, 2017.

RAO, K. S., et al. Comparison of shear bond strength of resin reinforced chemical cure glass ionomer, conventional chemical cure glass ionomer and chemical cure composite resin in direct bonding systems: an *in vitro* study. **The Journal of Contemporary Dental Practice**. v. 14, n. 1, p. 21-25, 2013.

RETIEF, D. H. Failure at the dental adhesive-etched enamel interface. **Journal of Oral Rehabilitation**. v. 1, p. 265-284, 1974.

REYNOLDS, I. R. A Review of direct orthodontic bonding. **British Journal of Orthodontics**. v. 2, n. 3, p. 171-178, 1975.

SANTIN, G. S., et al. Glass ionomer cements can be used for bonding orthodontic brackets after cancer radiation treatment? **Brazilian Dental Journal**. v. 29, n. 2, p. 128-132, 2018.

SANTOS, R. L. et al. Long-term fluoride release from resin-reinforced orthodontic cements following recharge with fluoride solution. **Brazilian Dental Journal**. v. 21, n. 2, p. 98-103, 2010.

SANTOS, R. L. et al. Fluoride release from orthodontic composites: in vitro study. **RGO - Rev Gaúcha Odontol**. v. 60, n. 4, p. 491-495, 2012.

SANTOS, R. L., et al. Estudo in vitro da captação e liberação de flúor de cimentos ionoméricos reforçados com resina. **Orthod Sci Pract**. v. 8, n. 29, p. 60-64, 2015.

SCHMIT, J. L. et al. Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 122, n. 2, p.125-133, 2002.

SHARMA, P. et al. A comparative evaluation of the retention of metallic brackets bonded with resin-modified glass ionomer cement under different enamel preparations: A pilot study. **Contemporary Clinical Dentistry**. v. 4, n. 2, p. 140-146, 2013.

SIDHU, S. K.; NICHOLSON, J. W. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. **J. Funct. Biomater**. v. 7, n. 3, p. 1-16, 2016.

SILVA, F. D. S. C. M.; DUARTE, R. M.; SAMPAIO, F. C. Liberação e recarga de flúor por cimentos de ionômero de vidro. **RGO - Rev Gaúcha Odontol**. v. 58, n. 4, p. 437-443, 2010.

SUMMERS, A. et al. Comparison of bond strength between a conventional resin adhesive and a resin-modified glass ionomer adhesive: an *in vitro* and *in vivo* study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**. v. 126, n. 2, p. 200-206, 2004.

VALLETTA, R. et al. Evaluation of the debonding strength of orthodontic brackets using three different bonding systems. **European Journal of Orthodontics**. v. 29, p. 571-577, 2007.

VAN MEERBEEK, B. et al. Glass-ionomer adhesion: The mechanisms at the interface. **Journal of Dentistry**. v. 34, p. 615-618, 2006.

WILSON, R. M.; DONLY, K. J. Demineralization around orthodontic brackets bonded with resin-modified glass ionomer cement and fluoride-releasing resin composite. **American Academy of Pediatric Dentistry**. v. 23, n. 3, p. 255-259, 2001.

YASSAEI, S. et al. Comparison of shear bond strength of RMGI and composite resin for orthodontic bracket bonding. **Journal of Dentistry**. v. 11, n. 3, p. 282-289, 2014.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Teste de normalidade

O teste de normalidade dos dados rejeitou a hipótese nula de distribuição normal apenas para o grupo FO, com base neste resultado optou-se por comparar os resultados utilizando as técnicas paramétricas e as não paramétricas:

#### Teste de Shapiro-Wilk para normalidade dos dados

	Grupos	Estatística	gl	Valor p*
Força (Mpa)	FO	0.863	20	<b>0.009</b>
	RAG	0.942	20	0.260
	RAD	0.923	20	0.112
	GLAG	0.947	20	0.320
	GLAD	0.911	20	0.053
	XT	0.934	20	0.184

FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Compósito resinoso Transbond XT

O resultado pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi igual ao do teste paramétrico ANOVA:

Tabela 1 - Comparação da resistência da colagem nos grupos

Marcas	Resistência (Mpa)			Valor p*
	n	Posto Médio	Mediana	
FO	20	45,10	8,92	<b>&lt; 0.001</b>
RAG	20	43,98	9,84	
RAD	20	56,03	10,11	
GLAG	20	58,98	10,64	
GLAD	20	88,05	15,39	
XT	20	70,88	11,10	

O teste de comparações múltiplas de Duncan deixou de ser significativo em duas ocasiões (em vermelho), porém as comparações destes pares não rejeitaram a hipótese nula de normalidade, portanto a técnica mais robusta é a paramétrica, ou seja, ANOVA com Tukey.

Tabela 2 - Comparações dois a dois da resistência da colagem entre os grupos

(I) Marcas	(J) Marcas	Diferença média (I- J)	Valor p*	Intervalo de Confiança 95%	
				Limite inferior	Limite superior
FO	RAG	1,13	0,999	-28,1160	30,3660
	RAD	-10,93	0,887	-40,1660	18,3160
	GLAG	-13,88	0,742	-43,1160	15,3660
	GLAD	-42,95	<b>0,001</b>	-72,1910	-13,7090
	XT	-25,78	0,117	-55,0160	3,4660
RAG	RAD	-12,05	0,839	-41,2910	17,1910
	GLAG	-15,00	0,673	-44,2410	14,2410
	GLAD	-44,08	<b>&lt;0,001</b>	-73,3160	-14,8340
	XT	-26,90	<b>0,090</b>	-56,1410	2,3410
RAD	GLAG	-2,95	0,999	-32,1910	26,2910
	GLAD	-32,03	<b>0,023</b>	-61,2660	-2,7840
	XT	-14,85	0,683	-44,0910	14,3910
GLAG	GLAD	-29,08	<b>0,052</b>	-58,3160	0,1660
	XT	-11,90	0,846	-41,1410	17,3410
GLAD	XT	-17,18	0,533	-12,0660	46,4160

Os resultados da comparação entre dentes com e sem lesão foram similares tanto no teste não paramétrico de Mann-Whitney quanto no teste t de Student.

Tabela 3 - Comparação da resistência da união entre os dentes com e sem lesão de esmalte

Grupos	Sem lesão do esmalte		Com lesão do esmalte		Valor p*
	Resistência (Mpa)		Resistência (Mpa)		
	Posto médio	Mediana	Posto médio	Mediana	
FO	10,16	8.92	17,00	15.54	0,400
RAG	10,50	9.84			-
RAD	10,50	10.11			-
GLAG	10,21	10.64	16,00	13.16	0,500
GLAD	10,08	15.39	14,25	18.84	0,384
XT	9,94	11.10	15,50	16.42	0,263
Geral	58,40	10.28	<b>100,42</b>	15.85	<b>0,002</b>

Com base nesses resultados, concluiu-se que o melhor seria a utilização das técnicas paramétricas.

## APÊNDICE B - Estatística Kappa

A estatística Kappa de concordância entre as duas avaliações, com 7 dias de intervalo, foi considerada excelente para todos os materiais de colagem:

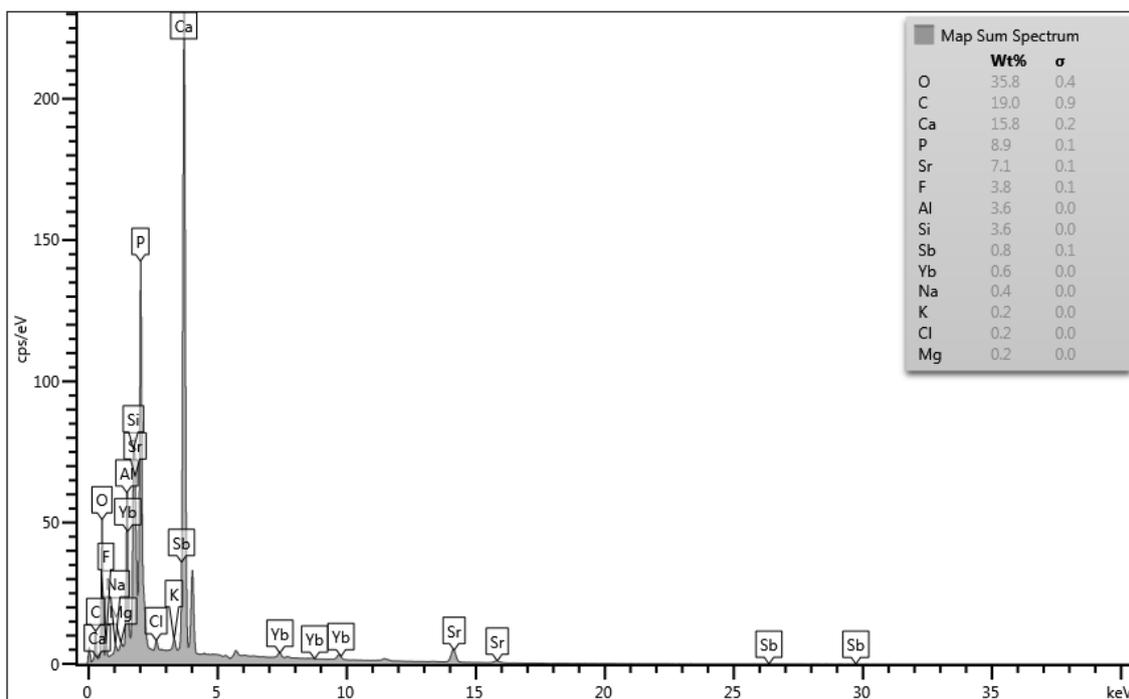
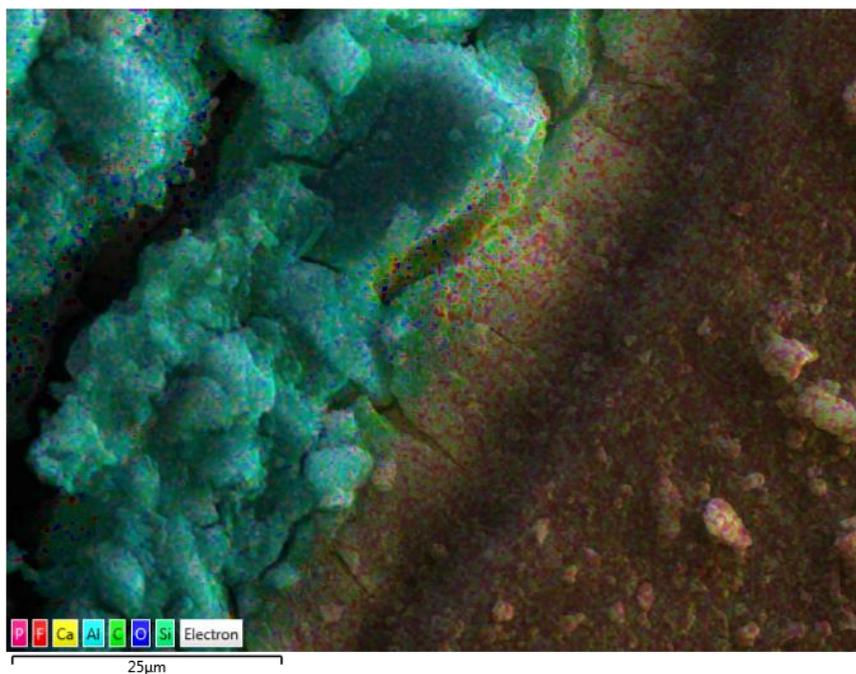
### Estatística Kappa

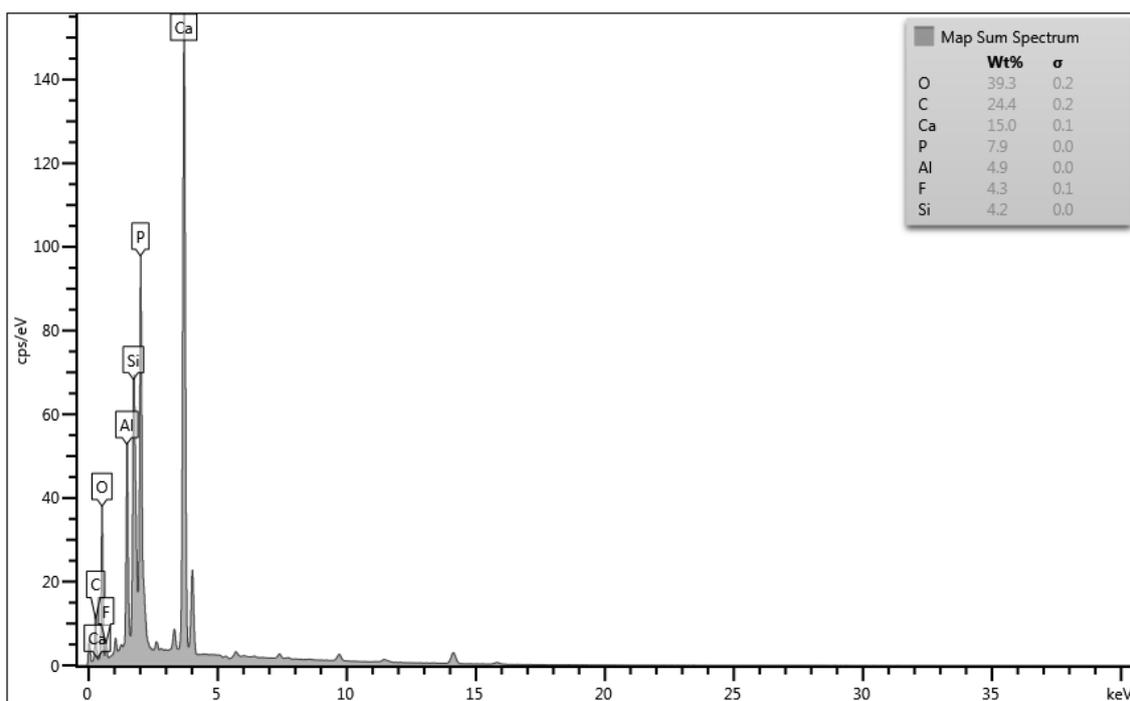
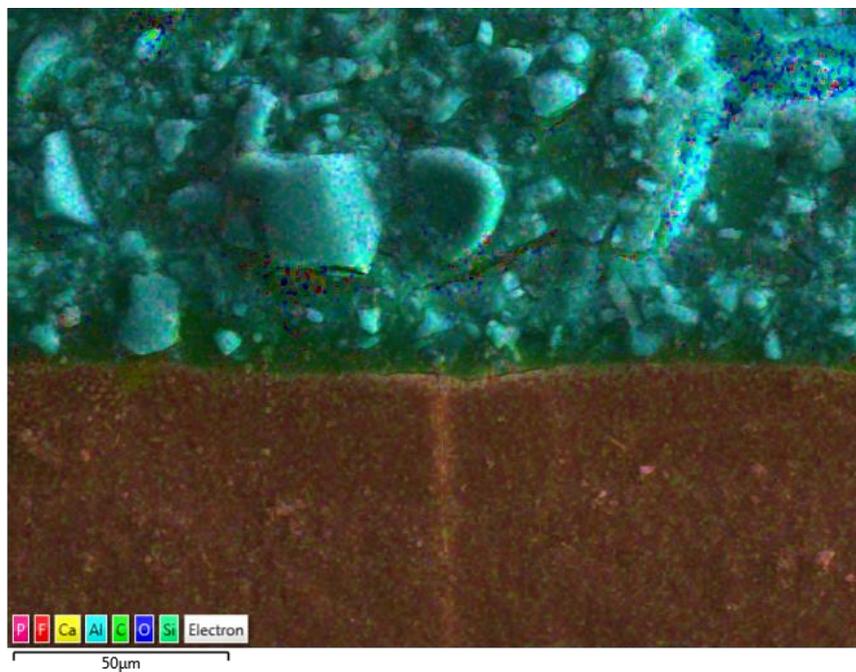
			Coeficiente	Erro Padrão Assintótico	Valor p*
Medida de concordância	FO	Kappa Nº de Casos Válidos = 19	0.912	0.103	< <b>0.001</b>
	RAG	Kappa Nº de Casos Válidos = 20	0.910	0.084	< <b>0.001</b>
	RAD	Kappa Nº de Casos Válidos = 20	0.901	0.099	< <b>0.001</b>
	GLAG	Kappa Nº de Casos Válidos = 19	0.900	0.106	< <b>0.001</b>
	GLAD	Kappa Nº de Casos Válidos = 18	0.911	0.098	< <b>0.001</b>
	XT	Kappa Nº de Casos Válidos = 18	0.924	0.073	< <b>0.001</b>

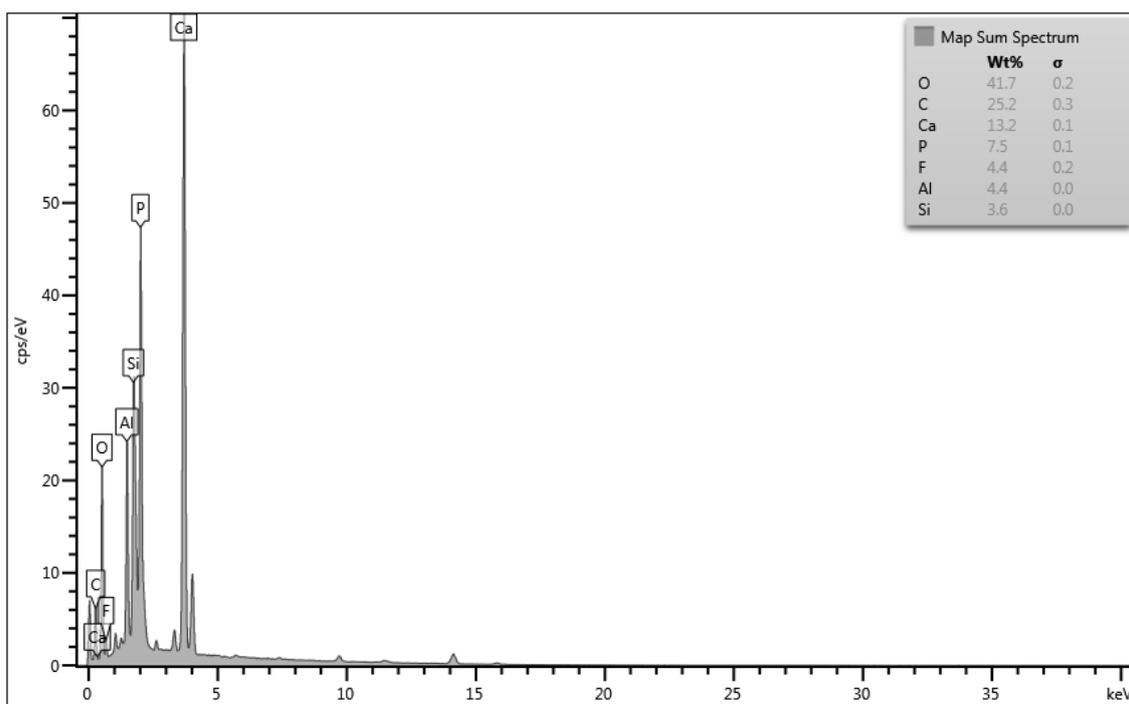
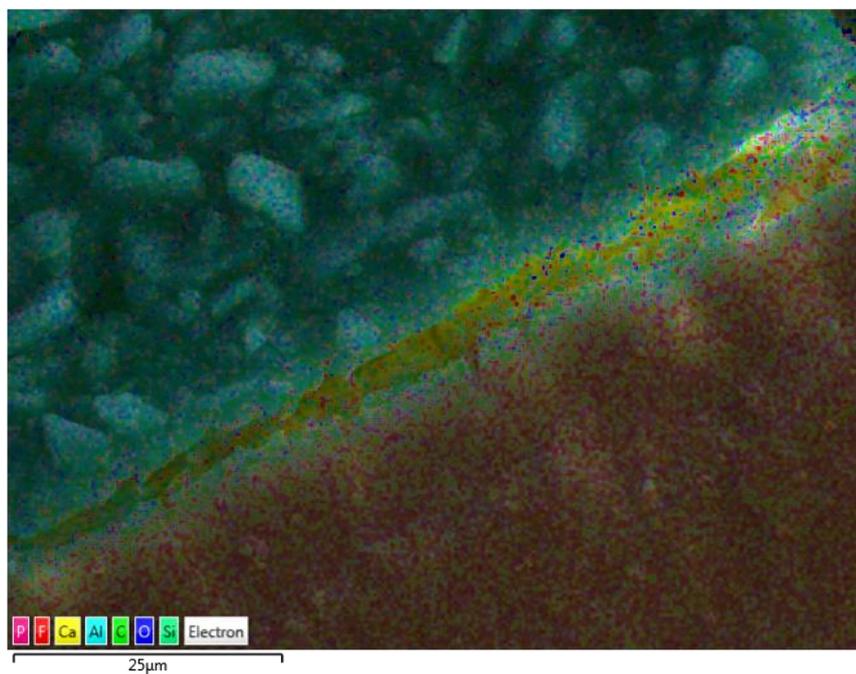
FO - Fuji Ortho LC; RAG - Riva LC com água; RAD - Riva LC com adesivo; GLAG - Gold Label 2 com água; GLAD - Gold Label 2 com adesivo; XT - Compósito resinoso Transbond XT; Sgnificativo se  $p < 0.050$

(\*) Kappa

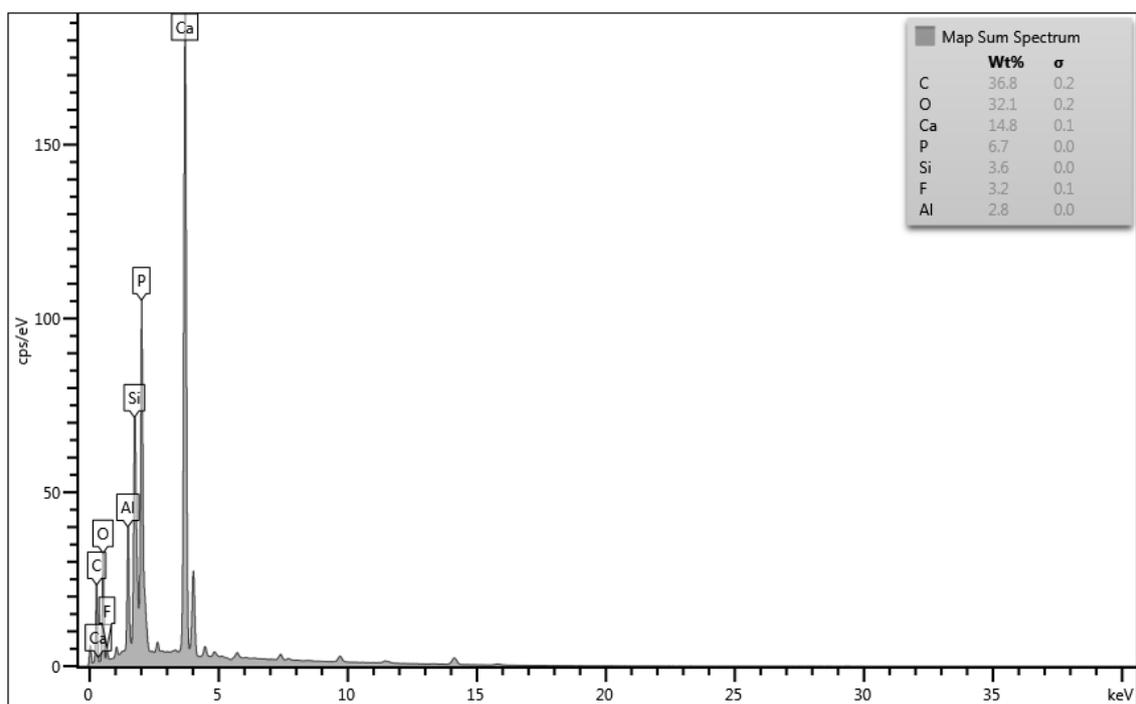
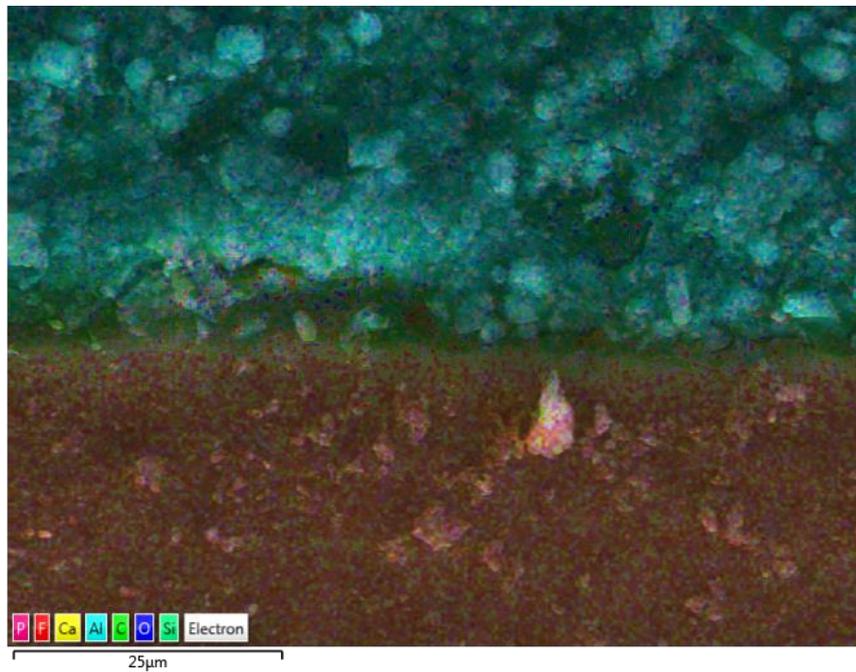
### APÊNDICE C - MEV/EDS da interface esmalte/FO com aumento de 1500x.



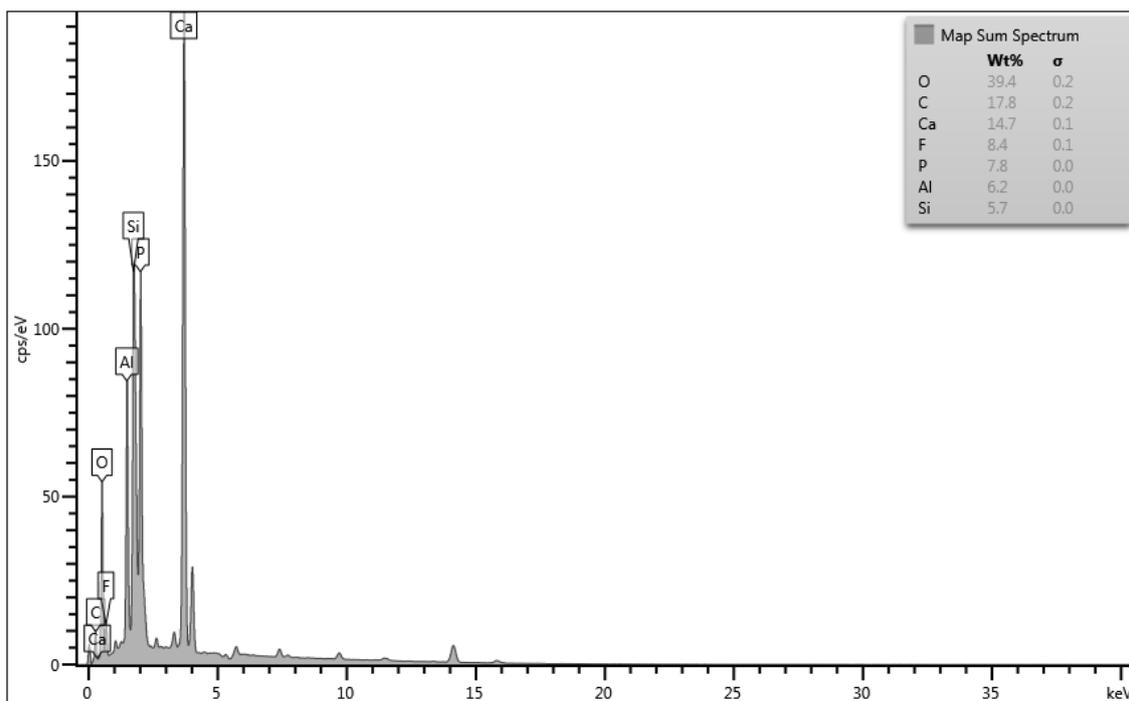
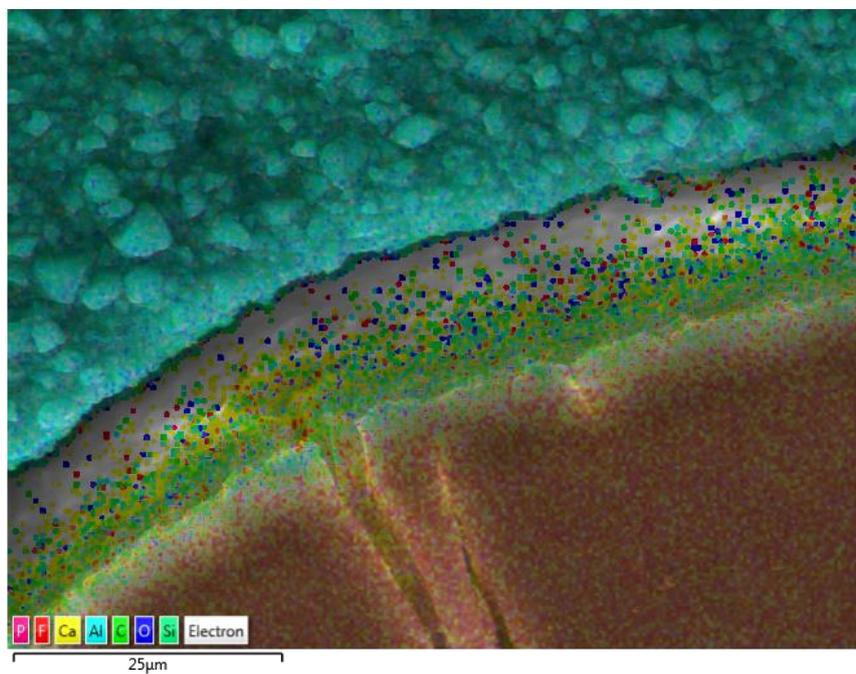
**APÊNDICE D - MEV/EDS da interface esmalte/RAD com aumento de 1500x.**

**APÊNDICE E - MEV/EDS da interface esmalte/RAG com aumento de 1500x.**

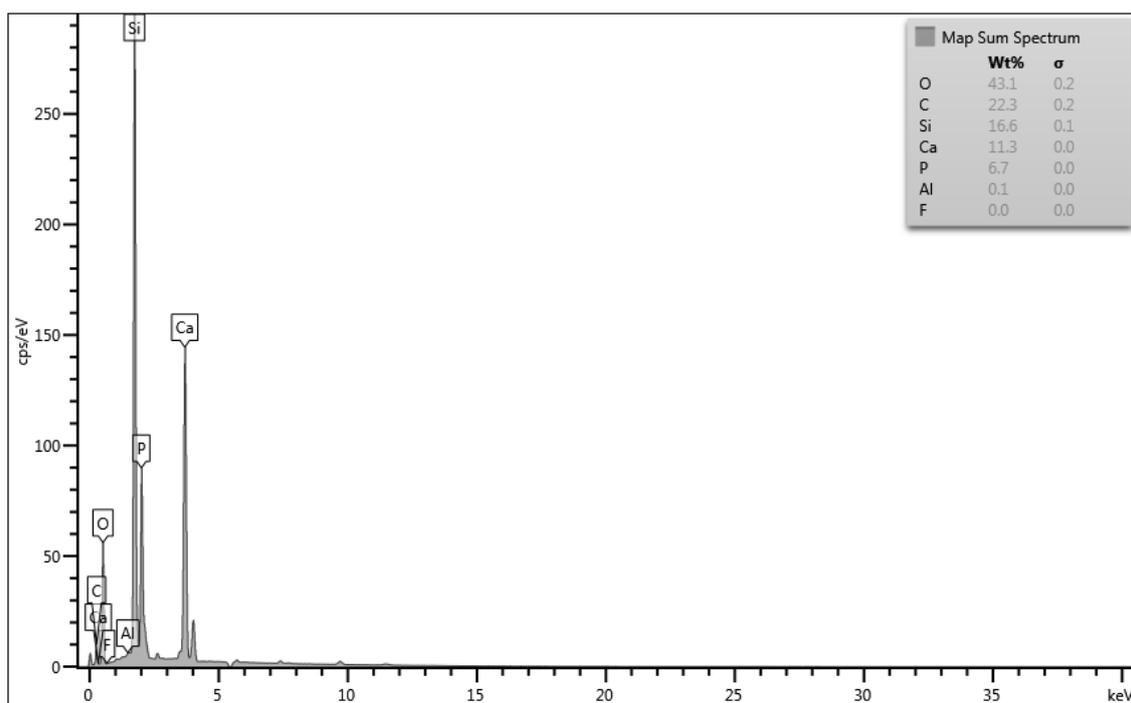
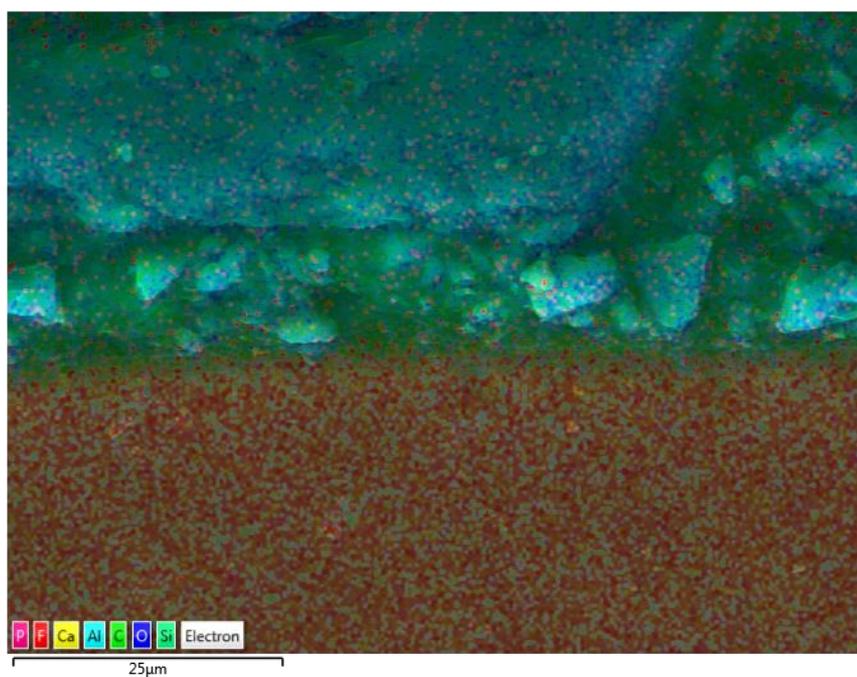
## APÊNDICE F - MEV/EDS da interface esmalte/GLAD com aumento de 1500x.

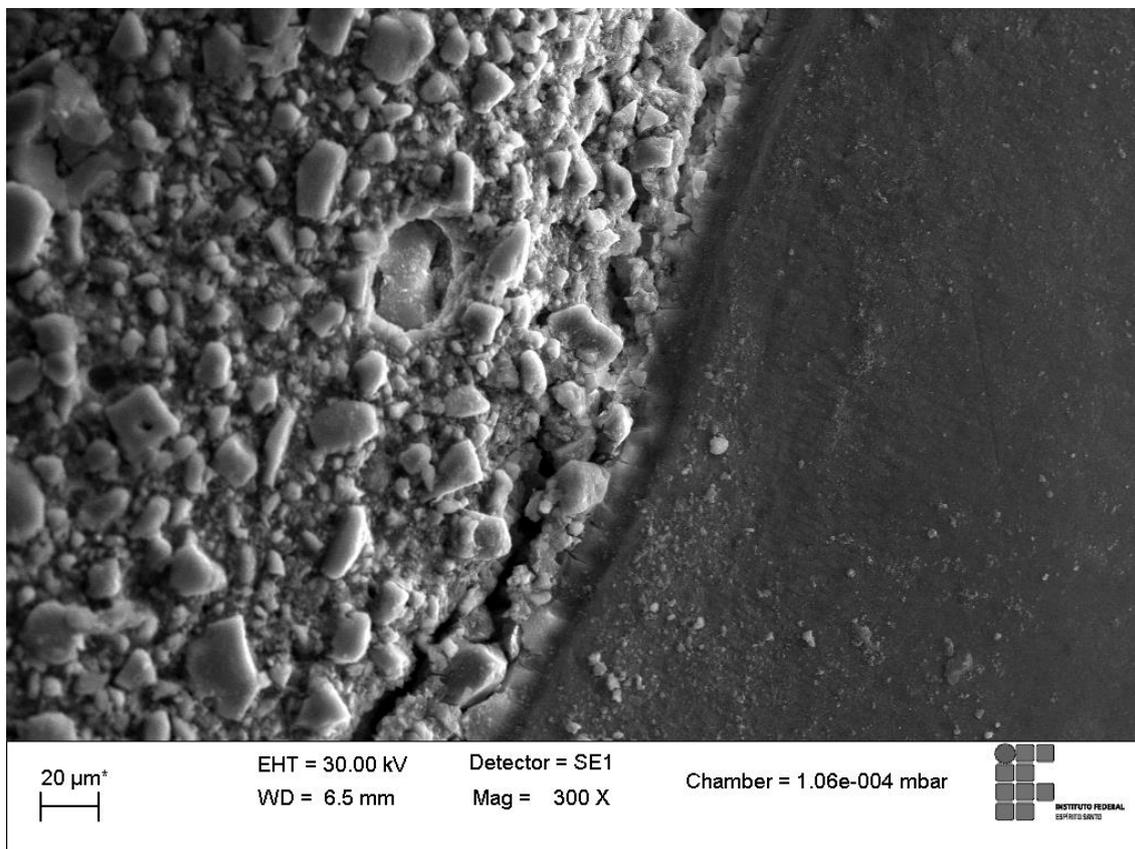


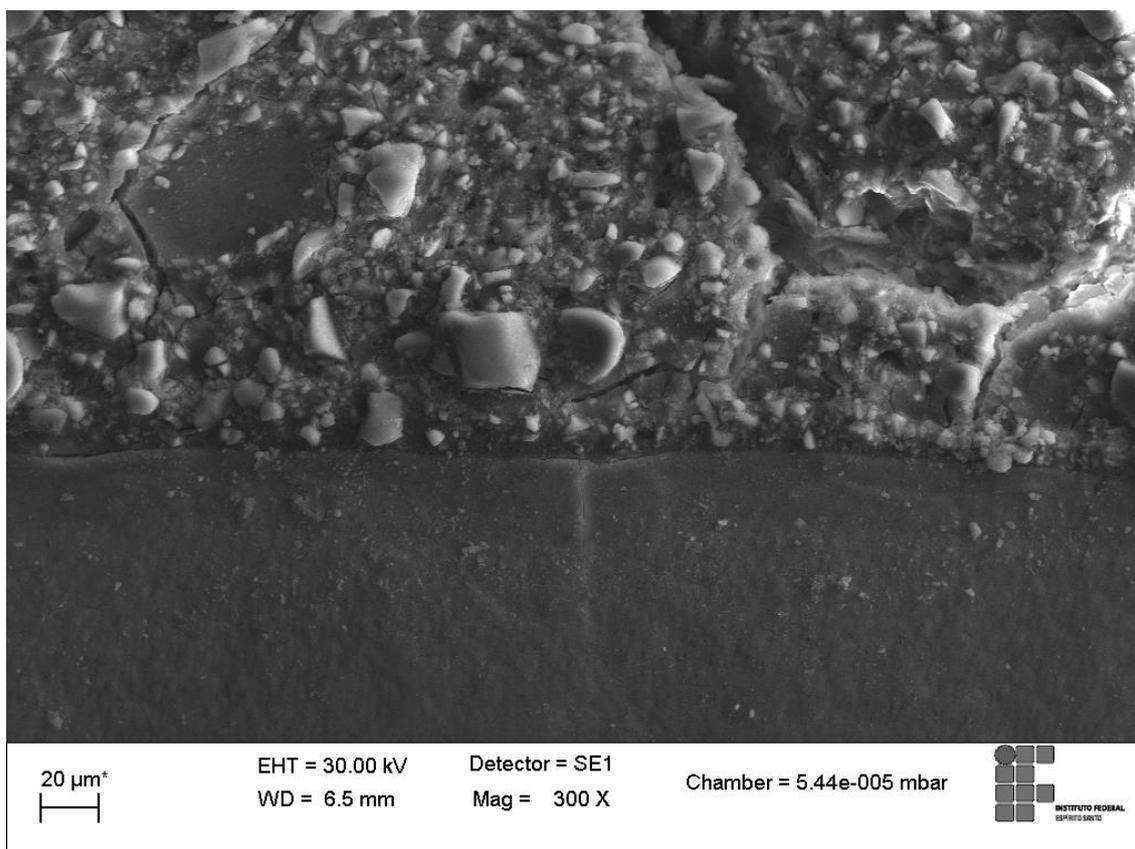
**APÊNDICE G - MEV/EDS da interface esmalte/GLAG com aumento de 1500x.**

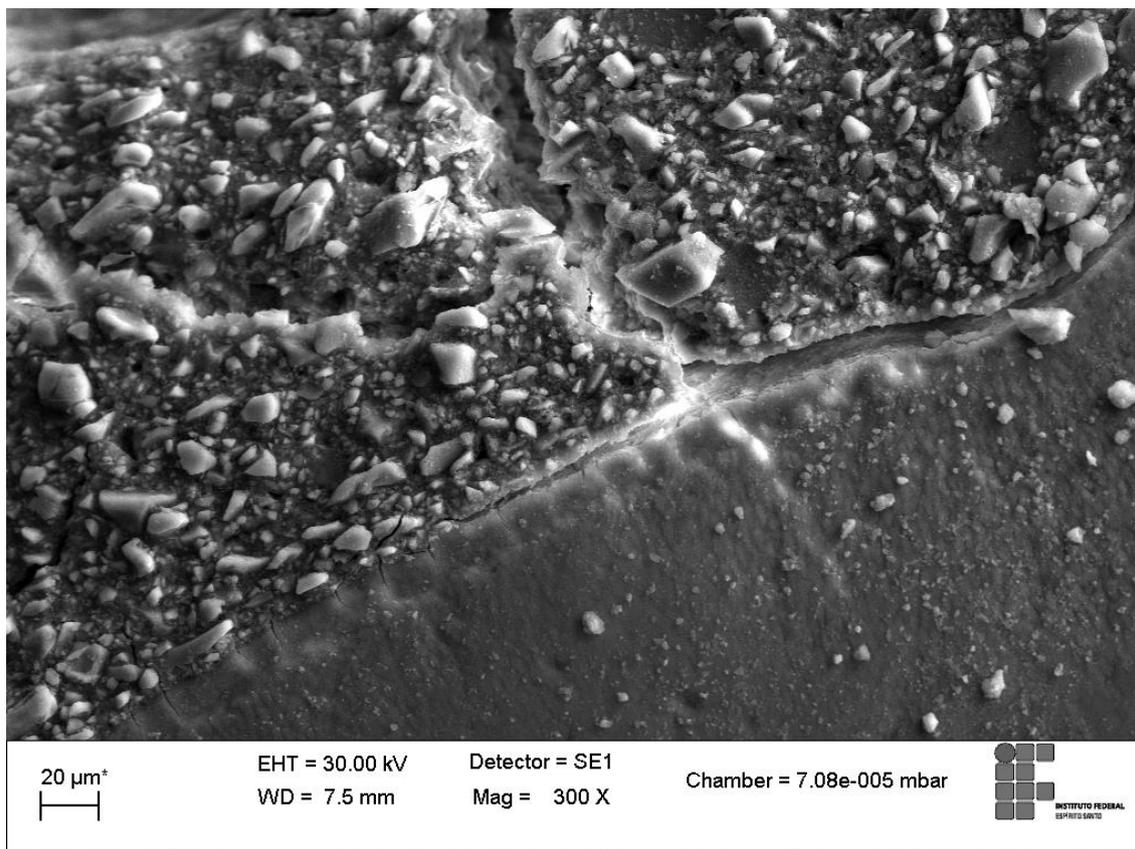


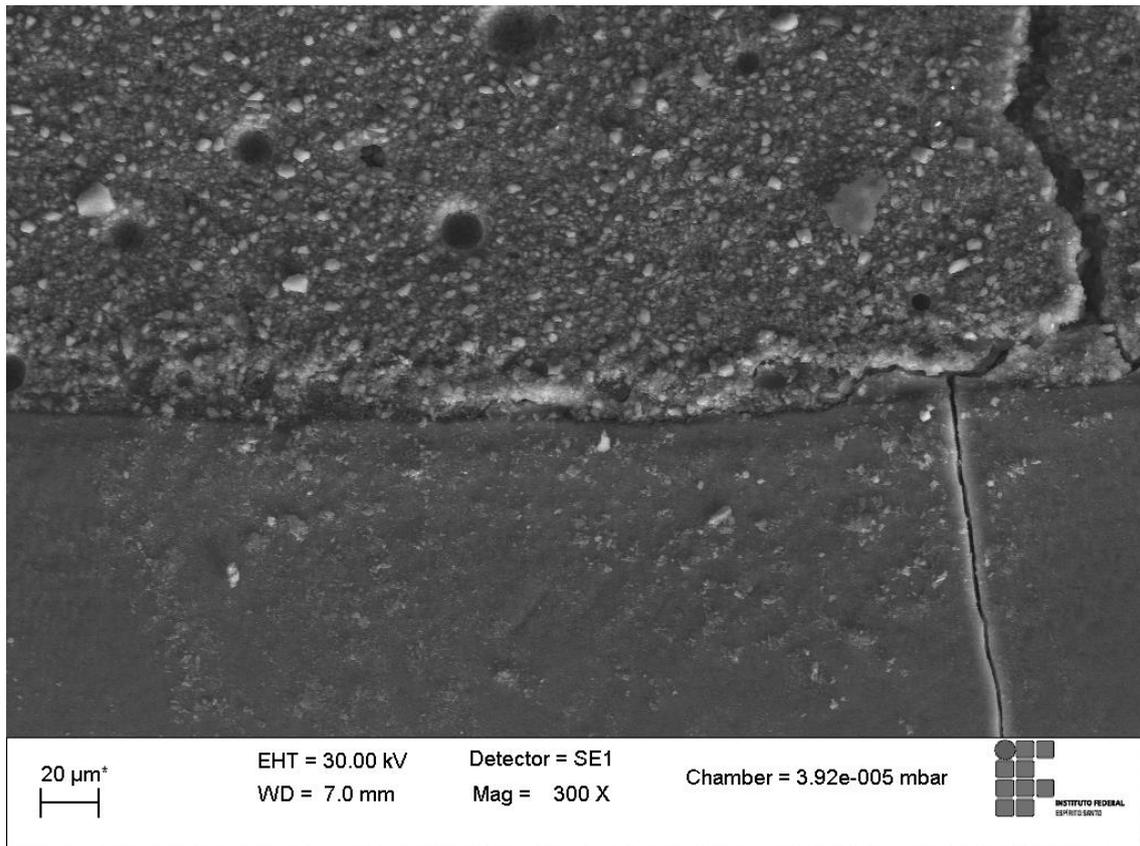
## APÊNDICE H - MEV/EDS da interface esmalte/XT com aumento de 1500x.

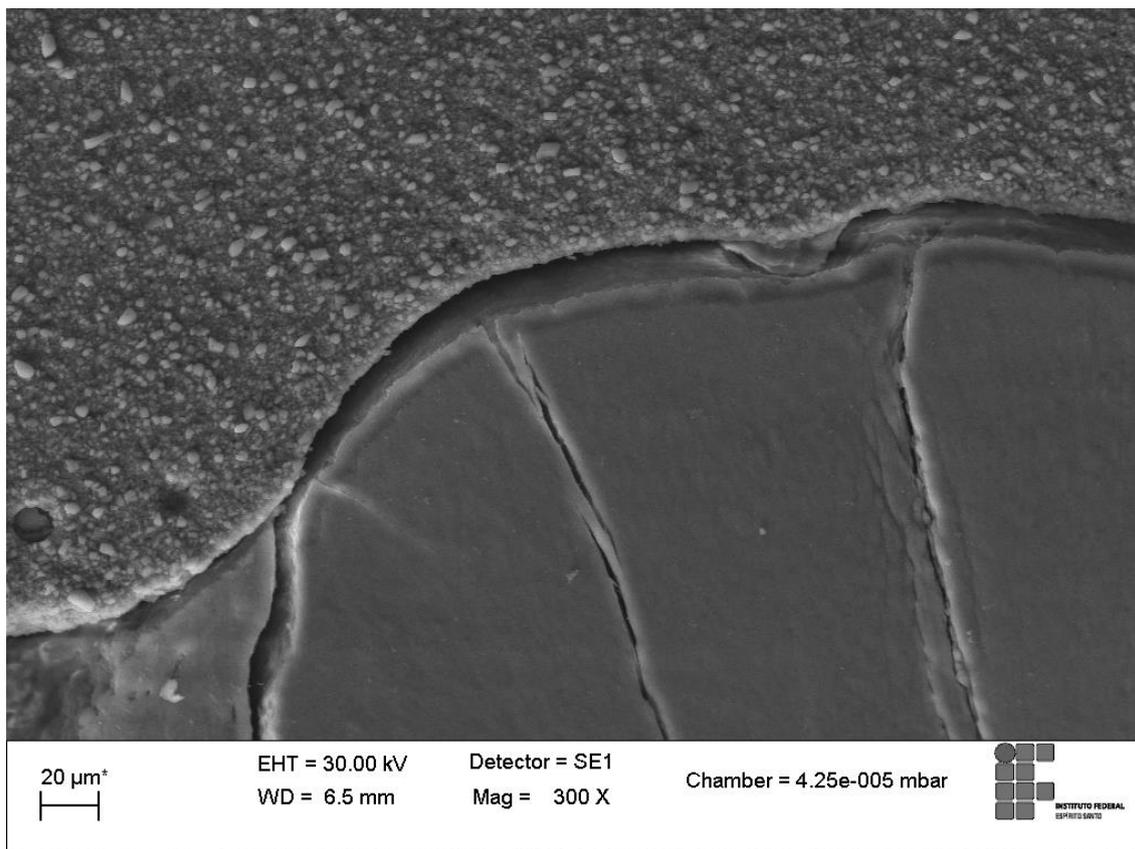


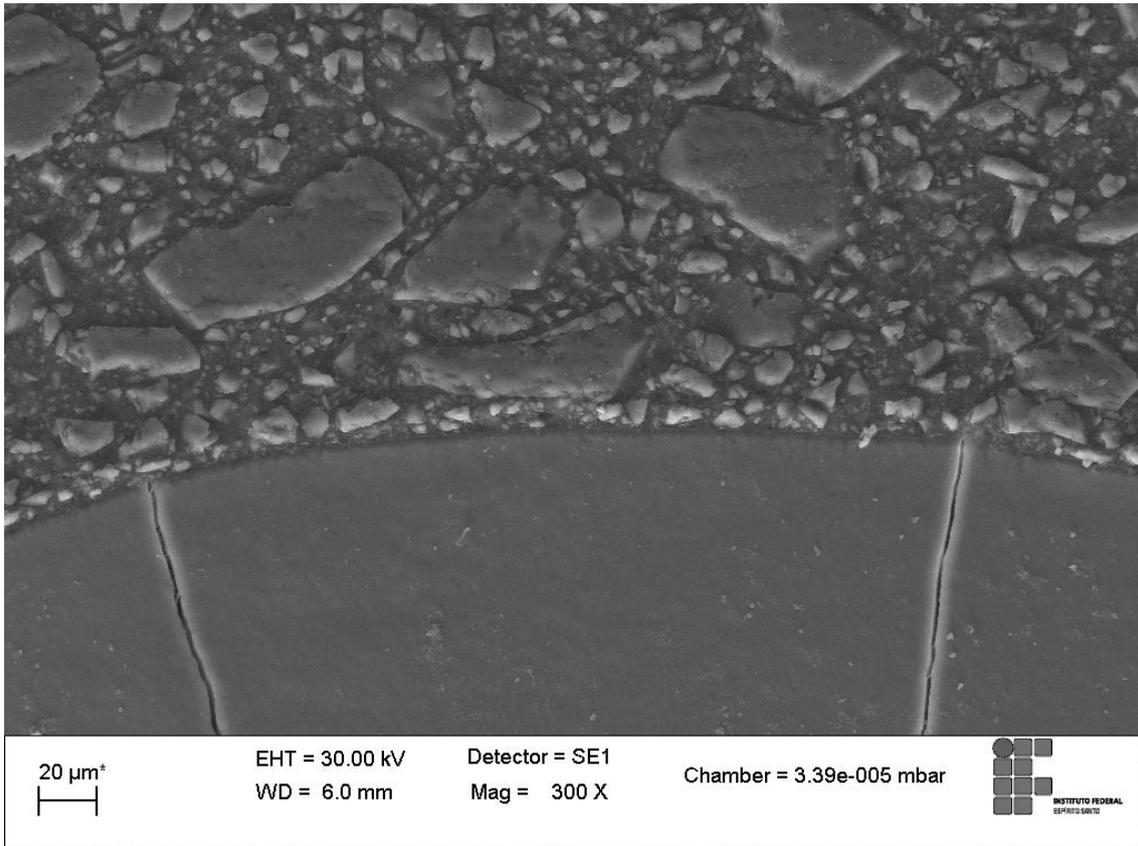
**APÊNDICE I - MEV da interface esmalte/FO com aumento de 300x.**

**APÊNDICE J - MEV da interface esmalte/RAD com aumento de 300x.**

**APÊNDICE K - MEV da interface esmalte/RAG com aumento de 300x.**

**APÊNDICE L - MEV da interface esmalte/GLAD com aumento de 300x.**

**APÊNDICE M - MEV da interface esmalte/GLAG com aumento de 300x.**

**APÊNDICE N - MEV da interface esmalte/XT com aumento de 300x.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS - CEUA



# CERTIFICADO

**Certificamos que o Projeto intitulado "Avaliação da Resistência ao Cisalhamento da Colagem Ortodôntica com cimentos de Ionômero de Vidro", Protocolo nº.61/2017, sob a responsabilidade de Maria Christina Thomé Pacheco que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata(exceto o homem), para fins de pesquisa científica(ou ensino) encontra-se de acordo com os preceitos da Lei 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal(CONCEA), e pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS(CEUA) DO(A) Centro de Ciências da Saúde-Maruípe-Vitória-ES em 24-11-2017.**

ANEXO

Vigência do Projeto	Início: Dezembro/2017 Término: Setembro/2018
Espécie/Linhagem	Bovinos( linhagem: Bos taurus-Nelore )
Nº de Animais	Experimento Piloto:6(36 dentes) Protocolo Experimental:30(180 dentes) Total:36(216 dentes)
Peso/Idade	Peso:18 a 20 arrobas Idade:48-60 meses
Sexo	Ambos

Vitória (ES), 24 de novembro de 2017.

  
Prof. Roger Lyrio dos Santos  
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais  
CEUA/CCS/UFES