UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Carolina Menezes Maciel

SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS AO DENTE UTILIZANDO CORRENTE ELÉTRICA

Taubaté – SP
2019

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Carolina Menezes Maciel

SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS AO DENTE UTILIZANDO CORRENTE ELÉTRICA

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor pelo curso de Pós-Graduação em Odontologia do Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.
Orientador Prof. Dr. Rafael Pino Vitti

Taubaté – SP
2019

FOLHA DE AROVAÇAO

DEDICO ESTE TRABALHO A ...

Minha família, amigos, professores e todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o meu aprendizado, torcendo pelo meu sucesso.

Meus Avós paternos Maria Luiza e Humberto (in memorian), pois sei que sempre irão torcer pelas minhas conquistas.

E em especial a minha mãe Carmen Silvia (in memorian), pois, mesmo em espírito, me protege e me guia, sempre me mostrando que além de sonhar eu posso concretizar meus sonhos. Tudo será sempre com ela e por ela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos em minha vida e por sempre ter me permitido, com fé e perseverança, a nunca desistir. Foram muitos os obstáculos encontrados ao longo desse período do curso de Doutorado, mas Deus nunca me desamparou.

A minha família, por toda base educacional. Em especial a minha avó Silvia Carmen pelo companheirismo, valores e lições de vida que me fizeram ser a mulher e profissional que sou hoje. Ao meu pai, que mesmo com sua dificuldade de demonstrar, sempre torceu e torce por mim.

Aos meus irmãos, Henrique, Malu e Maria Alice. Desculpem minha ausência ao longo desses três corridos anos. Vocês também me impulsionaram a buscar e concretizar meus sonhos.

À minha madrinha Maria José por sempre me transmitir palavras sábias e de encorajamento. À minha prima Maiza por torcer pelas minhas conquistas e ser um espelho de pessoa e profissional na área da educação.

Á Professora Drª. Cyntia Ferreira Ribeiro, que desde a graduação acreditou no meu potencial e me estimulou a seguir a Área Acadêmica. Obrigada por toda orientação, seja na vida como na área profissional.

Ao meu orientador Professor Dr. Rafael Pino Vitti, que sempre com palavras positivas me mostrou que tudo iria dar certo. Obrigada por sua disponibilidade, sempre transmitindo conhecimento, com toda sabedoria e paciência.

Aos docentes da Pós-Graduação da Universidade de Taubaté - UNITAU, pela ajuda, ensinamentos e oportunidades ao longo da minha caminhada na instituição. A Professora Drª. Laís Regiane da Silva Concílio, Coordenadora dos Programas de Pós-Graduação da UNITAU, pela oportunidade e pelo respaldo do Curso. Às docentes Flávia Goulart da Rosa Cardoso, Rayssa Ferreira Zanatta e também Laís Regiane da Silva Concílio pelas ponderações valiosas durante meu Exame de Qualificação.

Aos colegas do curso de pós-graduação da UNITAU, em especial a amiga Patrícia Henriques, por estar sempre na torcida pela minha felicidade pessoal e profissional. Aos funcionários da UNITAU, em especial a querida Danielle Duarte, funcionária exemplar, sempre disponível para me ajudar.

Aos funcionários responsáveis pelo Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP-UNICAMP), Marcos Blanco Cangiani e Selma Aparecida Barbosa Segalla, por toda ajuda e presteza que tiveram comigo ao longo de intensos 35 dias que estive na FOP-UNICAMP. Não esquecendo de agradecer infinitamente ao meu Orientador e ao Professor Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti por “abrirem” as portas da FOP-Unicamp para que eu pudesse realizar meus experimentos.

Aos professores e funcionários da Docência do Departamento de Odontologia da Universidade Tiradentes – UNIT (SE). A torcida de vocês me incentivou a sempre buscar o êxito. Agradeço especialmente à Coordenadora do curso de Odontologia da UNIT (SE), Professora Drª Simone Guedes, por compreender minhas ausências nas aulas da Graduação e os meus horários de reposição. À Tatiana, peça única do curso de Odontologia da UNIT, por sempre me acalmar com suas palavras de incentivo, mostrando que tudo iria dar certo; além de toda ajuda nas organizações de horários de aula e reposições. Ao "grupo da Dentística" da UNIT, em especial às professoras Giulliana Panfiglio e Sandra Regina Barretto, pois sempre que possível me substituíram quando era precisa me ausentar das aulas. Em especial à "Sandrinha", mãe que a Odontologia me presenteou, também responsável por me impulsionar a cursar o Doutorado e nunca parar de buscar conhecimento. Aos alunos do curso de Odontologia da UNIT por compreenderem minhas ausências e me estimularem a sempre buscar o conhecimento.

Aos colegas e pacientes da Unidade Básica de Saúde Eduardo Vital localizado no Município de Nossa Senhora do Socorro – SE, por compreenderem a minha necessidade de afastamento das atividades no Programa de Saúde da Família. Breve nos reencontraremos! Aos pacientes do consultório, pela compreensão das reduções de horários e turnos de atendimento, para cumprir as atividades do Doutorado. E, por fim, mas não menos importante, agradeço a minha Auxiliar de Saúde Bucal Solange, por toda sua dedicação ... com toda sua amizade e dedicação profissional as dificuldades sempre foram minimizadas.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

Charles Chaplin

Resumo

Objetivos: O presente trabalho foi dividido em dois estudos, inicialmente com realização de uma revisão sistematizada sobre a aplicação de sistemas adesivos à dentina sob corrente elétrica (capítulo A). Posteriormente foi realizada análise da resistência da união (RU) e da camada híbrida dentina - resina composta com diferentes sistemas adesivos aplicados sob corrente elétrica e fotoativados por diferentes irradiâncias (capítulo B). **Metodologia:** No capítulo A foi realizada três estratégias de busca, sem limite de ano de publicação, para uma revisão sistematizada de publicações vinculadas ao uso de um dispositivo de corrente elétrica na indução de sistemas adesivos ao substrato dentinário. Para o capítulo B, molares humanos foram divididos em grupos de acordo com o sistema adesivo (Adper Single Bond 2-SB, 3M ESPE; Clearfil SE Bond-CL, Kuraray; e Single Bond Universal-SU, 3M ESPE), corrente elétrica (0-controle e 50μA) e fotopolimerizador (*monowave* - Radii cal, SDI - e *polywave* - VALO Cordless, Ultradent). Os grupos (n=6) foram submetidos ao ensaio da RU à microtração (MPa). Os padrões de fratura foram classificados em falhas adesiva, coesiva em dentina/resina e mista (lupa estereomicroscópica 50x e microscopia eletrônica de varredura; JSM-5600LV, JEOL). A interface adesiva foi analisada em microscopia confocal de varredura à laser (Leica SP5, Leica Microsystems) (n=2). Os dados foram submetidos ao teste paramétrico de Kolmogorov-Smirnov e à análise de variância (ANOVA) 3 fatores (adesivo, aplicação, irradiância), sendo as médias analisadas pelo teste de Tukey post-hoc (α=0,05). **Resultados:** Sobre o tema pesquisado para revisão sistematizada (capítulo A) foram encontrados onze trabalhos, publicados nos anos de 2006 a 2017. Todos encontraram efeitos positivos na técnica de aplicação de sistemas adesivos com corrente elétrica, com aumento da RU dente-resina composta. No capítulo B, apenas o adesivo SU fotoativado com fotopolimerizador *monowave* apresentou melhora nos valores de RU com a utilização da corrente elétrica. As falhas do tipo adesiva foram predominantes em todos os grupos. A microscopia confocal mostrou que o uso da corrente elétrica formou *tags* resinosos mais longos, principalmente com uso do fotopolimerizador *polywave* para SB e SU. **Considerações finais:** Poucos os estudos avaliam a aplicação da corrente elétrica na indução de materiais resinosos no substrato dentinário. Existe uma falta na padronização da intensidade da corrente aplicada. Os dados do estudo laboratorial (capítulo B) corroboram parcialmente com os resultados positivos do uso do dispositivo de corrente elétrica com sistemas adesivos, pois outros fatores, como o tipo de sistema adesivo empregado e irradiância utilizada na fotoativação, interagem com a corrente elétrica e influenciam nos valores de adesão.

Palavras-chave: Condutividade Elétrica; Resistência à Tração; Polimerização.

Abstract

Objectives: This research was divided into two studies; initially, a systematic review regarding the application of adhesive systems onto the dentin under electric current (chapter A), then, a dentin-resin composite tensile bond strength (TBS) analysis with different adhesive systems applied under electric current and photoactivated with different irradiance (chapter B). **Method:** In chapter A, three research strategies were applied, with no limitation regarding the year of publication, for a systematic review of publications concerning the use of an electric current device during the application of adhesive systems to the dentin substrate. For chapter B, human molars were distributed into groups according to the adhesive system to be used (Adper Single Bond 2 - SB, 3M ESPE; Clearfil SE Bond - CL, Kuraray; and Single Bond Universal - SU, 3M ESPE), electric current (0-control and 50μA) and light curing units (*monowave*-819mW/cm^2; Radii Cal, SDI, and *polywave*-1283mW/cm^2; VALO Cordless, Ultradent). The samples were submitted to tensile bond strength (MPa) testing. The fracture patterns were classified according to their adhesive failure: cohesive on dentin/resin and mixed (50x-stereomicroscopic lens, and scanning electronic electroscopy (SEM); JSM-5600LV, JEOL). The adhesive interface was analysed using a Confocal Laser Scanning Microscope (Leica SP5, Leica Microsystems). The data were submitted to Kolmorogov-Smirnov parametric testing and to the analysis of variance (3-way-ANOVA, adhesive, application, and irradiance), with mean values analysed with the post-hoc Tukey test (α=0,05). **Results:** Regarding the systematic review (chapter A), eleven studies published between 2006 and 2017 were found. All presented positive effects concerning the application of adhesive systems associated with electric current application, with results showing an increase in the dentin-composite resin tensile bond strength. As for chapter B, only the photoactivated SU adhesive with *monowave* presented improvement in the bond strength values with the addition of the electric current. The adhesive-type failures were predominant in all groups. The confocal laser scanning microscopy showed that the use of electric current formed longer resinous tags for SB and SU, especially under *polywave*. **Final considerations:** Few studies have evaluated the application of electric current in the induction of resinous materials in the dentin substrate. There is lack of standardisation in the applied current intensity. The laboratorial study data (chapter B) partially corroborate with the positive results involving the use of the electric current device with adhesive systems, as other factures, such as the type of applied adhesive system and the irradiance applied during photoactivation, interact with the electric current and influence the bonding values. Future studies evaluating the long-term effects of electric-current induction of adhesive systems and other physical-chemical properties are required for better understanding of this restorative technique.

Keywords: Electric Conductivity; Tensile Strength; Polimerization.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO A

Tabela 1 - Descrição dos artigos (autores e ano de publicação, intensidade da corrente elétrica, sistemas adesivos, testes utilizados/resultados encontrados) **24**

CAPÍTULO B

Tabela 1 - Cálculo amostral **40**

Tabela 2 - Nome comercial e pH, composição química, método de aplicação e registro dos materiais utilizados **41**

Tabela 3 - Média da RU (MPa) e desvio padrão (DP) dos grupos avaliados **44**

Tabela 4 - Frequência (%) de palitos perdidos por fratura precoce **45**

Tabela 5 - Frequência (%) dos padrões de fratura para cada grupo avaliado **46**

APÊNDICE

Tabela 1 - Aparelhos fotoativadores utilizados (Denominação-marca, fabricante, número de série, classificação do diodo, diâmetro das ponteiras e fonte de energia) **73**

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO A

Figura 1 - Organograma das estratégias de buscas e resultados **21**

CAPÍTULO B

Figura 1 - Imagens em MEV dos padrões de fratura observados. A; falha coesiva em dentina, com exposição dos túbulos dentinários e remanescente de adesivo. B; falha coesiva em resina. C; falha adesiva, com presença de exposição dentinária coberta por superfície irregular em lascas sugestiva de remanescente do adesivo. D; falha mista (adesiva, coesiva em dentina e resina. Em todas as imagens: seta preta indica exposição de túbulos dentinário; estrela branca indica porção residual do adesivo dentinário; seta vermelha indica compósito restaurador **47**

Figura 2 - Imagens da microscopia confocal dos grupos fotoativados por *monowave* (Radii cal). A (SB, convencional); B (SB, corrente); C (CL, convencional); D (CL, corrente); E (SU, convencional); F (SU, corrente). Seta branca indica zona de penetração de água na camada híbrida. Seta vermelha indica zona de impermeabilização com presença de *tags* resinosos **48**

Figura 3 - Imagens da microscopia confocal dos grupos fotoativados por *polywave* (VALO Cordless). A (SB, convencional); B (SB, corrente); C (CL, convencional); D (CL, corrente); E (SU, convencional); F (SU, corrente). Seta branca indica zona de

penetração de água na camada híbrida. Seta vermelha indica zona de impermeabilização com presença de *tags* resinosos **49**

APÊNDICE

Figura 1 - A; Disco diamantado posicionado no terço oclusal para o corte da porção coronária. B; disco posicionado abaixo da junção cemento/esmalte para remoção da porção radicular. C; amostra cortada **72**

Figura 2 - Amostra com restauração confeccionada em resina composta **74**

Figura 3 - A; amostra fixada em placa de acrílico com auxílio de godiva. B; placa posicionada no braço da cortadora metalográfica. C; amostra com cortes perpendiculares. D; corpos-de-prova (palitos) com aproximadamente 1mm^2 de espessura. **74**

Figura 4 - A; cola (gel) à base de cianoacrilato e catalisador. B; palitos fixados no dispositivo metálico da máquina de ensaios universal **75**

Figura 5 - A; máquina de ensaio universal (EZ test, Shimadzu). B; corpo-de-prova posicionado para o ensaio de microtração. C; palito fraturado após realização do teste **75**

QUADRO 1 - Mensurações da irradiância previamente às fotoativações dos sistemas adesivos (Verde - grupos submetidos ao ensaio de microtração. Vermelho - grupos submetidos a análise em confocal) **77**

QUADRO 2 - Mensurações prévias às fotoativações dos incrementos de resina. Verde - grupos submetidos a ensaio de microtração (três incrementos de resina). Vermelho - grupos submetidos a análise em confocal (um incremento de resina) **78**

QUADRO 3 - Resultados estatísticos **79**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO **14**

2. CAPÍTULOS **17**

2.1. CAPÍTULO A - SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS NO SUBSTRATO DENTINÁRIO SOB CORRENTE ELÉTRICA: REVISÃO SISTEMATIZADA **17**

2.2. CAPÍTULO B - ADESÃO DE RESINA COMPOSTA À DENTINA UTILIZANDO DIVERSOS SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS SOB CORRENTE ELÉTRICA E FOTOATIVADOS COM DIFERENTES IRRADIÂNCIAS **35**

3. CONCLUSÕES **65**

REFERÊNCIAS **66**

APÊNDICE **72**

ANEXOS **80**

1. INTRODUÇÃO

A adesão dentinária ocorre pela retenção micromecânica e interação química entre os monômeros resinosos com grupos ácidos e os íons cálcio da hidroxiapatita (Yoshida et al., 2012a; Yoshida et al., 2012b; Hanabusa et al., 2016). Além das propriedades físico-químicas do adesivo, a capacidade de molhamento desse material está relacionada com a energia de superfície, rugosidade e composição química do substrato dental (Toledano et al., 2011). A interação químico-mecânica entre adesivo e dentina é fundamental para que ocorra um adequado molhamento do adesivo sobre a superfície dentinária e, consequentemente, pela formação de uma boa camada híbrida e elevada resistência da união (RU) dente-material restaurador (Vaidyanathan & Vaidyanathan, 2009; Breschi et al., 2012; Karadas & Çağlar, 2017).

O insucesso na formação da camada híbrida está relacionado com a incompleta penetração do adesivo sobre a rede de colágeno, resultando numa zona de dentina desmineralizada, com as fibrilas de colágeno expostas. Dentro da própria dentina existem enzimas, como as metaloproteinases (MMPs), que possuem capacidade de degradar as fibras colágenas desmineralizadas e não infiltradas pelo monômero. A degradação destas, juntamente com a de componentes dos adesivos, leva à destruição da camada híbrida e perda da adesão dentinária ao longo do tempo (Carrilho et al., 2009; Sword et al., 2011; Tjäderhane et al., 2013).

Diferentes pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de melhorar a infiltração dos monômeros resinosos na dentina e, consequentemente, reduzir a solubilidade do adesivo e/ou a degradação do colágeno, promovendo uma melhor estabilidade da união dente-restauração. Protocolos como o condicionamento ácido adicional (Ahn et al., 2015; Kim et al., 2017), utilização de uma camada extra de

adesivo hidrófobo (King et al., 2005; Van Landuyt et al., 2006), uso de múltiplas camadas do adesivo (Ito et al., 2005; Nakaoki et al., 2005; Fujiwara et al., 2018), prévia irradiação à laser no substrato dentário (Karadas & Caglar, 2017) ou aplicação de agentes químicos na dentina, como o ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (Osório et al., 2005; Singh et al., 2015; Martini et al., 2017), a clorexidina (Hebling et al., 2005; Carrilho et al., 2007; Breschi et al., 2010a; Porto et al., 2018), metacrilatos de amônio quaternário (Tezvergil-Mutluay et al., 2011a, Daood et al., 2017), galardin (Breschi et al., 2010b) e cloreto de benzalcônio (Tezvergil-Mutluay et al., 2011b), apresentam bons resultados no que diz respeito à RU. Entretanto, tais métodos aumentam o número de passos clínicos e, consequentemente, a sensibilidade da técnica restauradora.

Na tentativa de introduzir um método não-invasivo, que não aumentasse o número de passos clínicos e que melhorasse a impregnação dos monômeros resinosos no substrato dentinário, um dispositivo de indução de corrente elétrica foi desenvolvido para a aplicação de sistemas adesivos à dentina (Pasquantonio et al., 2003). Esta técnica modifica apenas a forma de aplicar o adesivo, substituindo o pincel descartável (*microbrush*), e melhora a infiltração de monômeros resinosos entre as fibras colágenas na dentina desmineralizada (Breschi et al., 2006; Pasquantonio et al., 2007; Visintini et al., 2008; Mazzoni et al., 2009; Gharizadeh, Kaviani & Nik., 2010; Toledano et al., 2011; Breschi et al., 2012; Chen et al., 2015).

Além do protocolo de aplicação do sistema adesivo, a fotoativação do adesivo é outra etapa crucial para o sucesso clínico e longevidade de uma restauração adesiva (Price & Ferracane, 2015; Morimoto et al., 2016). Uma polimerização incompleta do adesivo e da resina composta favorece a presença de monômeros residuais na restauração, podendo provocar ações citotóxicas no complexo dentino-pulpar, além

de aumentar a descoloração, provocar defeitos marginais e diminuir as propriedades físico-mecânicas da resina composta, tais como dureza, resistência à flexão e ao desgaste, levando a falha da restauração (Michaud et al., 2014; Wegehaupt et al., 2017).

Mesmo sendo uma etapa importante na confecção de restaurações adesivas, muitos aparelhos fotoativadores não possuem informações detalhadas sobre o seu poder radiante (mW), irradiância (mw/cm^2), efeito da distância na irradiância e espectro de emissão através da ponteira (Soares et al., 2017). Muitos cirurgiões-dentistas utilizam tais equipamentos com tempo de exposição e modo de aplicação inadequados (Shimokawa et al., 2016). Qualquer erro do operador, ou movimento da ponteira de luz, pode fornecer uma exposição radiante insuficiente, interferindo na polimerização dos materiais resinosos. Somado a estes fatores, a mensuração da irradiância dos aparelhos fotoativadores não é um procedimento frequentemente realizado nos consultórios odontológicos pelos cirurgiões-dentistas (Soares et al., 2017).

Dessa forma, o presente estudo foi desenvolvido em duas etapas. No capítulo A foi realizada uma revisão sistematizada sobre aplicação de sistemas adesivos no substrato dentinário com uso da corrente elétrica. E no capítulo B foi realizado um estudo laboratorial para avaliar a RU e a qualidade da camada híbrida na aplicação de sistemas adesivos com um dispositivo de corrente elétrica e fotoativação com diferentes irradiâncias.

2. CAPÍTULOS

2.1. CAPÍTULO A

SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS NO SUBSTRATO DENTINÁRIO SOB CORRENTE ELÉTRICA: REVISÃO SISTEMATIZADA

(Artigo será submetido à revista *International Journal of Adhesion and Adhesives*)

RESUMO

O objetivo levantamento bibliográfico sistematizado foi coletar e discutir publicações sobre a técnica de aplicação de sistemas adesivos no substrato dentinário sob corrente elétrica. A primeira estratégia de busca ocorreu pelas bases de dados Pubmed, LILACS, Scielo, Scopus e Chocrane Library, por meio da combinação dos descritores "(((dentin bonding agents) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond" ou "((((dentin bonding agents) OR dentin bonding agent application) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond", sem limite de ano de publicação. A segunda estratégia de busca foi por meio das referências dos artigos encontrados na primeira pesquisa. Uma estratégia adicional de busca foi realizada na procura de trabalhos científicos sobre o tema proposto no Repositório Institucional do Sistema de Bibliotecas da Unicamp (SBU-Unicamp). Foram encontrados onze trabalhos publicados nos anos de 2006 a 2017. As análises dos estudos selecionados comprovaram que o uso de uma corrente elétrica durante a aplicação de sistemas adesivos na dentina, sejam eles convencionais ou autocondicionantes, aumentam a impregnação dos monômeros resinosos no substrato dentinário, melhorando os processos de hibridização e RU do material restaurador à dentina. Apesar dos

resultados favoráveis relacionados ao uso dessa técnica, ainda não há um protocolo específico para aplicação de sistemas adesivos sob corrente elétrica.

Palavras-chave: Adesivos dentinários, Dentina, Eletricidade.

1. INTRODUÇÃO

As falhas na interface adesiva dente-restauração podem ocorrer por erros na aplicação do sistema adesivo à dentina, desgastes ou fraturas das restaurações [1] Erros nos procedimentos restauradores adesivos podem também ocorrer pela degradação química da interface adesiva. Isto acontece principalmente pela presença de fibras colágenas desmineralizadas e não totalmente infiltradas pelos monômeros resinosos. Estas fibras colágenas sofrem a ação de enzimas proteolíticas (MMP) presentes no próprio substrato dentinário [2].

Com o objetivo de melhorar a infiltração dos monômeros resinosos à dentina e, concomitantemente, reduzir a taxa de sorção de água e a degradação das fibrilas de colágeno, alguns protocolos clínicos foram propostos [2-11]. Porém, todos eles aumentam o número de passos clínicos, deixando a técnica restauradora mais suscetível ao erro, além de aumentar o tempo do procedimento clínico. Com o propósito de melhorar a infiltração dos monômeros no substrato dentinário, sem aumentar o número de passos clínicos, a aplicação de sistemas adesivos com um dispositivo de transmissão de corrente elétrica foi desenvolvida [12].

O dispositivo funciona pelo método chamado iontoforese, onde o aparelho induz elétrons através do tecido dentinário. A superfície dentinária carregada

negativamente (ânodo) repele substâncias químicas carregadas negativamente, enquanto o dispositivo de aplicação do adesivo, carregado positivamente (cátodo), repele substâncias químicas carregadas positivamente para o interior do substrato dentinário [13,14]. Assim, por meio de um fluxo de elétrons, a corrente elétrica propulsiona os monômeros polares presentes nos sistemas adesivos sobre a superfície dentinária [3,14,15]. E, além do efeito eletrostático direto nos monômeros polares presentes nos adesivos, a técnica ajuda na evaporação da água e penetração dos solventes [3], além de modificar a molhabilidade da matriz dentinária, diminuindo o ângulo de contato formado entre o adesivo e a dentina [3,16].

Entretanto, esse método é uma técnica pouco difundida e estudada na Odontologia. Dessa forma, para uma melhor compreensão dessa metodologia, esta revisão sistematizada visou a coleta de dados para discutir publicações que utilizaram essa técnica, analisando os materiais adesivos estudados, assim como a descrição do protocolo utilizado e seus resultados sobre a RU e formação da camada híbrida.

2. METODOLOGIA

Esta revisão sistematizada foi conduzida de acordo com os critérios estabelecidos pela Cochrane. Os métodos aplicados incluíram a busca de trabalhos científicos relacionados ao uso de corrente elétrica na aplicação de sistemas adesivos à dentina. A primeira estratégia de busca foi realizada utilizando as bases de dados Pubmed, Medline, LILACS, Scielo, Scopus e Cochrane Library, por meio da combinação dos descritores “(((dentin bonding agents) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond” ou “((((dentin bonding agents) OR dentin bonding agent application) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond)”, sem

limite de ano de publicação. A segunda estratégia de busca ocorreu por meio das referências dos artigos encontrados na primeira pesquisa. E, por fim, uma estratégia de busca adicional foi realizada no Repositório Institucional do Sistema de Bibliotecas da Unicamp (SBU-Unicamp), já que nesta instituição existe um grupo de pesquisa sobre o tema.

Para busca dos artigos e trabalhos de conclusão de curso (monografias, dissertações e teses) os critérios de inclusão foram estudos nas línguas inglesa e portuguesa, de pesquisas publicadas na íntegra. Foram incluídos os estudos que analisaram o efeito da corrente elétrica na infiltração de monômeros no substrato dentário ou em protótipos que simulassem a composição dentária. Para análise foram excluídos trabalhos de revisão da literatura e patentes.

A busca, leitura e seleção dos textos foi realizada por dois revisores independentes, de acordo com os critérios de busca, inclusão e exclusão. As buscas foram atualizadas até o dia 30.04.2019 e um terceiro revisor excluiu eventuais discordâncias entre os revisores, descartando também artigos duplicados.

3. RESULTADOS

As bases de dados com resultados para esta pesquisa foram Pubmed e Medline, com um total de onze estudos, entre os anos de 2006 a 2017. A descrição das estratégias de busca associadas aos critérios de inclusão e exclusão e seus resultados está descrita na figura 1.

Primeira Estratégia (((dentin bonding agents) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond	**Primeira Estratégia** ((((dentin bonding agents) OR dentin bonding agent application) OR adhesive system) AND electric current) OR electrobond

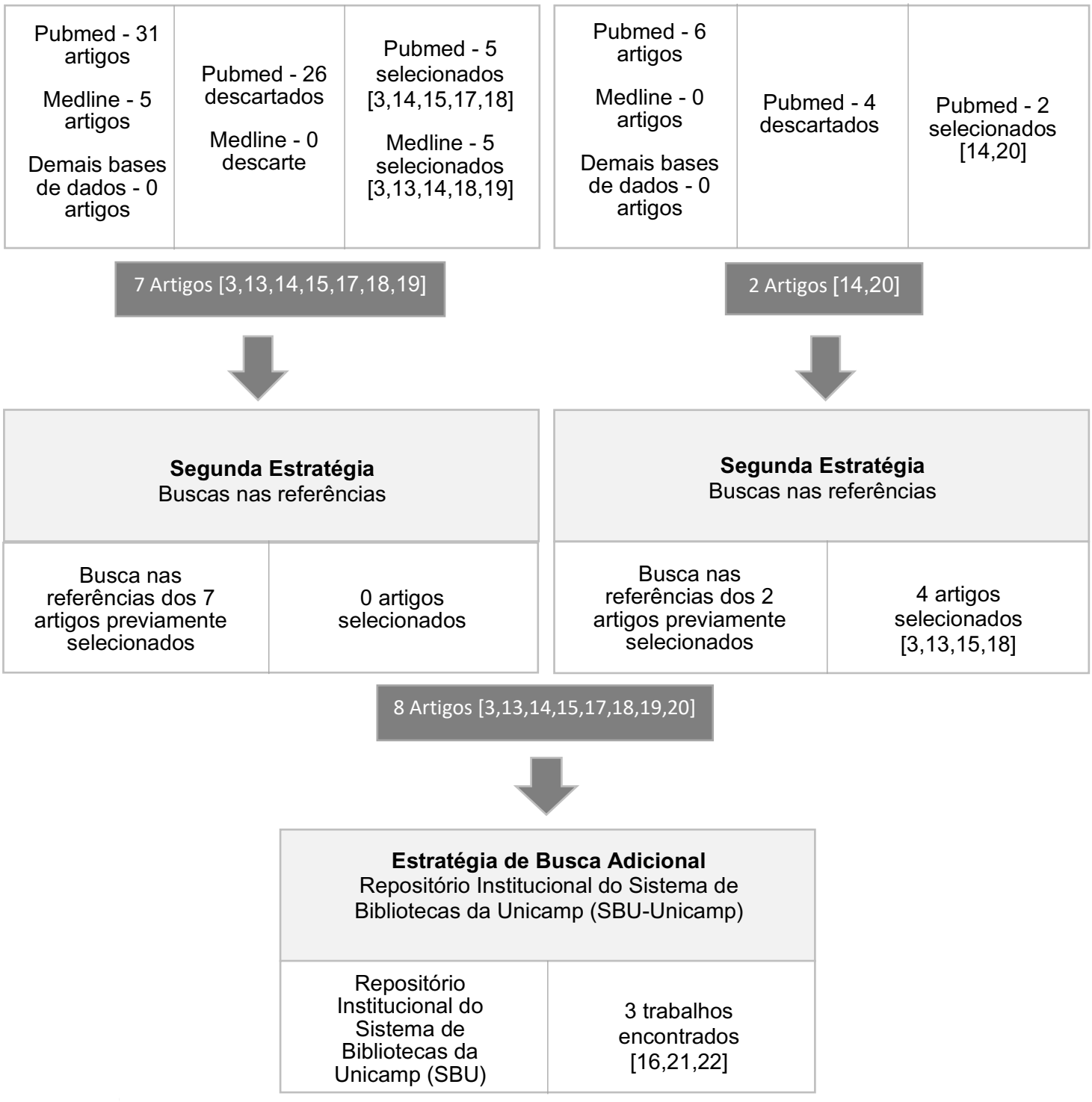

Figura 1 - Organograma das estratégias de buscas e resultados

Alguns estudos citam [13,15-17,19-22] ou referenciam [14,18] a intensidade da corrente elétrica aplicada. Um único artigo aplicou a técnica assistida por eletricidade para avaliar a vitalidade das células pulpares [17]. Os demais trabalhos avaliaram in vitro a RU dente-restauração de dentes humanos submetidos a ensaios mecânicos

[3,14,15,17-19,21,22], o ângulo de contato [14,16] formando pelo adesivo e o dente e/ou realizaram análises qualitativas em microscopia [3,13-19,22], como descrito na tabela 1.

Dentre os projetos de pesquisa encontrados, a dissertação de Quiles [22] avaliou a aplicação da corrente elétrica na interação iônica dos monômeros 10-metacriloiloxi-decil dihidrogênio fosfato (10-MDP) e 2-metacriloiloxi-etil dihidrogênio fosfato (2-MEP) com íons cálcio. Já Guarda [16] avaliou a influência da corrente elétrica na difusão de sistemas adesivos em diferentes substratos por meio do teste do ângulo de contato, assim como o estudo de Toledano et al. [14], sendo que este último avaliou também o efeito da corrente elétrica durante a aplicação do ácido fosfórico, obtendo resultado positivo na formação do ângulo de contato.

Os estudos que realizaram restauração com resina composta sobre a dentina utilizaram material microhíbrido [3,13,15-22]. Apenas o trabalho de Barcellos [21] e de Gotti et al. [19] avaliaram o efeito da corrente elétrica sob cimentos resinosos autoadesivos aplicados ao substrato dentinário restaurados com cerâmica. O estudo de Ghaziradeh et al. [20] fez análise da aplicação da corrente elétrica em cavidades classe V e realizaram apenas avaliação em microscopia, observando a degradação da interface adesiva após ensaio de termociclagem.

A metanálise entre os resultados dos estudos analisados foi descartada devido à falta de padronização entre as correntes elétricas aplicadas, e também pelo fato de cada um dos estudos ter avaliado a influência da corrente elétrica com diferentes sistemas adesivos. O trabalho de Guarda [16] foi o único que comparou sistemas adesivos de três diferentes classificações (convencional, autocondicionante e universal), entretanto este estudo realizou somente a análise do efeito da corrente

elétrica na formação do ângulo de contato entre adesivo e substrato dentário (esmalte e dentina), sem avaliação da RU.

Tabela 1 - Descrição dos artigos (autores e ano de publicação, intensidade da corrente elétrica, monômeros resinosos e testes utilizados/resultados encontrados)

Autores (ano)	Intensidade da corrente elétrica	Tipo de publicação	Sistemas adesivos	Testes e resultados	Microscopia e resultados
Breschi et al. (2006) [3]	Não especifica	Artigo Científico	1 autocondicionante de 2 passos; 2 autocondicionantes de passo único.	Aumento da RU para todos adesivos aplicados com corrente elétrica, sem diferença estatística entre eles.	MEV. Redução da nanoinfiltração com o uso da corrente elétrica, principalmente nos adesivos de passo único.
Pasquantonio et al. (2007) [15]	20 µA	Artigo Científico	3 convencionais de 2 passos.	Aumento da RU para todos adesivos aplicados com corrente elétrica, sem diferença estatística entre eles. .	MEV. Redução da nanoinfiltração com o uso da corrente elétrica.
Visintini et al. (2008) [18]	20 µA (citam outro estudo [15])	Artigo Científico	2 autocondicionantes de passo único.	Aumento da RU para todos adesivos aplicados com corrente elétrica (com termociclagem).	MET. Redução da nanoinfiltração com o uso da corrente elétrica.
Mazonni et al. (2009) [13]	50 -110 µA	Artigo Científico	2 convencionais de 2 passos.	Aumento da RU para todos adesivos aplicados com corrente elétrica, sem diferença estatística entre eles.	MET. Redução da nanoinfiltração com o uso da corrente elétrica.
Ghaziradeh et al. (2010) [20]	~15 µA	Artigo Científico	1 convencional de 2 passos	Termociclagem.	Análise em estereomicroscópio 40X. Redução da pigmentação com o uso da corrente elétrica, seja antes ou após termociclagem.

Toledano et al. (2011) [14]	Não especifica (citam outros estudos [13,15,18])	Artigo Científico	Ácido fosfórico 37% (controle); 1 autocondicionante de 2 passos; 1 autocondicionante de passo único.	A corrente elétrica reduziu o ângulo de contato para o ácido e para o adesivo de 2 passos.	MFA. Aumento da rugosidade intertubular foi evidente em todos os adesivos com uso da corrente elétrica, sendo em ordem crescente: Auto de passo único>ácido>Auto de 2 passos
Barcellos (2012) [21]	20 e 40 µA	Monografia	2 cimentos resinosos autoadesivos.	A corrente elétrica não influenciou o resultado da adesão entre restauração indireta de resina composta e substrato dentinário, com uso dos cimentos resinosos.	-
Chen et al. (2014) [17]	10, 20, 50, 60, 70 e 90 µA	Artigo Científico	1 autocondicionante de passo único.	Aumento da RU quando para as correntes elétricas de 60, 70 e 90 µA. Correntes elétricas de 20 a 70 µA não influenciaram na vitalidade de células pulpares.	MEV. Nanoinfiltração reduzida proporcionalmente ao aumento da corrente aplicada.
Gotti et al. (2014) [19]	20 e 40 µA	Artigo Científico	2 cimentos resinosos autoadesivos.	Corrente elétrica não influenciou o resultado na adesão de cerâmicas.	MEV. Falhas na interface adesiva entre dentina e cimento resinoso foi encontrado em ambos materiais.
Guarda (2016) [16]	35 µA	Dissertação	1 convencional de 2 passos; 1 autocondicionante de 2 passos; 1 universal.	A corrente elétrica não promoveu diferentes ângulos de contato nos diferentes substratos dentários.	Microscopia Confocal. Corrente elétrica promoveu melhores camadas híbrida.
Quiles (2017) [22]	40 µA	Dissertação	*Primer* experimental (MDP, MEP) misturados com íons cálcio.	A corrente elétrica aumentou a RU. A interação iônica com o cálcio e a RU foi maior para adesivo contendo o MDP.	MEV. Não houve diferença significativa da nanoinfiltração dos monômeros e houve menos falhas adesivas com o uso da corrente elétrica.

Legenda: MEV (microscopia eletrônica de varredura); MET (microscopia eletrônica de transmissão); MFA (microscopia de força atômica)

4. DISCUSSÃO

A corrente elétrica é utilizada na Odontologia em aparelhos localizadores apicais endodônticos [23], nas detecções de lesões iniciais de cárie [8], nos testes de vitalidade pulpar [24-26] e para avaliação do período de latência de anestésicos [27]. Já a aplicação da corrente elétrica para infiltração dos monômeros resinosos sobre a dentina é uma técnica nova e pouco estudada. Dentre os estudos publicados, não existe um consenso de qual intensidade de corrente é segura e indicada. O estudo de Chen et al. [17] relata que ao aplicar corrente elétrica sobre células pulpares, a vitalidade das mesmas é preservada apenas com intensidade de corrente elétrica de até 70μA. Porém, estudos laboratoriais para avaliação da RU dente-restauração chegam a utilizar correntes elétricas de até 110μA [13]. Outros autores [27] utilizam o "pulp tester" com intensidade de corrente elétrica de 80mA, sem prejuízo para vitalidade pulpar dos dentes. É importante ressaltar que a corrente aplicada pelo "pulp tester" é pulsátil [27], enquanto no dispositivo de corrente elétrica para a impulsão dos monômeros resinosos a corrente elétrica é de forma contínua [15]. A corrente elétrica contínua, também denominada de corrente direta ou galvânica, é um fluxo de corrente que não varia com o tempo e não altera a polaridade [28]. Já a corrente pulsada apresenta fluxo uni ou bidirecional que, periodicamente, para por um período de tempo [29]. Portanto, além da intensidade da corrente elétrica, o fluxo da mesma é outro parâmetro que deve ser levado em consideração na análise da influência da corrente elétrica sobre tecidos biológicos.

Alguns autores [25,30] citam o quanto é imprescindível que o aparelho emissor de corrente elétrica disponha de uma intensidade constante. Porém, para que isto seja viável, é necessária uma modulação do potencial elétrico, utilizando um circuito

eletrônico que forneça uma corrente contínua e constante, independentemente da resistência elétrica e impedância do dente e do sistema adesivo utilizado [13]. E, mesmo que os estudos informem a intensidade da corrente elétrica aplicada, não é garantido que essa intensidade seja distribuída uniformemente ao longo do substrato dental. Vários fatores podem influenciar o transporte iontoforético: pH do substrato dental, peso, tamanho molecular e concentração dos monômeros resinosos e a intensidade, voltagem e o tempo de aplicação da corrente elétrica [30]. Além disso, o dente não é uma estrutura homogênea, pois possui variabilidade na composição de minerais, água, colágeno e espessura ao longo de toda a sua superfície [30,31], o que dificulta a padronização da corrente elétrica aplicada no substrato dentário. Dessa forma, é necessário que o dispositivo de corrente elétrica mensure a resistência elétrica local e, ao mesmo tempo, padronize a corrente elétrica emitida no substrato dental, frente a resistência elétrica encontrada, aumentando ou diminuindo a intensidade automaticamente.

A melhora na RU e redução da degradação da interface adesiva quando adesivos autocondicionantes são aplicados sob corrente elétrica é relatada na literatura [3,14,17,18]. Para Breschi et al. [3] os elevados valores da RU dos adesivos autocondicionantes, principalmente o de passo único, é justificado pelo fato desses adesivos possuírem maior concentração de monômeros polares hidrófilos, o que facilita a distribuição da corrente elétrica pelo substrato dentinário. Os estudos [13,15,20] que avaliaram a influência da técnica da corrente elétrica em adesivos convencionais também encontraram resultados positivos para a RU dente-restauração e satisfatória degradação da interface adesiva.

Para o estabelecimento de uma efetiva união dente-restauração é necessário um íntimo contato entre o adesivo e o substrato dentinário. O molhamento

proporcionado pelos adesivos é um fator de suma importância na adesão e está relacionado à energia de superfície, rugosidade e composição química do dente [14]. A redução do ângulo de contato entre adesivo e dente proporciona maior eficácia no molhamento da superfície e, consequentemente, melhora na formação da camada híbrida e RU [32,33]. Porém, mesmo encontrando resultados positivos na formação da camada híbrida dos adesivos aplicados com o dispositivo de corrente elétrica, o estudo de Guarda [16] não encontrou diminuição significativa do ângulo de contato ao utilizar a corrente elétrica. Já o estudo de Toledano et al. [14] encontrou relevante diminuição do ângulo de contato ao aplicar corrente elétrica com adesivo autocondicionante. A presença de diferentes componentes na composição química dos sistemas adesivos pode justificar as diferenças entre os trabalhos, uma vez que os reagentes químicos e monômeros resinosos com diferentes polaridades e peso molecular podem modificar a viscosidade do adesivo, dificultando a transmissão da corrente elétrica [3]. Mais estudos sobre a relação da composição química dos materiais adesivos com a corrente elétrica são necessários.

O estudo de Quiles [22] fez uma análise envolvendo *primers* modificados com diferentes monômeros funcionais, 10-MDP e 2-MEP. Neste estudo foi observado que a corrente elétrica não influencia a interação dos monômeros com os íons cálcio, mas aumenta a RU e diminuiu as falhas adesivas. O mesmo estudo mostrou que melhores resultados adesivos são obtidos utilizando a corrente elétrica com adesivos contendo 10-MDP. Os monômeros funcionais (ácidos), de cadeias mais longas e hidrófobas, como o 10-MDP, formam sais bem mais estáveis à degradação hidrolítica, promovendo um maior valor de RU a longo prazo quando comparado aos monômeros com cadeias curtas, como o MEP, que são mais hidrófilos e susceptíveis a degradação [34]. Mesmo nos estudos que utilizam testes de termociclagem, simulando a

longevidade clínica das restaurações, o uso da corrente elétrica mostrou ser eficaz para os resultados de RU e da nanoinfiltração [18,20].

Já a aplicação de corrente elétrica sobre cimentos resinosos não influencia nos valores de adesão [19,21]. A alta viscosidade dos cimentos resinosos e o alto ângulo de contato formado com o substrato dentário [3] não favorecem o molhamento da superfície e dificultam a passagem da corrente elétrica pelo material adesivo e substrato dental.

A técnica da iontoforese melhora a infiltração dos adesivos na matriz dentinária, proporcionando que a dentina desmineralizada seja bem preenchida pelo adesivo, minimizando os efeitos deletérios provocados pelas metaloproteinases [3,14,15]. Dessa forma, o substrato dental se torna menos permeável e com uma camada híbrida de melhor qualidade, melhorando a longevidade das restaurações [13].

5. CONCLUSÃO

De acordo com o encontrado na presente revisão sistematizada a técnica de indução dos sistemas adesivos por corrente elétrica possui resultados positivos na melhora da resistência da união. Porém, é importante que outras variáveis sejam testadas, para minimizar as divergências e protocolar uma intensidade de corrente ideal. Novas pesquisas devem comparar o efeito da técnica sob diferentes sistemas adesivos e sua influência na longevidade clínica das restaurações.

6. REFERÊNCIAS

1. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. J Dent 1999;27:89-99.Pubmed PMID: 10071465.

2. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldeli S, Tay FR, et al. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. J Dent Res 2007;86:90-4. https://doi.org/10.1177/154405910708600115.

3. Breschi L, Mazzoni A, Pashley DH, Pasquantonio G, Ruggeri A, Suppa P, et al. Electric-current-assisted application of self-etch adhesives to dentin. J Dent Res 2006;85:1092-6. https://doi.org/10.1177/154405910608501205.

4. Cadenaro M, Antoniolli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati CS, et al. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. Eur J Oral Sci 2005;113:525-30. https://doi.org/ 10.1111/j.1600-0722.2005.00251.x.

5. Hashimoto M, Tay FR, Ito S, Sano H, Kaga M, Pashley DH. Permeability of adhesive resin films. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2005;74:699-705. https://doi.org/10.1002/jbm.b.30301.

6. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vIvo. J Dent Res 2005;84:741-6. https://doi.org/10.1177/154405910508400811.

7. Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, et al. Effects of multiple coatings of two all-in one adhesive on dentin bonding. J Adhes Dent 2005;7:133-41. Pubmed PMID:16052762.

8. King NM, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett WW, et al. Conversion of one step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy and extended application. Am J Dent 2005;18:126-34. Pubmed PMID:15973833.

9. Osorio R, Erhardt MC, Pimenta LA, Osorio E, Toledano M. EDTA treatment improves resin-dentin bonds' resistance to degradation. J Dent Res 2005;84:736-40. https://doi.org/10.1177/154405910508400810.

10. Pashley DH, Agee KA, Carvalho RM, Lee KW, Tay FR, Callison TE. Effects of water and water-free polar solvents on the tensile properties of demineralized dentin. Dent Mater 2003;19:347-52. Pubmed PMID:12742428.

11. Van Landuyt KL, De Munck J, Snauwaert J, Coutinho E, Poitevin A, Yoshida Y, et al. Monomer-solvent phase separation in one-step self-etch adhesives. J Dent Res 2005;84:183-8. https://doi.org/10.1177/154405910508400214.

12. Pasquantonio G, Breschi L, Petrone A. A method and device for preparing the hard structures of teeth for the application of dental restorative materials. *US Patent* 2003 6: 641-396.

13. Mazzoni A, Visintini E, Vita F, Pasquantonio G, Saboia VP, Ruggeri A Jr, et al. ElectroBond improves immediate dentin microtensile bond strength of two etch-and rinseadhesives. J Adhes Dent 2009;11:27-33. Pubmed PMID: 19343924.

14. Toledano M, Mazzoni A, Monticelli F, Breschi L, Osorio E, Osorio R. ElectroBond application may improve wetting characteristics of etched dentine. J Dent 2011;39:180-6. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.11.009.

15. Pasquantonio G, Tay FR, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri A Jr, Falconi M, et al. Electric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. Dent Mater 2007;23:513-8. https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.009.

16. Guarda MB. Influência da corrente elétrica na difusão de sistemas adesivos em diferentes substratos. São Paulo (Piracicaba). *Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas* 2016.

17. Chen H, Fu D, Yang H, Liu Y, Huang Y, Huang C. Optimization of direct currents to enhance dentine bonding of simplified one-step adhesive. Eur J Oral Sci 2014;122:286-92. https://doi.org/10.1111/eos.12140.

18. Visintini E, Mazzoni A, Vita F, Pasquantonio G, Cadenaro M, Di Lenarda R, et al. Effects of thermo cycling and use of ElectroBond on microtensile strength and nanoleakage using commercial one-step self-etch adhesives. Eur J Oral Sci 2008;116:564-70. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2008.00576.x.

19. Gotti VB, Feitosa VP, Sauro S, Correr-Sobrinho L, Correr AB. Indirect resin composite restorations bonded to dentin using self-adhesive resin cements applied with an electric current-assisted method. Am J Dent 2014;27:233-6. Pubmed PMID: 25842454.

20. Gharizadeh N, Kaviani A, Nik S. Effect of Using Electric Current during Dentin Bonding Agent Application on Microleakage under Simulated Pulpal Pressure Condition. *Dent Res J (Isfahan)* 2010;7:23-7. Pubmed PMID: 21448443.

21. Barcellos NVS. Influência da aplicação de corrente elétrica em cimentos resinosos auto-adesivos. São Paulo (Piracicaba). Monografia (Graduação em Odontologia) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, 2012.

22. Quiles HK. Influência de corrente elétrica na interação iônica e resistência de união de diferentes monômeros funcionais fosfatados. São Paulo (Piracicaba). *Dissertação (Mestrado em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas,* 2017.

23. Sunada I. New Method for Measuring the Length of the Root Canal. J of Dent Res 1962;41:375-87. [Google Scholar]

24. Alghaithy RA, Qualtrough AJ. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. Int Endod J 2017;50:135-42. https://doi.org/10.1111/iej.12611.

25. Daskalov I, Indjov B, Mudrov M. Electrical dental pulp testing. Defining parameters for proper instrumentation. IEEE Eng Med Biol Mag 1997;16:46-50. Pubmed PMID:9102231.

26. Šimović M, Pavušek I, Ivanišević Malčić A, Jukić S, Prpić Mehičić G, Matijević J. Electric pulp test threshold responses in healthy incisors, canines, premolars and molars. Aust Endod J 2018;44:54-9. https://doi.org/10.1111/aej.12219.

27. Oliveira ACA, Amorim KS, Nascimento Júnior EMD, Duarte ACB, Groppo FC, Takeshita WM, et al. Assessment of anesthetic properties and pain during needleless jet injection anesthesia: a randomized clinical trial. J Appl Oral Sci 2019;27:e20180195. https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0195.

28. Nelson RM, Hayes KW, Currier DP. Eletroterapia clínica. In: 3ª ed. Barueri: Manole, 2003: 55-143.

29. Panzade P, Heda A, Puranik P, Patni M, Mogal V. Enhanced Transdermal Delivery of Granisetron by Using Iontophoresis. Iran J Pharm Res 2012;11:503-12. Pubmed PMID:24250473.

30. Krizaj D, Jan J, Valencic V. Modeling AC current conduction through a human tooth. Bioelectromagnetics 2004;25:185-95. https://doi.org/10.1002/bem.10189.

31. Eldarrat A, High A, Kale GM. Age-related changes in cyclic voltammetry and potentiodynamic studies of normal human dentine. J Mater Sci Mater Med 2003;14:979–84. Pubmed PMID: 15348511.

32. Breschi M, Fabiani D, Sandrolini L, Colonna M, Sisti L, Vannini M, et al. Electrical properties of resin monomers used in restorative dentristy. Dent Mater 2012;28:1024-31. https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.05.009.

33. Karadas M, Çağlar İ. The effect of Er:YAG laser irradiation on the bond stability of self-etch adhesives at different dentin depths. Lasers Med Sci 2017;32:967-74. https://doi.org/10.1007/s10103-017-2194-x.

34. Feitosa VP, Ogliari FA, Van Meerbeek B, Watson TF, Yoshihara K, Ogliari AO, et al. Can the hydrophilicity of functional monomers affect chemical interaction? J Dent Res 2014;93:201-6. https://doi.org/10.1177/0022034513514587.

2.2. CAPÍTULO B

ADESÃO DE RESINA COMPOSTA À DENTINA UTILIZANDO DIVERSOS SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS SOB CORRENTE ELÉTRICA E FOTOATIVADOS COM DIFERENTES IRRADIÂNCIAS

(Artigo será submetido ao *The Journal of Adhesive Dentistry*)

RESUMO

Objetivos: O objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da aplicação da corrente elétrica na RU dente-resina composta e na formação da camada híbrida de três sistemas adesivos fotoativados por dois diferentes fotoolimerizadores. **Metodologia:** Molares humanos foram divididos em 12 grupos de acordo com o sistema adesivo, modo de aplicação e fotoativação (n=6). Foram utilizados três sistemas adesivos, convencional de dois passos, autocondicionante de 2 passos e universal, aplicados sem (controle) e com corrente elétrica (50μA) e fotoativados com diferentes fotopolimerizadores (monowave, Radii cal - SDI; e polywave; VALO Cordless - Ultradent). Blocos de resina composta (Filtek Z350XT, 3M ESPE) foram confeccionados sobre a dentina e cortados em palitos (~1mm²) para o ensaio da RU à microtração. Os padrões de fratura foram classificados em falhas adesiva, coesiva em dentina/resina e mista (lupa estereomicroscópica 50x e microscopia eletrônica de varredura; JSM-5600LV, JEOL). Análise qualitativa da camada híbrida foi realizada em microscopia confocal de varredura à laser (n=2; Leica SP5, Leica Microsystems). Os dados foram submetidos ao teste paramétrico de Kolmogorov-Smirnov e à análise de variância (ANOVA) 3 fatores (adesivo, aplicação, fotoativador), sendo as médias analisadas pelo teste de Tukey post-hoc (α=0,05). **Resultados:** Houve interação tripla entre os fatores. Entre

os sistemas adesivos testados não houve diferença significativa nos valores de RU. A corrente elétrica aumentou significativamente os valores de RU para o adesivo SU fotoativado com fotopolimerizador *polywave*. A maior irradiância deste equipamento apresentou os maiores valores de RU para o adesivo SU, mesmo quando aplicado de forma convencional (controle). As falhas do tipo adesiva foram predominantes em todos os grupos. A microscopia confocal mostrou que o uso da corrente elétrica formou *tags* resinosos mais longos, principalmente na fotoativação com *polywave* para SB e SU. **Conclusão:** A aplicação da corrente elétrica aumentou a RU para o adesivo universal fotoativado com *monowave* e a camada híbrida obteve menor impregnação de água e maiores *tags* resinoso com o uso da corrente elétrica.

Palavras-chave: Condutividade Elétrica, Resistência à Tração, Polimerização.

INTRODUÇÃO

Desde os estudos de Nakabayashi et al.[36] que a adesão dentinária é citada como um desafio para o dia a dia clínico. O substrato dentinário apresenta uma estrutura química com composição inorgânica e orgânica e uma disposição de fibras colágenas altamente complexa. Essa estrutura varia de acordo com a profundidade da dentina. Devido toda sua complexidade, as falhas das restaurações adesivas estão relacionadas principalmente à incompleta penetração dos monômeros resinosos na rede de colágeno desmineralizado. Ao ser condicionada e desmineralizada, a dentina precisa ser totalmente preenchida pelos monômeros resinosos para formação de uma camada híbrida homogênea. Caso contrário, as metaloproteinases (MMP), enzimas presentes no substrato dentinário, degradam as fibras colágenas desmineralizadas e

não infiltradas pelo monômero, levando à destruição da camada híbrida e prejuízo à adesão dentinária.[2,13,48,52,54]

Na tentativa de aumentar a RU, algumas técnicas são utilizadas para impregnar melhor os monômeros no substrato dentinário, tais como: realização de condicionamento ácido adicional,[1,28] uso de uma camada extra de adesivo hidrófobo[11,12] ou de múltiplas camadas de adesivo,[21,26,37] e irradiação à laser da dentina[28]. Entretanto, todos esses métodos aumentam o número de passos clínicos e, consequentemente, a sensibilidade da técnica restauradora.

Com o objetivo de aumentar a adesão dente-restauração sem aumentar o número de etapas clínicas a técnica de aplicação do adesivo sob corrente elétrica foi desenvolvida[38]. Alguns trabalhos demonstram melhora na adesão de resinas compostas à dentina com adesivos aplicados sob corrente elétrica.[6,17,22,32,39,53,59] Entretanto, são poucos os trabalhos que estudam esse parâmetro e eles apresentam divergências, principalmente no que diz respeito a metodologia aplicada (materiais, ensaios, protocolos de adesão, etc). Além disso, não existe um consenso sobre a intensidade da corrente elétrica que deve ser aplicada e nem uma garantia de que a corrente utilizada é distribuída uniformemente por todo substrato dental.

Além da completa penetração dos monômeros no substrato dentinário, a fotoativação também é uma etapa primordial na obtenção de uma camada híbrida de qualidade.[51] A grande discussão sobre da polimerização na RU e longevidade das restaurações adesivas está relacionada ao fato do processo de fotoativação depender tanto dos fotoiniciadores, que compõem o material resinoso, quanto do aparelho fotopolimerizador.[15] A canforquinona é o fotoiniciador mais comumente utilizado pelos fabricantes, e são compatíveis com os espectros de luz emitidos pelos aparelhos de emissão de luz a base de diodo (LED).[15,51] Porém, com o desenvolvimento de

materiais resinosos à base de fotoiniciadores alternativos, a fotossensibilidade desses materiais foi modificada, necessitando aparelhos com um espectro de emissão de luz mais amplo, que abranja valores entre 380 a 450nm. Os aparelhos LED convencionais (*monowave*) possuem um único pico de emissão de luz, com média de 455nm, não sendo compatível para fotoativação de fotoiniciadores alternativos. Por conta de tal discrepância, a tecnologia *polywave* foi introduzida com objetivo de abranger vários picos e emissão de luz.[15,49]

Mesmo sendo a fotopolimerização uma etapa primordial na confecção de uma restauração, muitos fabricantes não fornecem informações detalhadas sobre o poder radiante (mW) e a irradiância (mW/cm^2) do aparelho.[51] E somado a isso, muitos cirurgiões-dentistas desconhecem a importância do formato da ponteira e o tamanho do feixe de luz, da influência da distância da ponteira à restauração na irradiância e do espectro de emissão da luz dos aparelhos fotoativadores.[51] A irradiância é inversamente proporcional à área da ponta emissora de luz[3] e, portanto, pequenas mudanças no diâmetro da ponteira influenciam na qualidade da polimerização.[45] Muitos cirurgiões-dentistas adquirem equipamentos considerando o baixo custo e desconsiderando parâmetros relevantes para a polimerização (irradiância, densidade de energia, potência, etc).[50] Além disso, há o problema da falta de manutenção dos aparelhos utilizados nos consultórios, o que compromete esses parâmetros que em estudos laboratoriais são controlados. A falta de manutenção compreende desde resíduos (resina composta, adesivo) presentes na ponta do aparelho, até a falta de mensuração da irradiância fornecida pela unidade fotoativadora. Quando a irradiância do aparelho fotoativador é ineficaz, a polimerização insuficiente do adesivo proporciona o acúmulo de monômeros residuais que, além da ação citotóxica ao complexo dentino-pulpar, pode conduzir à falha da restauração.[33,62]

Diante do exposto, o objetivo no presente estudo foi avaliar a qualidade da camada híbrida e a RU de diferentes sistemas adesivos aplicados sob uma corrente elétrica padronizada e fotoativados com dois diferentes fotopolimerizadores, um *monowave* e um *polywave*. As hipóteses seriam que (1) o uso do dispositivo elétrico melhora a RU e que diferentes (2) fotopolimerizadores e (3) sistemas adesivos promovem diferentes valores de RU.

METODOLOGIA

Materiais e Preparo das Amostras

Noventa e seis molares com formação radicular completa, sem desgaste e sem presença de cáries ou restaurações, foram armazenados em solução de timol 0,1% por no máximo seis meses, até início dos experimentos laboratoriais (CAAE: 94744218.3.1001.5501).

As amostras foram cortadas perpendicularmente ao longo eixo do dente, 1,5mm abaixo e acima da junção cemento-esmalte, expondo uma superfície plana em dentina profunda. Os cortes foram realizados em cortadora metalográfica (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) com disco diamantado dupla face com 0,3mm espessura (nº 12205 Buehler, Lake Bluff, IL, EUA) em velocidade constante de 300rpm, com peso de 300g, sob irrigação constante com água destilada. A superfície dentinária foi polida manualmente com lixa d'água #600 (201QL - P600, 3M, SP, Brasil) por 30s, com água destilada, para a obtenção de uma *smear layer* padronizada.

Foi realizado o teste-t para o cálculo amostral estabelecer o número mínimo de amostras necessárias para a realização da metodologia (Tabela 1). A média estimada

da amostra e o desvio padrão foram obtidos por meio de dados disponíveis na literatura científica. Já a média da população foi adquirida pelo teste piloto.

Tabela 1 - Cálculo amostral

Média estimada da amostra	32,33
Desvio padrão	5,21
Média da população	38,36
Poder do teste	0,9
Nível alfa	0,05
Tamanho da amostra	6

A aplicação dos sistemas adesivos (Single Bond 2-SB, Clearfil SE Bond-CL e Single Bond Universal-SU) (Tabela 2) foi realizada sob duas formas: convencional (sem corrente elétrica; controle) e com auxílio do dispositivo de corrente elétrica (50μA). As amostras foram distribuídas em 12 grupos para o ensaio da RU (n=6) e análise da camada híbrida (n=2). A aplicação dos sistemas adesivos ocorreu substituindo a utilização do pincel descartável por um algodão estéril preso à uma pinça clínica metálica, sendo esta acoplada ao dispositivo de transmissão de corrente elétrica. O algodão foi trocado a cada aplicação. Para as amostras do grupo controle, o aparelho transmissor de corrente permaneceu desligado.

As amostras foram fixadas em esponja umedecida para simular as condições de umidade periodontais,[42] sendo o conjunto esponja-amostra ligado ao aparelho elétrico. O polo negativo do aparelho era fixado na esponja e o polo positivo no dente, fechando o circuito elétrico. O aparelho possui um componente elétrico capaz de, simultaneamente, aferir a resistência elétrica de cada região do dente e emitir uma corrente elétrica padronizada. A corrente elétrica foi ajustada em 50μA.

Tabela 2 - Nome comercial e pH, composição química, método de aplicação e registro dos materiais utilizados

Nome comercial e pH*	Composição*#	Método de Aplicação*	Lote
Ácido Fosfórico 35% (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) pH = 0,6	Ácido Fosfórico 35%	Aplicação por 15s em dentina e lavagem por 15s	BFGDL
Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA) pH = 4,7	HEMA, BisGMA, glicerol 1,3-dimetacrilato, UDMA, água, álcool etílico, fotoiniciadores, sílica silanizada, copolímero do ácido acrílico e itacônico.	Condicionamento prévio, remoção do excesso de água da lavagem, aplicação do adesivo por 30s, leve jato de ar e fotoativação por 10s.	N820206
Clearfil SE Bond (Kuraray Medical, Okayama, Japão) pH = 2,1	*Primer:* 10-MDP, HEMA, dimetacrilato hidrófilo, CQ, N,N-dietanol-p-toluidina, água. *Bond:* 10-MDP, BisGMA, HEMA, dimetacrilatos hidrófilos, CQ, sílica coloidal silanizada, N,N-dietanol-p-toluidina.	Aplicação do *primer* por 20s de forma ativa e leve jato de ar. Aplicação do adesivo, leve jato de ar e fotoativação por 10s.	*Primer* 3M0293 *Bond* 3G0470
Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA) pH = 2,7	MDP, BisGMA, HEMA, decametileno, etanol, água, sílica silanizada, dimetacrilato, CQ, 1,10-decanodiol fosfato metacrilato, copolímero de acrílico, ácido itacônico, N,N-dimetilbenzocaína.	Aplicação do adesivo de forma mais ativa por 20s, leve jato de ar por 5s e fotoativação por 10s.	654110
Filtek Z350 XT A1E (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, EUA)	BisGMA, BisEMA, UDMA, TEGDMA, nanopartículas de sílica (20nm), nanoaglomerados de zircônia/sílica (5-20nm), 78,5% em peso (total de carga), fotoiniciador.	Restauração em incrementos de 2mm, sendo cada um fotoativado por 20s.	1816200255

HEMA - 2-hidroxietil metacrilato; BisGMA - bisfenol glicidil metacrilato; UDMA - uretano dimetacrilato; 10-MDP - 10-metacriloiloxi-decil dihidrogênio fosfato; CQ - canforquinona; BisEMA - bisfenol A dimetacrilato etoxilado; TEGDMA - trietileno glicol dimetacrilato. *informações fornecidas pelos fabricantes e #outros autores[19,51,59]

Para a fotoativação dos sistemas adesivos foram utilizados dois aparelhos fotopolimerizadores diferentes, *monowave* (Radii cal, SDI, Victoria, Australia) e *polywave* (VALO Cordless, Ultradent, South Jordan, UT, EUA), com irradiâncias médias mensuradas em 819mW/cm^2 e 1283mW/cm^2, respectivamente. Ambos os equipamentos tiveram a irradiância mensurada antes e após cada fotoativação por um radiômetro (RD-7, ECEL Indústria e Comércio LTDA, Ribeirão Preto, SP, Brazil). A fotoativação dos adesivos foi realizada por 20s. Em seguida, as amostras receberam três incrementos (2mm cada) de resina composta nanoparticulada (Filtek Z350XT, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA), cada um fotoativado por 10s. As amostras foram armazenadas por 24h à 37ºC (100% de umidade relativa).

Após período de armazenamento, cortes foram realizados perpendicularmente à interface adesiva das amostras em máquina cortadora metalográfica (Isomet 1000, Buehler), a uma velocidade de 200rpm, com peso de 100g, sob irrigação constante com água destilada. Corpos de prova em formato de barra retangular (~1mm^2) foram obtidos e mensurados por um paquímetro digital (King Tools 150mm/6", São Paulo, SP, Brasil). Cada corpo de prova foi analisado em lupa (10x; Neyimportts, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) para verificar a presença de bolhas ou trincas originadas durante o corte das amostras. Os que apresentavam tais alterações foram descartados e os selecionados foram armazenados em água destilada à 37ºC por 24h em frascos do tipo eppendorf.

Resistência da união à microtração

Os corpos de prova foram fixados ao dispositivo metálico da máquina de ensaios universal (Ez Test, Shimadzu, Kyoto, Japão) com cola à base de cianoacrilato gel (PT-26, Zap, Rancho Cucamonga, CA, EUA) e catalisador (Zip Kicker, Zap,

Rancho Cucamonga, CA, EUA). Em seguida, os palitos foram submetidos ao teste de RU à microtração, a uma velocidade de 1mm/min com célula de carga de 500N.

Após fratura, a área adesiva dos palitos foi medida (mm^2) com um paquímetro digital (King Tools 150mm/6”). A força necessária para causar a ruptura dos espécimes foi determinada pela razão entre a carga máxima (N), no momento da fratura, e a área da secção transversal adesiva do espécime (mm^2) resultando no valor de RU em MegaPascal (MPa).

Análise do padrão de fraturas

As amostras fraturadas foram visualizadas em lupa estereomicroscópica (Carl Zeiss MicroImaging GmbH 37081, Gotinga, Alemanha), com ampliação de 50 vezes, para avaliação do padrão de fratura. As fraturas foram classificadas em: adesiva (fratura no adesivo ou na interface adesiva), coesiva em dentina, coesiva em resina e mista. Os padrões de fratura mais significativos foram analisados em microscopia eletrônica de varredura (MEV; JSM-5600LV, JEOL, Tóquio, Japão), 15Kv, com 80X de ampliação.

Análise da camada híbrida

Para avaliação da qualidade da camada híbrida os grupos (n=2) receberam os procedimentos adesivos e restauradores conforme descrito anteriormente. Foram adicionados aos adesivos 0,1% em peso de rodamina B (Sigma Chemicals, St. Louis, MO, EUA) e a fluoresceína (Sigma Chemicals). As amostras foram seccionadas em quatro placas mésio-distais, com 1mm de espessura, em máquina de corte de precisão (Isomet 1000, Buehler), a uma velocidade de 300rpm, irrigado com água destilada e com peso padronizado de 250g. A interface resina-adesivo-dente de cada

placa foi levemente polida com lixas d'água #1200 (401Q - P1200, 3M) por por 30s, seguido de banho ultrassônico por 60s. As amostras foram avaliadas em microscópio confocal à laser (Leica SP5, Leica Microsystems, Heidelberg, Alemanha) usando o próprio software de processamento de imagem do microscópio.

Análise estatística

Os dados de RU foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Em seguida, os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) 3 fatores (adesivo, aplicação, irradiância), sendo as médias analisadas pelo teste de Tukey post-hoc (5%).

RESULTADOS

A análise de variância demonstrou que para os três fatores estudados somente o sistema adesivo não exerceu influência significativa na RU para ambos os métodos de aplicação e irradiâncias ($\rho>0,05$). Porém houve interação estatisticamente significante entre os três fatores ($\rho<0,01$). Os resultados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Média da RU (MPa) e desvio padrão (DP) dos grupos avaliados

Irradiância	Sistema Adesivo	Aplicação	
		Convencional	Corrente elétrica
Polywave	SB	38,86 (7,67) aA$^{\#}$	41,94 (5,37) aA$^{\#}$
	CL	41,77 (7,74) aA$^{\#}$	42,79 (4,16) aA$^{\#}$
	SU	50,06 (2,58) aA$^{\#}$	47,51 (3,82) aA$^{\#}$

	SB	32,01 (4,73) aA#	42,07 (6,17) aA#
Monowave	CL	37,09 (3,26) aA#	32,78 (2,06) aA#
	SU	26,98 (3,25) aB*	41,33 (7,4) aA#

Letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significante para o mesmo método de aplicação e irradiância em diferentes sistemas adesivos (ρ<0,05). Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças estatisticamente significante para o mesmo sistema adesivo e irradiância em diferentes métodos de aplicação (ρ<0,05). Símbolos diferentes indicam diferenças estatisticamente significante para o mesmo sistema adesivo e método de aplicação em diferentes irradiâncias (ρ<0,05)

O uso da corrente elétrica aumentou a RU para o adesivo SU fotoativado com *monowave* (ρ=0,0030). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes nos valores de RU com o uso da corrente elétrica para os demais sistemas adesivos fotoativados com *monowave* (ρ>0,05) e para todos sistemas adesivos fotoativados com *polywave* (ρ>0,05).

O grupo SU aplicado de forma convencional apresentou menores valores de RU quando fotoativado com *monowave* (ρ=0,0001). Não houve diferenças estatisticamente significantes nos valores de RU entre os demais métodos de aplicação e sistemas adesivos fotoativados com as diferentes irradiâncias (ρ>0,05).

Durante os cortes das amostras foi observada uma maior porcentagem de corpos de prova perdidos por fratura precoce nos grupos da aplicação convencional, com maiores percentuais para os grupos fotoativados com *monowave*. Na Tabela 4 estão os valores percentuais de falha precoce observada em cada grupo estudado.

Tabela 4 - Frequência (%) de corpos de prova perdidos por fratura precoce

	Monowave			*Polywave*			TOTAL
	SB	CL	SU	SB	CL	SU	
Corrente	3	11	13	4	5	4	40
Convencional	11	9	16	9	7	8	60

Houve predominância de falhas adesivas. Estes resultados ocorreram independentemente da potência irradiante, tipo de adesivo e forma de aplicação. Na Tabela 5 estão descritas as porcentagens dos padrões de fratura de cada grupo estudado.

Tabela 5 - Frequência (%) dos padrões de fratura para cada grupo avaliado

.	*Monowave*			*Polywave*			
	SB	CL	SU	SB	CL	SU	TOTAL
Convencional							
Adesiva	3	4	4	6	5	3	25
Mista	1	1	1	1	1	1	6
Coesiva em Resina	1	1	1	1	2	3	9
Coesiva em dentina	1	1	0	1	1	1	5
Corrente							
Adesiva	6	5	4	5	5	4	29
Mista	1	1	1	1	1	1	6
Coesiva em Resina	3	1	1	3	3	4	15
Coesiva em dentina	1	0	2	1	0	1	5

A Figura 1 mostra as imagens representativas de cada padrão de fratura visualizado em MEV.

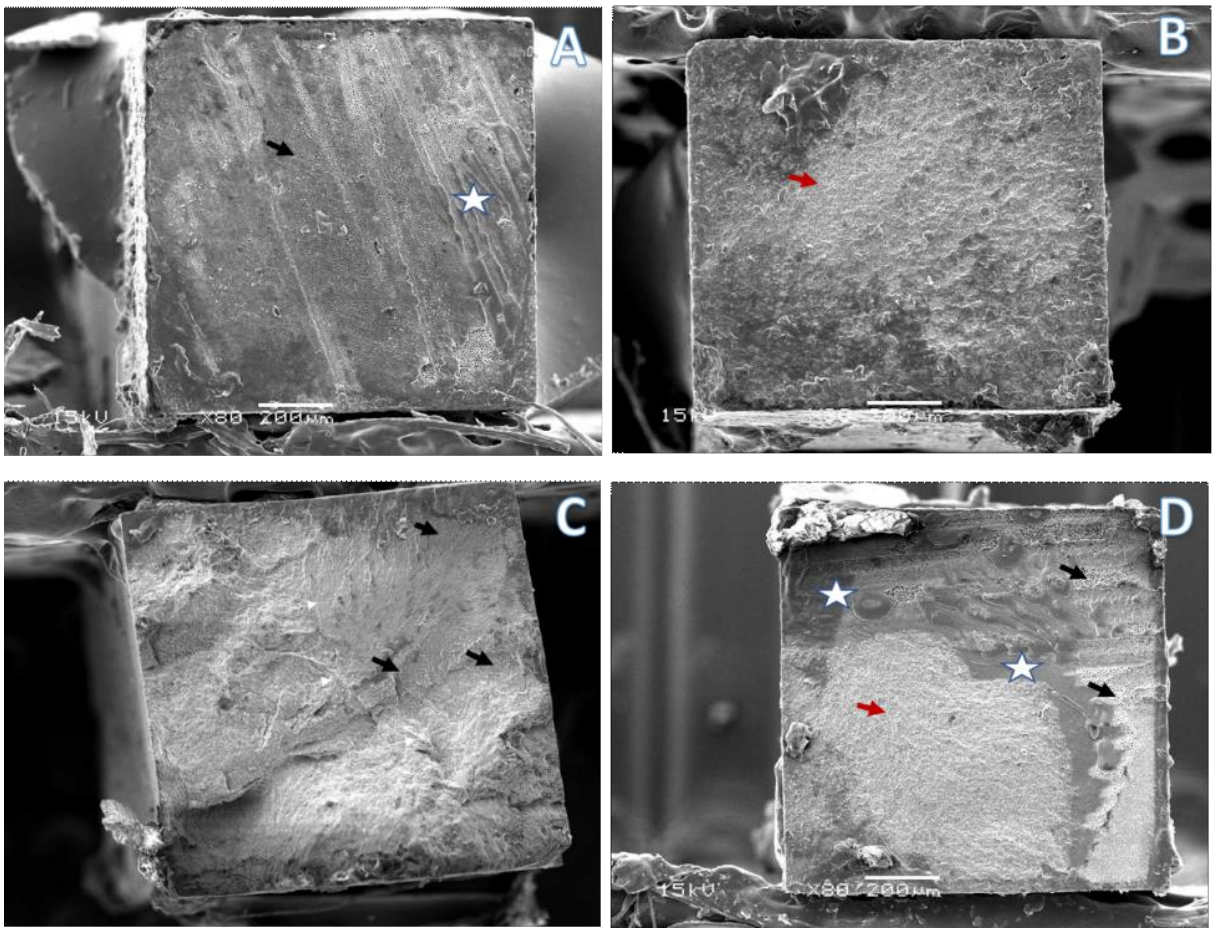

Figura 1 - Imagens em MEV dos padrões de fratura observados. A; falha coesiva em dentina, com exposição dos túbulos dentinários e remanescente de adesivo. B; falha coesiva em resina. C; falha adesiva, com presença de exposição dentinária coberta por superfície irregular em lascas sugestiva de remanescente do adesivo. D; falha mista (adesiva, coesiva em dentina e resina). Em todas as imagens: seta preta indica exposição de túbulos dentinário; estrela branca indica porção residual do adesivo dentinário; seta vermelha indica compósito restaurador

As imagens obtidas na microscopia confocal de varredura à laser mostraram que em todos os grupos houve melhora na formação da camada híbrida com aplicação da corrente elétrica (Figura 2 e 3), apesar de nenhum dos grupos ter obtido impermeabilização total da camada híbrida.

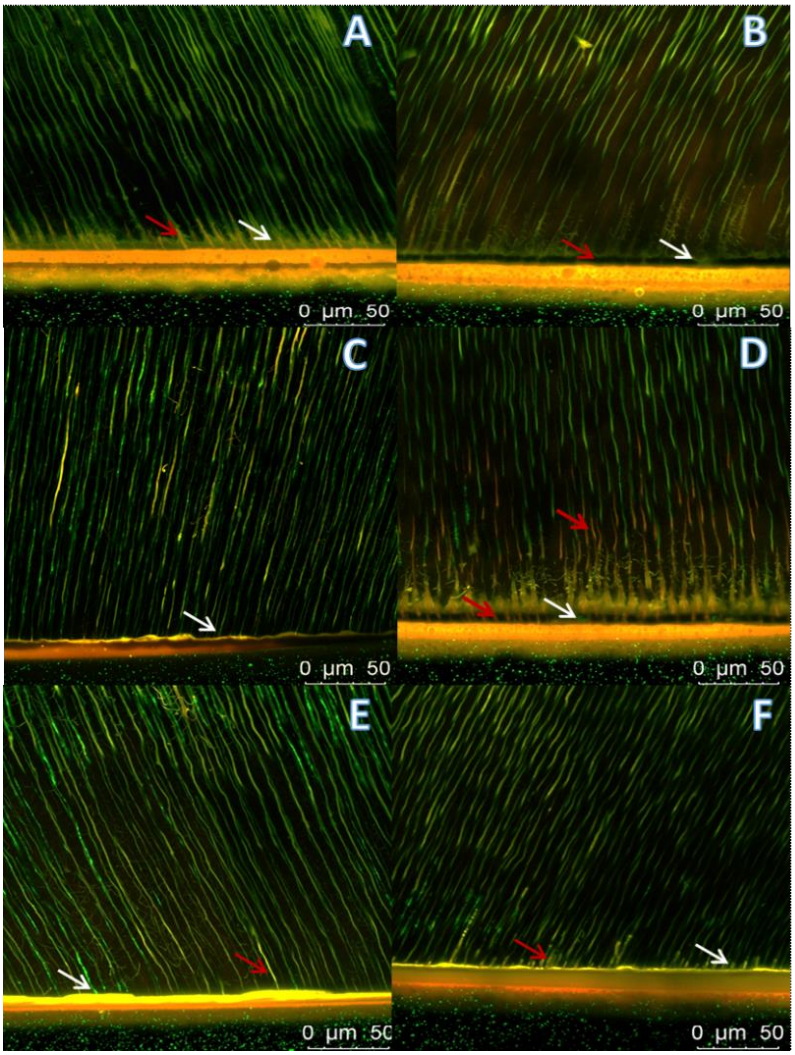

Figura 2 - Imagens da microscopia confocal dos grupos fotoativados por *monowave* (Radii cal). A (SB, convencional); B (SB, corrente); C (CL, convencional); D (CL, corrente); E (SU, convencional); F (SU, corrente). Seta branca indica zona de penetração de água na camada híbrida. Seta vermelha indica zona de impermeabilização com presença de *tags* resinosos

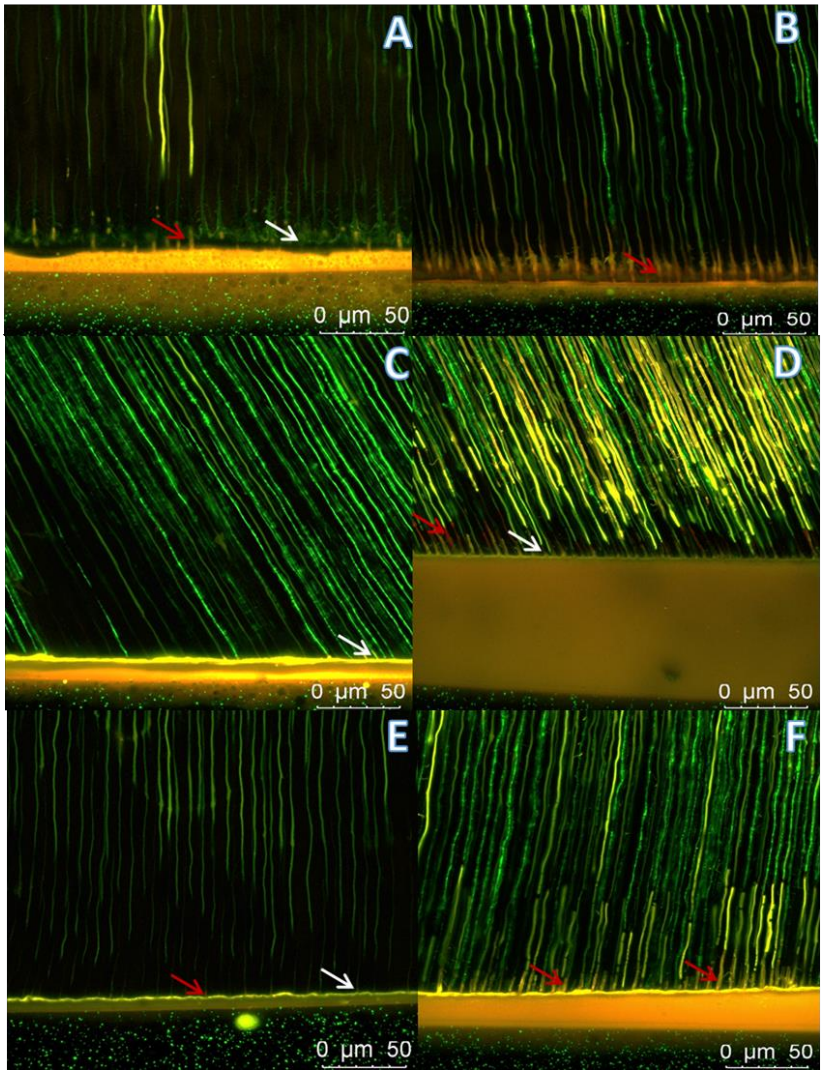

Figura 3 - Imagens da microscopia confocal dos grupos fotoativados por *polywave* (VALO Cordless). A (SB, convencional); B (SB, corrente); C (CL, convencional); D (CL, corrente); E (SU, convencional); F (SU, corrente). Seta branca indica zona de penetração de água na camada híbrida. Seta vermelha indica zona de impermeabilização com presença de *tags* resinosos

Para os grupos fotoativados com *monowave* (Figura 2), as duas formas de aplicação dos sistemas adesivos permitiram penetração de água na camada híbrida. Apenas algumas áreas de impermeabilização podem ser visualizadas. Porém, a zona de impermeabilização da camada híbrida ficou mais evidente nos sistemas adesivos aplicados com corrente elétrica. No grupo CL com aplicação convencional (Figura 2C), regiões com penetração de água na interface adesiva são observadas (seta branca),

as quais foram reduzidas pela aplicação da corrente elétrica (Figura 2D). Maior infiltração de água na camada híbrida (seta branca) é visualizada no grupo SU com aplicação convencional (Figura 2E), sendo reduzido com a corrente elétrica (Figura 2F).

Com a fotoativação através do *polywave* (Figura 3), o grupo SB (Figuras 3A e 3B) apresentou melhor zona de impermeabilização da camada híbrida quando comparado ao grupo fotoativado com *monowave* (Figuras 2A e 2B). Para o grupo CL, maiores *tags* resinosos foram observados quando o adesivo foi aplicado sob corrente elétrica, independentemente do fotopolimerizador utilizado (Figuras 2D e 3D). Para o grupo SU é possível observar uma maior zona de penetração de água na camada híbrida, porém com a fotoativação com *polywave* obteve-se uma zona de impermeabilização maior (Figuras 3E e 3F) em comparação ao grupo que foi fotoativado com *monowave* (Figuras 2E e 2F), principalmente com o uso da corrente elétrica, apresentando *tags* resinosos mais longos.

DISCUSSÃO

O presente estudo mostrou que a corrente elétrica aumentou a RU apenas do adesivo universal (SU) quando foi fotoativado pelo aparelho *monowave*, com irradiância média de 819mW/cm^2. Assim, as duas primeiras hipóteses foram aceitas, mas a terceira hipótese foi rejeitada, pois os diferentes sistemas adesivos isoladamente não influenciaram o resultado da RU.

A técnica de aplicação de adesivos sob corrente elétrica é capaz de alterar a disposição das partículas de carga dos adesivos, além de quebrar as pontes de hidrogênio presentes na superfície da dentina, aumentando a adesão dente-

restauração.[8,32,39] Entretanto, os resultados do presente estudo demonstraram que a aplicação da corrente elétrica melhorou a adesão apenas para o adesivo universal quando fotoativado pelo *monowave*. Poucos dados estão disponíveis para os adesivos universais em relação às propriedades de seus monômeros e mecanismo de união.[10] Os fabricantes não fornecem informações detalhadas sobre a concentração e pureza do MDP.[55]

Os sistemas adesivos CL e SU possuem a presença do monômero funcional 10-MDP. Já os adesivos SU e SB possuem a presença do copolímero do ácido poliacrílico. O 10-MDP auxilia na ligação do adesivo com a hidroxiapatita, aumentando a adesão pela formação de nanocamadas de adesivo resistentes a dissolução da água presente na própria dentina.[56] O copolímero do ácido poliacrílico também possui ligação química com as moléculas de cálcio presentes nos cristais de hidroxiapatita, formando um polímero com diversos grupos carboxílicos.[61,63]

Entretanto, o ácido copolímero e o 10-MDP podem disputar os sítios de ligação com o cálcio da hidroxiapatita.[64] Dessa forma, para o adesivo SU o copolímero pode evitar que o monômero funcional 10-MDP se aproxime da dentina, atrapalhando a interpenetração dos monômeros e sua ligação química no substrato dentinário. Isso ocorre durante a fotoativação do adesivo pelo fato do copolímero do ácido poliacrílico apresentar alto peso molecular.[35] É hipotetizado que, durante a fotoativação com *monowave*, a cadeia polimérica do adesivo universal não seja corretamente formada, diminuindo os valores de RU (Tabela 3). O alto peso molecular deixa o adesivo mais viscoso, comprometendo a capacidade de molhamento e velocidade da difusão de monômeros nas superfícies de substratos dentários, diminuindo a adesão de materiais restauradores resinosos à dentina.[8] Além disso, como os adesivos universais contêm uma mistura hidrófila e hidrófoba de monômeros, a água residual pode causar

separação de fases e formação de bolhas,[58] afetando negativamente a RU. Possivelmente, a corrente elétrica de 50μA, além de aumentar a energia de superfície da dentina e quebrar a tensão superficial do adesivo universal, foi capaz de suprir os problemas ocasionados pela fotoativação com *monowave*, pela condutância promovida pela iontoforese que impulsionou melhor os monômeros de alto peso molecular sobre o substrato dentinário. Isso proporcionou uma melhor penetração do adesivo na dentina, com redução na formação de bolhas, além de diminuir a penetração de água na camada híbrida (Figuras 3F), facilitando as interações químicas entre o adesivo e os cristais de hidroxiapatita, garantindo uma melhor RU (Tabela 3).

Apesar de ambos os LEDs testados serem compatíveis com o espectro do fotoiniciador CQ, o valor médio de irradiância mais baixo do *monowave* (819mW/cm^2) em relação ao *polywave* (1283mW/cm^2) pode ter interferido na conversão completa dos monômeros resinosos. Estudos clínicos randomizados[31,40] que avaliaram o adesivo SU preconizam a irradiação igual ou superior a 1000mW/cm^2 para uma completa polimerização. Dessa forma, uma polimerização inadequada (<1000mW/cm^2) forma uma camada superficial de adesivo com baixo pH, mal polimerizada pelo contato com o oxigênio e de incompatibilidade com a resina composta,[24] ocasionando uma deficiência na RU (Tabela 3).

Todos os adesivos utilizados neste estudo têm em sua composição a CQ (Tabela 2), porém os adesivos universais possuem uma concentração maior deste componente. Durante o processo de fotoativação, o pico de absorção da CQ diminuí à medida que a luz irradiada e a curva de absorção são deslocadas para o comprimento de onda de 400nm.[20] Apesar de ambos os LEDs testados serem compatíveis com o espectro do fotoiniciador CQ, *monowave* (Radii cal) libera

comprimento de onda único de 455nm, sendo sua irradiação não abrangente[4], quando comparado ao *polywave* (VALO Cordless), com espectro de luz entre 380 a 455nm.[15,49] Segundo alguns autores,[16,20] durante o processo de fotoativação, a porção tri-metil-norcampano da estrutura da CQ permanece inalterada, necessitando de um comprimento de onda mais curto. Assim, sugere-se que a luz emitida pelos LEDs de segunda geração, como o *monowave*, podem não excitar completamente a parte de tri-metil-norcampano da CQ, comprometendo a polimerização dos adesivos que contenham a CQ em altas concentrações (SU).

As matrizes resinosas podem reter quantidades diferentes de solventes de acordo com a polaridade dos monômeros.[14] A corrente elétrica propulsiona os monômeros polares presentes nos sistemas adesivos sobre a superfície dentinária.[8,39,53] Dessa forma, sistema adesivos com baixa quantidade de mômomeros polares sofrem menor influência da corrente elétrica. Além disso, a presença de água e solventes nos sistemas adesivos interferem no pico de absorção do fotoiniciador.[34] Ou seja, sistemas adesivos hidrófilos, com maior concentração de água, apresentam menor grau de conversão.[9] Assim, com os resultados do presente estudo, sugere-se que irradiações de maiores intensidades são necessárias para o adesivo SU, que são mais hidrófilos, para promover um melhor grau de conversão dos monômeros resinosos, aumentando a RU (Tabela 3). Para os adesivos SB e CL, que são menos hidrófilos que o SU, as irradiâncias aplicadas foram suficientes para garantir polimerização dos monômeros e RU semelhantes em análise imediata, independentemente da aplicação da corrente elétrica.

Vários estudos[18,23,44,51,62] relacionam a RU entre sistemas adesivos e substrato dentinário fotoativados com aparelhos fotopolimerizadores de diferentes irradiâncias. O alto nível de energia transmitida na fotoativação resulta em maior polimerização da

cadeia monomérica.[47] Pequenas mudanças no diâmetro da ponteira do aparelho interferem na irradiância, pois a irradiância é inversamente proporcional à área da ponteira.[3] Se a ponta não cobrir toda restauração, o processo da polimerização pode ser comprometido. O aparelho *monowave* utilizado (Radii cal) possui ponteira externa de menor diâmetro (11,65mm)[4] quando comparado ao equipamento *polywave* (VALO) (13,1mm).[4,51] Dessa forma, em restaurações extensas (>10mm) fotoativadas com *monowave*, há a necessidade de realizar várias fotoativações devido ao diâmetro da ponteira não cobrir totalmente as superfícies a serem restauradas.[4] No presente estudo a ponteira de ambos fotopolimerizadores foi mantida o mais próximo possível da superfície dentinária, cobrindo completamente a superfície a ser irradiada.

No presente estudo, a avaliação da irradiância foi realizada com um radiômetro. É importante ressaltar que o radiômetro não mensura o comprimento de onda específico, mas a soma a emissão irradiante de todos os comprimentos de onda emitidas pelo aparelho.[11] O radiômetro é um equipamento importante que o cirurgião-dentista deve utilizar no consultório para que os aparelhos LED tenham frequentemente a sua irradiância aferida. Dessa forma, possíveis manutenções periódicas devem ser realizadas para que o aparelho continue emitindo a irradiância informada pelo fabricante, polimerizando adequadamente os materiais resinosos.[51]

A microscopia confocal mostra que a técnica assistida por corrente elétrica melhora a infiltração dos monômeros na dentina (Figuras 2 e 3), mesmo que isso não tenha resultado em um aumento imediato da RU. A corrente elétrica formou uma camada híbrida homogênea, com eficiente infiltração dos monômeros resinosos e, consequentemente, *tags* resinosos mais longos. É importante que novos estudos avaliem a longevidade da RU dos sistemas adesivos aplicados sob corrente elétrica. Os estudos[22,59] que avaliaram esse fator, realizaram a termociclagem das amostras e

obtiveram resultados positivos para RU quando os sistemas adesivos foram aplicados sob corrente elétrica. Porém, todos os trabalhos que avaliaram a RU, imediata ou à longo prazo, não informam se a intensidade da corrente foi padronizada durante toda a aplicação do sistema adesivo.

A transmissão da corrente elétrica pelo substrato dentinário pode ser influenciada pela resistência elétrica da dentina.[19,30] Logo, é imprescindível que o aparelho emissor de corrente elétrica disponha de uma intensidade constante.[30] Esse é o primeiro estudo que utiliza um circuito eletrônico que fornece uma corrente contínua e constante, independentemente da resistência elétrica e impedância do dente e do sistema adesivo utilizado, padronizando a corrente elétrica em todo o substrato dentinário.

As divergências metodológicas dos estudos que utilizaram o dispositivo de corrente elétrica dificultam a comparação com os resultados obtidos no presente trabalho. O presente estudo foi o único trabalho a comprar três diferentes sistemas adesivos sob a influência de uma corrente elétrica contínua e padronizada. O presente estudo obteve resultado positivo na impregnação dos monômeros aplicados com corrente elétrica sobre o substrato dentinário. E, apesar da corrente elétrica proporcionar aumento da RU apenas do adesivo SU, ressalta-se que tais resultados foram obtidos de análises imediatas. Por isso ressalta-se a importância de que novos estudos sejam realizados para avaliar os efeitos da corrente elétrica sobre a resistência da união a longo prazo

CONCLUSÃO

Este foi o primeiro estudo laboratorial que padronizou a corrente elétrica durante a aplicação de sistemas adesivos sobre o substrato dentinário. Em todas as análises de microscopia confocal foi possível observar a formação de tags resinosos mais longos quando do uso da técnica de iontoforese na aplicação dos sistemas adesivos. Porém, na análise imediata da RU, apenas quando da utilização do fotopolimerizador *monowave* a corrente se mostrou efetiva para RU do adesivo SU. Portanto, devem ser realizados novos estudos que avaliem a RU dos diferentes adesivos utilizados a longo prazo.

REFERÊNCIAS

1. Ahn J, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of additional etching and ethanol-wet bonding on the dentin bond strength of one-step self-etch adhesives. Restor Dent Endod 2015;40:68-74.

2. Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? Compendium of Continuing Education in Dentistry 2015;36:15-26.

3. AlShaafi MM, Harlow JE, Price HL, Rueggeberg FA, Labrie D, AlQahtani MQ, Price RB. Emission characteristics and effect of battery drain in ‘‘budget’’ curing lights. Operative Dentistry 2016;41:397-408.

4. André CB, Nima G, Sebold M, Giannini M, Price RB. Stability of the Light Output, Oral Cavity Tip Accessibility in Posterior Region and Emission Spectrum of Light-Curing Units. Oper Dent. 2018;43:398-407.

5. Black J. Electromigration - A brief survey and some recent results. Electron Devices, IEEE Transactions 1969;16:338–347.

6. Breschi M, Fabiani D, Sandrolini L, Colonna M, Sisti L, Vannini M, Mazzoni A, Ruggeri A, Pashley DH, Breschi L. Electrical properties of resin monomers used in restorative dentistry. Dent Mater 2012;28:1024-1031.

7. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjäderhane L, Ruggeri A Jr, Tay FR, Dorigo Ede S, Pashley DH. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study. Dent Mater 2010;26:320-325.

8. Breschi L, Mazzoni A, Pashley DH, Pasquantonio G, Ruggeri A, Suppa P, Mazzotti G, Di Lenarda R, Tay FR. Electric-current-assisted application of self-etch adhesives to dentin. J Dent Res 2006;85:1092-1096.

9. Cadenaro M, Antoniolli F, Codan B, Agee K, Tay FR, Dorigo ED, Pashley DH, Breschi L. Influence of different initiators on the degree of conversion of experimental adhesive blends in relation to their hydrophilicity and solvent contente. Dent Mat 2010;26:288-294.

10. Cardenas AM, Siqueira F, Rocha,J, Szesz,AL, Anwar M, El-Askary F, Reis A, Loguercio A. Influence of Conditioning Time of Universal Adhesives on Adhesive Properties and Enamel-Etching Pattern. Oper. Dent. 2016;41:481-490.

11. Cardoso KA, Zarpellon DC, Madruga CF, Rodrigues JA, Arrais CA. Effects of radiant exposure values using second and third generation light curing units on the degree of conversion of a lucirin-based resin composite. J Appl Oral Sci 2017;25:140-146.

12. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldeli S, Tay FR, Pashley DH, Tjäderhane L. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. J Dent Res 2007;86:90-94.

13. Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Carvalho RM, Hosaka K, Reis A, Loguercio AD, Pashley DH. Membrane permeability properties of dental adhesive films. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009;88:312-320.

14. Carvalho CN, Lanza MDS, Dourado LG, Carvalho EM, Bauer J. Impact of Solvent Evaporation and Curing Protocol on Degree of Conversion of Etch-and-Rinse and Multimode Adhesives Systems. Int J Dent. 2019;2019:5496784.

15. Chen Y, Yao C, Huang C, Wang Y. The effect of monowave and polywave light-polymerization units on the adhesion of resin cements to zirconia.J Prosthet Dent. 2019;121:549.e1-549.e7.

16. Chen YC, Ferracane JL, Prahl AS. Quantum yield of conversion of the photoinitiator camphorquinone Dental Materials 2007;23:655-664.

17. Chen C, Niu LN, Xie H, Zhang ZY, Zhou LQ, Jiao K, Chen JH, Pashley DH, Tay FR. Bonding of universal adhesives to dentine - Old wine in new bottles? J Dent 2015;43:525-536.

18. Corciolani G, Vichi A, Davidson CL, Ferrari M. The influence of tip geometry and distance on light-curing efficacy. Oper Dent 2008;33:325–331.

19. Eldarrat A, High A, Kale GM. Age-related changes in cyclic voltammetry and potentiodynamic studies of normal human dentine. J Mater Sci Mater Med 2003;14:979–984.

20. Faria-e-Silva AL, Lima AF, Moraes RR, Piva E, Martins LR. Degree of conversion of etch-and-rinse and self-etch adhesives light-cured using QTH or LED. Oper Dent. 2010;35:649-654.

21. Fujiwara S, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Imai A, Watanabe H, Erickson RL, Latta MA, Nakatsuka T, Miyazaki M. Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems. J Mech Behav Biomed Mater 2018;77:501-509.

22. Gharizadeh N, Kaviani A, Nik S. Effect of Using Electric Current during Dentin Bonding Agent Application on Microleakage under Simulated Pulpal Pressure Condition. Dent Res J (Isfahan) 2010;7:23-27

23. Guiraldo RD, Consani S, Consani RLX, Fugolin APP. Evaluation of the power density and the light spectrum of light from light-curing units used in dental clinics. Cienc Odontol Bras 2008;11:86-90.

24. Hanabusa M, Mine A, Kuboki T, Momoi Y, Van Ende A, Van Meerbeek B, De Munck J. Bonding effectiveness of a new 'multi-mode' adhesive to enamel and dentine. J Dent. 2012;40:475-584.

25. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. J Dent Res 2005;84:741-746.

26. Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, Waller JL, Pashley DH. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. J Adhes Dent 2005;7:133-141.

27. Karadas M, Çağlar İ. The effect of Er:YAG laser irradiation on the bond stability of self-etch adhesives at different dentin depths. Lasers Med Sci 2017;32:967-974.

28. Kim Y, Kim S, Jeong T, Son SA, Kim J. Effects of Additional Acid Etching on the Dentin Bond Strengths of One-Step Self-Etch Adhesives Applied to Primary Teeth. J Esthet Restor Dent 2017;29:110-117.

29. King NM, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett WW, García-Godoy F, Sunico M. Conversion of one-step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy and extended application. Am J Dent 2005;18:126-134.

30. Krizaj D, Jan J, Valencic, V. Modeling AC current conduction through a human tooth. Bioelectromagnetics 2004;25:185–195.

31. Loguercio AD, de Paula EA, Hass V, Luque-Martinez I, Reis A, Perdigão J. A new universal simplified adhesive: 36-Month randomized double-blind clinical trial. J Dent. 2015;43:1083-1092.

32. Mazzoni A, Visintini E, Vita F, Pasquantonio G, Saboia VP, Ruggeri A Jr, Di Lenarda R, Dorigo E, Breschi L. ElectroBond improves immediate dentin microtensile bond strength of two etch-and-rinseadhesives. J Adhes Dent 2009; 11:27-33.

33. Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. J Dent 2014;42:129-139.

34. Moss L, Rueggeberg FA, Stansbury JW. Effect of solvent type on absorption profile of camphoroquinone. Journal of Dental Research 2002;81: Abstract #1969 1255.

35. Muñoz MA, Luque I, Hass V, Reis A, Loguercio AD, Bombarda NHC. Immediate bonding properties of universal adhesives to dentine. Journal of dentistry 2013;41:404-411.

36. Nakabayashi N, Nakamura M, Yasuda N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. J Esthet Dent 1991;3:133-138.

37. Nakaoki Y, Sasakawa W, Horiuchi S, Nagano F, Ikeda T, Tanaka T, Inoue S, Uno S, Sano H, Sidhu SK. Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. J Dent 2005;33:765-772.

38. Pasquantonio G, Breschi L, Petrone A. A method and device for preparing the hard structures of teeth for the application of dental restorative materials. US Patent 2003.

39. Pasquantonio G, Tay FR, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri A Jr, Falconi M, Di Lenarda R, BreschiLElectric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. Dent Mater 2007;23:513-518.

40. Perdigão J, Kose C, Mena-Serrano AP, De Paula EA, Tay LY, Reis A, Loguercio AD. A new universal simplified adhesive: 18-month clinical evaluation. Oper Dent. 2014;39:113-127.

41. Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. Am J Dent. 2012;25:153-158.

42. Pethig R. Dielectric Properties of Body Tissues. Clin Phys Physiol Meas 1987;(Suppl A):5-12.

43. Porto ICCM, Nascimento TG, Oliveira JMS, Freitas PH, Haimeur A, França R. Use of polyphenols as a strategy to prevent bond degradation in the dentin-resin interface. Eur J Oral Sci 2018;126:146-158.

44. Price RB, Labrie D, Kazmi S, Fahey J, Felix CM. Intra- and inter-brand accuracy of four dental radiometers. Clin Oral Investig 2012;16:707-717.

45. Price RB, Rueggeberg FA, Labrie D, Felix CM. Irradiance uniformity and distribution from dental light curing units Journal of Esthetic and Restorative Dentistry 2010;22:86-101.

46. Rosales JI, Marshall GW, Marshall SJ, Watanabe LG, Toledano M, Cabrerizo MA et al. Acid-etching and hydration influence on dentin roughness and wettability. J Dent Res 1999;78:1554-1559.

47. Samimi P, Ghodrati M, Shirban F, Khoroushi M. Comparison of the Dentin Bond Strength of Two Self Etch Adhesives After Prolonged Air-Dryingand Additional Light-Curing. J Dent (Tehran) 2017;14:292-298.

48. Sano H, Yoshiyama M, Ebisu S, Burrow MF, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, Pashley DH. Comparative SEM and TEM observations of nanoleakage within the hybrid layer. Oper dent 1994;20:160-167.

49. Shimokawa C, Sullivan B, Turbino ML, Soares CJ, Price RB. Influence of Emission Spectrum and Irradiance on Light Curing of Resin-Based Composites. Oper Dent. 2017;42:537-547.

50. Shimokawa CA, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl 2016;69:1036-1042.

51. Soares CJ, Rodrigues MP, Oliveira LRS, Braga SSL, Barcelos LM, Silva GRD, Giannini M, Price RB. An Evaluation of the Light Output from 22 Contemporary Light Curing Units. Braz Dent J 2017;28:362-371.

52. Sword RJ, Sword JJ, Brackett WW, Tay FR, Pashley DH, García-Godoy F. New method of measuring water permeability of adhesive resin films. Am J Dent 2011;24:20-24.

53. Toledano M, Mazzoni A, Monticelli F, Breschi L, Osorio E, Osorio R. ElectroBond application may improve wetting characteristics of etched dentine. J Dent 2011;39:180-186.

54. Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldeli S, Tezvergil-Mutluay A, Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix me alloproteinasesand cysteine cathepsins. Dent Mater 2013; 29:116-135.

55. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Watanabe H, Johnson WW, Latta MA, Miyazaki M. Comparison between universal adhesives and two-step self-etch adhesives in terms of dentin bond fatigue durability in self-etch mode. Eur J Oral Sci 2017;125:215-222.

56. Tsuchiya K, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsubota K, Tsujimoto A, Berry TP, Erickson RL, Latta MA, Miyazaki M. Effect of a functional monomer (MDP) on the

enamel bond durability of single-step self-etch adhesives. Eur J Oral Sci 2016;124:96–102.

57. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. Dent Mater 2006;22:533-544.

58. Vermelho P, Reis A, Ambrosano G, Giannini M. Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage. Clin Oral Investig 2017; 21:1707–1715

59. Visintini E, Mazzoni A, Vita F, Pasquantonio G, Cadenaro M, Di Lenarda R, Breschi L. Effects of thermocycling and use of ElectroBond on microtensile strength and nanoleakage using commercial one-step self-etch adhesives. Eur J Oral Sci 2008;116:564-570.

60. Wagner A, Wendler M, Petschelt A, Belli R. Lohbauer, U. Bonding performance of universal adhesives in different etching modes. Journal of dentistry 2014;42:800-807.

61. Wang R, Shi Y, Li T, Pan Y, Cui Y, Xia W. Adhesive interfacial characteristics and the related bonding performance of four self-etching adhesives with different functional monomers applied to dentin. J Dent 2017;62:72-80.

62. Wegehaupt FJ, Lunghi N, Belibasakis GN, Attin T. Influence of light-curing distance on degree of conversion and cytotoxicity of etch-and-rinse and self-etch adhesives. BMC Oral Health 2016;7;17:12.

63. Yoshida Y, Inoue S. Chemical analyses in dental adhesive technology, Jpn Dent Sci 2012;141-152.

64. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A, Meerbeek BV. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. J Dent Res 2012;91:376-381.

3. CONCLUSÕES

A partir da revisão sistematizada descrita no capítulo A, foi possível observar que ainda são poucos os estudos que avaliam a aplicação da corrente elétrica na indução de materiais resinosos no substrato dentinário. E, apesar dos bons resultados na RU, ainda existe uma falta de padronização da intensidade da corrente aplicada. A irradiância aplicada não é igualmente transmitida em todo substrato devido a vários fatores, desde a espessura da dentina e a presença de água e solutos, à presença da *smear layer*.

Com o estudo laboratorial descrito no capítulo B, foram aplicados em diferentes sistemas adesivos uma corrente elétrica contínua e padronizada. Os dados obtidos sugerem resultados positivos em análise imediata da RU quando do uso do dispositivo de corrente elétrica foi utilizado, principalmente para os sistemas adesivos mais hidrófilos fotoativados com *monowave*.

De acordo com os resultados e análises desta tese, ressalta-se a importância de que novos estudos sejam realizados, principalmente com observações a longo prazo. Os efeitos na RU da técnica de indução dos sistemas adesivos com corrente elétrica precisam ser avaliados em diferentes sistemas adesivos, correlacionando os mesmos com os valores de irradiâncias.

REFERÊNCIAS

1. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, Osaka A, Meerbeek BV. Self-assembled Nano-layering at the Adhesive interface. J Dent Res 2012a; 91: 376-381.

2. Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hanabusa M, Matsumoto T, Momoi Y. X-ray diffraction analysis of three-dimensional self-reinforcing monomer and its chemical interaction with tooth and hydroxyapatite. Dent Mater J 2012b; 31: 697-702.

3. Hanabusa M, Yoshihara K, Yoshida Y, Okihara T, Yamamoto T, Momoi Y, Van Meerbeek B. Interference of functional monomers with polymerization efficiency of adhesives. Eur J Oral Sci 2016; 124: 204-209.

4. Toledano M, Mazzoni A, Monticelli F, Breschi L, Osorio E, Osorio R. ElectroBond application may improve wetting characteristics of etched dentine. J Dent 2011; 39: 180-186.

5. Vaidyanathan TK, Vaidyanathan J. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: a critical review. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009; 88: 558-578.

6. Breschi M, Fabiani D, Sandrolini L, Colonna M, Sisti L, Vannini M, Mazzoni A, Ruggeri A, Pashley DH, Breschi L. Electrical properties of resin monomers used in restorative dentistry. Dent Mater 2012; 28: 1024-1031.

7. Karadas M, Çağlar İ. The effect of Er:YAG laser irradiation on the bond stability of self-etch adhesives at different dentin depths. Lasers Med Sci 2017; 32: 967-974.

8. Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Carvalho RM, Hosaka K, Reis A, Loguercio AD, Pashley DH. Membrane permeability properties of dental adhesive films. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2009; 88: 312-320.

9. Sword RJ, Sword JJ, Brackett WW, Tay FR, Pashley DH, García-Godoy F. New method of measuring water permeability of adhesive resin films. Am J Dent 2011; 24: 20-24.

10. Tjäderhane L, Nascimento FD, Breschi L, Mazzoni A, Tersariol IL, Geraldeli S, Tezvergil-Mutluay A, Carrilho MR, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix me alloproteinasesand cysteine cathepsins. Dent Mater 2013; 29:116-135.

11. Ahn J, Jung KH, Son SA, Hur B, Kwon YH, Park JK. Effect of additional etching and ethanol-wet bonding on the dentin bond strength of one-step self-etch adhesives. Restor Dent Endod 2015; 40: 68-74.

12. Kim Y, Kim S, Jeong T, Son SA, Kim J. Effects of Additional Acid Etching on the Dentin Bond Strengths of One-Step Self-Etch Adhesives Applied to Primary Teeth. J Esthet Restor Dent 2017; 29: 110-117.

13. King NM, Tay FR, Pashley DH, Hashimoto M, Ito S, Brackett WW, García-Godoy F, Sunico M. Conversion of one-step to two-step self-etch adhesives for improved efficacy and extended application. Am J Dent 2005; 18: 126-134.

14. Van Landuyt KL, Peumans M, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Extension of a one-step self-etch adhesive into a multi-step adhesive. Dent Mater 2006; 22: 533-544.

15. Ito S, Tay FR, Hashimoto M, Yoshiyama M, Saito T, Brackett WW, Waller JL, Pashley DH. Effects of multiple coatings of two all-in-one adhesives on dentin bonding. J Adhes Dent 2005; 7: 133-141.

16. Nakaoki Y, Sasakawa W, Horiuchi S, Nagano F, Ikeda T, Tanaka T, Inoue S, Uno S, Sano H, Sidhu SK. Effect of double-application of all-in-one adhesives on dentin bonding. J Dent 2005; 33: 765-772.

17. Fujiwara S, Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Imai A, Watanabe H, Erickson RL, Latta MA, Nakatsuka T, Miyazaki M. Effect of double-layer application on bond quality of adhesive systems. J Mech Behav Biomed Mater 2018; 77: 501-509.

18. Osorio R, Erhardt MC, Pimenta LA, Osorio E, Toledano M. EDTA treatment improves resin-dentin bonds' resistance to degradation. J Dent Res 2005;84:736-40.

19. Singh S, Nagpal R, Tyagi SP, Manuja N. Effect of EDTA Conditioning and Carbodiimide Pretreatment on the Bonding Performance of All-in-One Self-Etch Adhesives. Int J Dent 2015; 2015: 141890.

20. Martini EC, Parreiras SO, Gutierrez MF, Loguercio AD, Reis A. Effect of Different Protocols in Preconditioning With EDTA in Sclerotic Dentin and Enamel Before Universal Adhesives Applied in Self-etch Mode. Oper Dent 2017; 42: 284-296.

21. Hebling J, Pashley DH, Tjäderhane L, Tay FR. Chlorhexidine arrests subclinical degradation of dentin hybrid layers in vivo. J Dent Res 2005; 84: 741-746.

22. Carrilho MR, Carvalho RM, de Goes MF, di Hipólito V, Geraldeli S, Tay FR, Pashley DH, Tjäderhane L. Chlorhexidine preserves dentin bond in vitro. J Dent Res 2007; 86: 90-94.

23. Breschi L, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Visintini E, Tjäderhane L, Ruggeri A Jr, Tay FR, Dorigo Ede S, Pashley DH. Chlorhexidine stabilizes the adhesive interface: a 2-year in vitro study. Dent Mater 2010a; 26: 320-325.

24. Porto ICCM, Nascimento TG, Oliveira JMS, Freitas PH, Haimeur A, França R. Use of polyphenols as a strategy to prevent bond degradation in the dentin-resin interface. Eur J Oral Sci 2018; 126: 146-158.

25. Tezvergil-Mutluay A, Agee KA, Uchiyama T, Imazato S, Mutluay MM, Cadenaro M, Breschi L, Nishitani Y, Tay FR, Pashley DH. The inhibitory effects of quaternary ammonium methacrylates on soluble and matrix-bound MMPs. J Dent Res 2011a; 90: 535–540.

26. Daood D, Yiu CKY, Burrow MF, Niu LN, Tay FR. Effect of a novel quaternary ammonium silane cavity disinfectant on durability of resin-dentine bond. J Dent 2017; 60: 77-86.

27. Breschi L, Martin P, Mazzoni A, Nato F, Carrilho M, Tjäderhane L, Visintini E, Cadenaro M, Tay FR, De Stefano Dorigo E, Pashley DH. Use of a specific MMP-inhibitor (galardin) for preservation of hybrid layer. Dent Mater 2010b; 26: 571–578.

28. Tezvergil-Mutluay A, Mutluay MM, Gu LS, Zhang K, Agee KA, Carvalho RM, Manso A, Carrilho M, Tay FR, Breschi L, Suh BI, Pashley DH. The anti-MMP activity of benzalkonium chloride. J Dent 2011b; 39: 57–64.

29. Pasquantonio G, Breschi L, Petrone A. A method and device for preparing the hard structures of teeth for the application of dental restorative materials. US Patent 2003; 6.

30. Breschi L, Mazzoni A, Pashley DH, Pasquantonio G, Ruggeri A, Suppa P, Mazzotti G, Di Lenarda R, Tay FR. Electric-current-assisted application of self-etch adhesives to dentin. J Dent Res 2006; 85: 1092-1096.

31. Pasquantonio G, Tay FR, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri A Jr, Falconi M, Di Lenarda R, BreschiL. Electric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. Dent Mater 2007; 23: 513-518.

32. Visintini E, Mazzoni A, Vita F, Pasquantonio G, Cadenaro M, Di Lenarda R, Breschi L. Effects of thermocycling and use of ElectroBond on microtensile strength and nanoleakage using commercial one-step self-etch adhesives. Eur J Oral Sci 2008; 116: 564-570.

33. Mazzoni A, Visintini E, Vita F, Pasquantonio G, Saboia VP, Ruggeri A Jr, Di Lenarda R, Dorigo E, Breschi L. ElectroBond improves immediate dentin microtensile bond strength of two etch-and-rinseadhesives. J Adhes Dent 2009; 11: 27-33.

34. Gharizadeh N, Kaviani A, Nik S. Effect of Using Electric Current during Dentin Bonding Agent Application on Microleakage under Simulated Pulpal Pressure Condition. Dent Res J (Isfahan) 2010; 7: 23-27.

35. Breschi M, Fabiani D, Sandrolini L, Colonna M, Sisti L, Vannini M, Mazzoni A, Ruggeri A, Pashley DH, Breschi L. Electrical properties of resin monomers used in restorative dentistry. Dent Mater 2012; 28: 1024-31.

36. Chen H, Fu D, Yang H, Liu Y, Huang Y, Huang C. Optimization of direct currents to enhance dentine bonding of simplified one-step adhesive. Eur J Oral Sci 2014; 122: 286-292.

37. Price RB, Ferracane JL, Shortall AC. Light-Curing Units: A Review of What We Need to Know. J Dent Res. 2015; 94: 1179-1186.

38. Morimoto S, Zanini RA, Meira JB, Agra CM, Calheiros FC, Nagase DY. Influence of physical assessment of different light-curing units on irradiance and composite microhardness top/bottom ratio. Odontology. 2016; 104: 298-304.

39. Michaud PL, Price RB, Labrie D, Rueggeberg FA, Sullivan B. Localised irradiance distribution found in dental light curing units. J Dent 2014; 42: 129-139.

40. Wegehaupt FJ, Lunghi N, Belibasakis GN, Attin T. Influence of light-curing distance on degree of conversion and cytotoxicity of etch-and-rinse and self-etch adhesives. BMC Oral Health. 2016; 17: 12.

41. Soares CJ, Rodrigues MP, Oliveira LRS, Braga SSL, Barcelos LM, Silva GRD, Giannini M, Price RB. An Evaluation of the Light Output from 22 Contemporary Light Curing Units. Braz Dent J 2017; 28: 362-371.

42. Shimokawa CA, Turbino ML, Harlow JE, Price HL, Price RB. Light output from six battery operated dental curing lights. Mater Sci Eng C Mater Biol Appl. 2016; 69: 1036-1042.

APÊNDICE

Materiais e Preparação das Amostras

A Figura 1 demonstra os dentes submetidos a cortes perpendiculares ao longo eixo do dente, como citado no capítulo B desta tese.

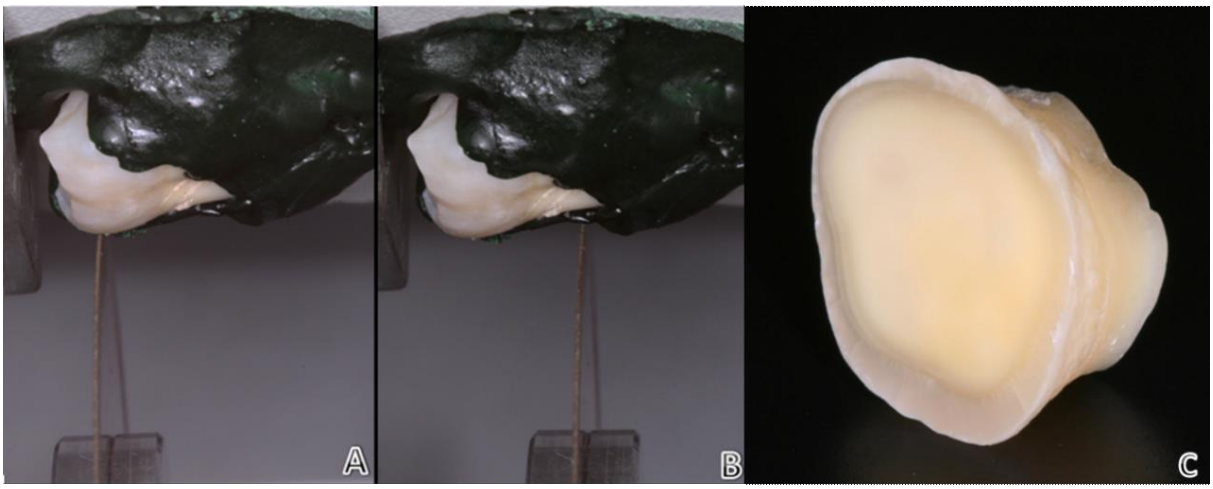

Figura 1 - A; Disco diamantado posicionado no terço oclusal para o corte da porção coronária. B; Disco posicionado abaixo da junção cemento/esmalte para remoção da porção radicular. C; Amostra cortada

A Tabela 1 descreve os fotoativadores utilizados e suas especificações dadas pelo fabricante. Os valores de irradiância estão dispostos nos Apêndices B e C.

Tabela 1 - Aparelhos fotoativadores utilizados (Denominação-marca, fabricante, número de série, classificação do diodo, diâmetro das ponteiras e fonte de energia).

Marca	Série	Classificação	Diâmetros das ponteiras	Recurso de energia
Polywave (VALO Cordless)	K15192	Picos múltiplos	Externo 13.10 Interno 9.4	Bateria recarregável (3.2 V, 750 mAh)
Monowave (Radii cal)	67174	Pico único	Externo 11.65 Interno 6.92	Bateria recarregável (7,4 V, 1550 mAh)

A aplicação dos sistemas adesivos ocorreu substituindo a utilização do aplicador *microbrush* por uma pequena porção de algodão estéril em formato esférico. As pontas aplicadoras de algodão foram trocadas a cada amostra e os dentes tiveram sua resistência elétrica medida individualmente por meio de um multímetro digital, com a corrente elétrica padronizada em 50μA. Cada amostra foi fixada a uma esponja umedecida para simular as condições de umidade periodontais, que também estava acoplada ao circuito elétrico.

O tempo de aplicação dos adesivos com a corrente elétrica foi de 10s (Pasquantonio et al., 2007; Mazzoni et al., 2009). A fotoativação dos adesivos foi realizada por 10s, independente do aparelho fotopolimerizador aplicado. Ambos fotopolimerizadores tiveram sua irradiância mensurada, antes e após cada fotoativação, pelo radiômetro RD-7 (ECEL Indústria e Comércio LTDA, Ribeirão, Sao Paulo, Brasil).

Após selamento dentinário as amostras foram restauradas com 3 incrementos (2mm) do compósito restaurador Filtek Z350 XT (3M ESPE) (Figura 2). As amostras foram cortadas em palitos após 24 horas (Figura 3).

Figura 2 - Amostra com restauração confeccionada em resina composta

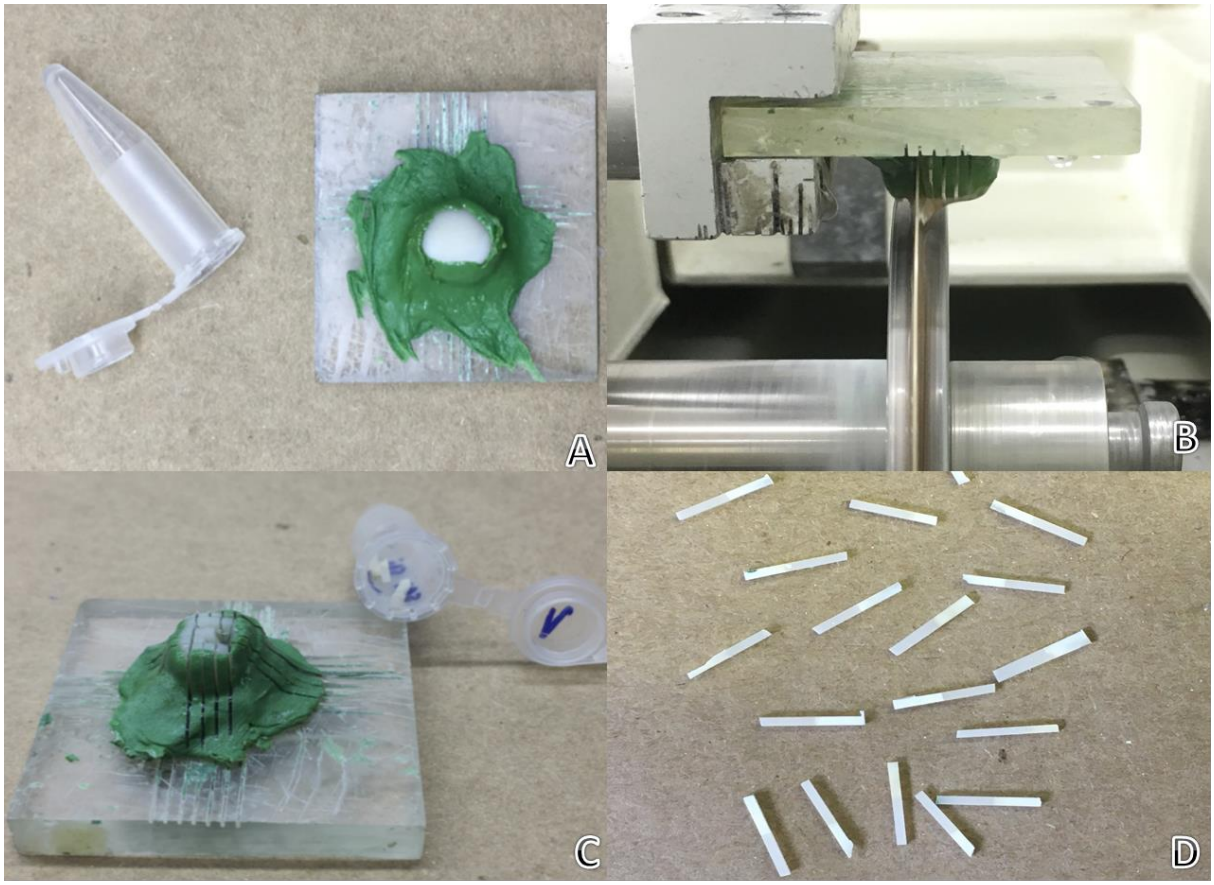

Figura 3 - A; amostra fixada em placa de acrílico com auxílio de godiva. B; placa posicionada no braço da cortadora metalográfica. C; amostra com cortes perpendiculares. D; corpos-de-prova (palitos) com aproximadamente 1mm^2 de espessura

Ensaio de Resistência da União à Microtração

Para fixação das amostras ao porta-amostra foi utilizado adesivo à base de cianoacrilato gel ZAP PT-26 (ZAP and Desing, Rancho Cucamonga, CA, Taiwan) e catalisador ZIP KICKER (ZAP CA Acelerator, Rancho Cucamonga, CA, Taiwan) (Figura 4) em uma máquina para ensaios universal (Figura 5).

Figura 4 - A; cola (gel) à base de cianoacrilato e catalisador. B; palitos fixados no dispositivo metálico da máquina de ensaios universal

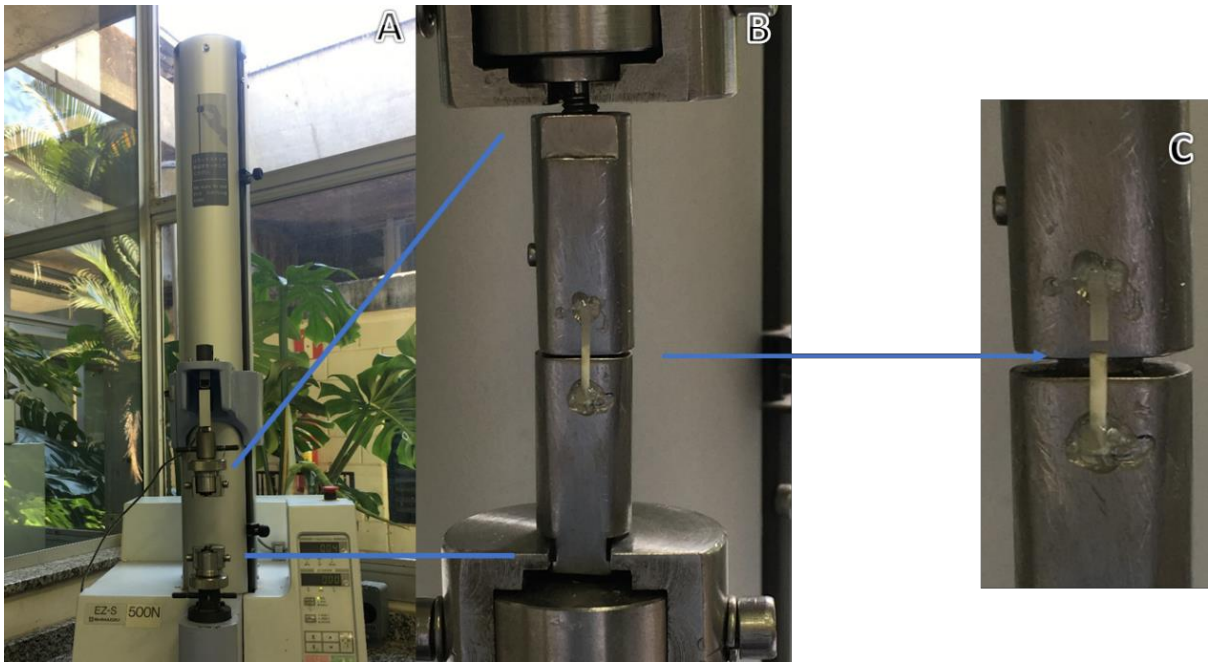

Figura 5 - A; máquina de ensaio universal (EZ test, Shimadzu). B; corpo-de-prova posicionado para o ensaio de microtração. C; palito fraturado após realização do teste.

Após fratura a área adesiva dos palitos foi medida em mm^2 com um paquímetro digital (King Tools 150mm/6”; São Paulo, SP, Brasil). A tensão necessária para causar a ruptura dos espécimes foi determinada pela fórmula:

$$\frac{\text{Força (N) para fratura do palito}}{\text{Área da interface adesiva do palito}} = \text{Valor de resistência de união em Mega Pascal (MPa).}$$

Análise estatística

Os resultados de resistência à microtração foram avaliados quanto à normalidade pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Como os dados apresentaram distribuição normal, o teste estatístico aplicado foi o ANOVA 3 fatores (adesivo, aplicação e irradiância), complementado pelo teste de Tukey post-hoc, com nível de significância de 5%. Os quadros abaixo demonstram os resultados da interação tripla.

GRUPOS	Mens. 1	Mens. 2	Mens. 3	Mens. 4	Mens. 5	Mens. 6	Mens. 7	Mens.
SBcR	758	789	811	833	703	815	840	844
CLcR	822	825	843	838	837	820	840	840
SUcR	824	832	829	835	834	828	850	785
SBtR	815	817	824	820	818	812	845	824
CLtR	831	829	818	823	828	820	819	828
SUtR	810	829	837	825	832	835	809	807
SBcV	1258	1270	1270	1270	1270	1276	1300	1294
CLcV	1280	1294	1280	1288	1274	1285	1238	1294
SUcV	1280	1280	1247	1289	1280	1294	1291	1294
SBtV	1312	1312	1312	1257	1257	1270	1294	1229
CLtV	1325	1270	1312	1258	1294	1260	1319	1314
SUtV	1328	1260	1294	1305	1314	1273	1274	1320

QUADRO 1 - Mensurações da irradiância previamente às fotoativações dos sistemas adesivos (**Verde - grupos submetidos ao ensaio de microtração. Vermelho - grupos submetidos a análise em confocal)**

SBcR	Mens. 1	Mens. 2	Mens. 3		SBtR	Mens. 1	Mens. 2	Mens. 3		SBcV	Mens. 1	Mens. 2	Mens. 3		SBtV	Mens. 1	Mens. 2	Mens. 3
amostra 1	792	800	789		amostra 1	818	791	825		amostra 1	1257	1274	1265		amostra 1	1221	1314	1286
amostra 2	805	764	828		amostra 2	825	796	818		amostra 2	1273	1285	1270		amostra 2	1266	1312	1299
amostra 3	822	790	834		amostra 3	818	821	818		amostra 3	1277	1277	1270		amostra 3	1299	1306	1300
amostra 4	818	826	753		amostra 4	818	818	820		amostra 4	1266	1274	1280		amostra 4	1299	1273	1306
amostra 5	829	805	833		amostra 5	791	815	823		amostra 5	1286	1273	1280		amostra 5	1306	1302	1305
amostra 6	838	800	792		amostra 6	823	809	815		amostra 6	1274	1291	1276		amostra 6	1305	1306	1325
amostra 7	844				amostra 7	835				amostra 7	1294				amostra 7	1238		
amostra 8	830				amostra 8	824				amostra 8	1238				amostra 8	1270		
CLcR					CLtR					CLcV					CLtV			
amostra 1	824	829	829		amostra 1	830	802	822		amostra 1	1273	1279	1280		amostra 1	1311	1280	1274
amostra 2	832	831	838		amostra 2	825	818	820		amostra 2	1288	1297	1277		amostra 2	1299	1312	1305
amostra 3	834	838	830		amostra 3	820	797	825		amostra 3	1282	1279	1280		amostra 3	1305	1265	1297
amostra 4	837	837	833		amostra 4	825	805	800		amostra 4	1276	1286	1277		amostra 4	1314	1325	1294
amostra 5	824	826	838		amostra 5	800	807	828		amostra 5	1297	1280	1276		amostra 5	1297	1286	1314
amostra 6	831	837	836		amostra 6	828	815	814		amostra 6	1279	1285	1297		amostra 6	1314	1306	1306
amostra 7	840				amostra 7	832				amostra 7	1294				amostra 7	1294		
amostra 8	845				amostra 8	843				amostra 8	1299				amostra 8	1216		
SUcR					SUtR					SUcV					SUtV			
amostra 1	834	835	830		amostra 1	840	830	836		amostra 1	1280	1280	1277		amostra 1	1312	1309	1319
amostra 2	838	839	826		amostra 2	836	831	828		amostra 2	1265	1247	1294		amostra 2	1319	1312	1305
amostra 3	839	817	837		amostra 3	828	830	830		amostra 3	1294	1273	1277		amostra 3	1305	1270	1273
amostra 4	835	839	830		amostra 4	830	825	830		amostra 4	1283	1276	1289		amostra 4	1273	1322	1300
amostra 5	838	839	837		amostra 5	834	830	834		amostra 5	1302	1280	1280		amostra 5	1300	1299	1286
amostra 6	830	824	817		amostra 6	828	834	828		amostra 6	1270	1296	1276		amostra 6	1319	1314	1306
amostra 7	785				amostra 7	837				amostra 7	1302				amostra 7	1273		
amostra 8	828				amostra 8	832				amostra 8	1300				amostra 8	1297		

QUADRO 2 - Mensurações prévias às fotoativações dos incrementos de resina. **Verde - grupos submetidos a ensaio de microtração (três incrementos de resina). Vermelho - grupos submetidos a análise em confocal (um incremento de resina)**

- Tamanho: t teste uma amostra -

	Valores
Média estimada da amostra =	32.3300
Desvio padrão =	5.2100
Média da população =	38.3600
Poder do teste =	0.9000
Nível alfa =	0.0500
Tamanho da amostra (teste unilateral) =	6

Kolmogorov-Smirnov (K-S)

	- 1 -
Tamanho da amostra =	72
Desvio máximo =	0.1042
Valor crítico unilateral (0.05) =	0.1438
Valor crítico unilateral (0.01) =	0.1791
p(valor) unilateral	ns
Valor crítico bilateral (0.05) =	0.1603
Valor crítico bilateral (0.01) =	0.1921
p(valor) bilateral	ns

Univariate Tests of Significance for RU (Spreadsheet1)
Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	112925.7	1	112925.7	3455.186	0.000000
Adesivos	126.3	2	63.2	1.933	0.153647
Foto	1283.8	1	1283.8	39.281	0.000000
Aplicação	234.4	1	234.4	7.172	0.009540
Adesivos*Foto	391.5	2	195.7	5.989	0.004252
Adesivos*Aplicação	249.7	2	124.9	3.821	0.027424
Foto*Aplicação	172.1	1	172.1	5.267	0.025245
Adesivos*Foto*Aplicação	372.4	2	186.2	5.697	0.005430
Error	1961.0	60	32.7		

Tukey HSD test; variable RU (Dados)
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = 32,683, df = 60,000

Cell No.	Adesivos	Foto	Aplicação	{1} 32,010	{2} 42,075	{3} 38,867	{4} 41,942	{5} 37,093	{6} 32,780	{7} 41,773	{8} 42,797	{9} 26,987	{10} 41,338	{11} 50,063	{12} 47,513
1	SB	SDI	Convenciona		0.119905	0.640088	0.131544	0.922887	1.000000	0.147504	0.070519	0.928498	0.195669	0.000168	0.000992
2	SB	SDI	Corrente	0.119905		0.997825	1.000000	0.932227	0.199789	1.000000	1.000000	0.001466	1.000000	0.409243	0.883802
3	SB	VALO	Convenciona	0.640088	0.997825		0.998518	0.999993	0.787210	0.999129	0.987810	0.029049	0.999811	0.051136	0.292434
4	SB	VALO	Corrente	0.131544	1.000000	0.998518		0.943275	0.216894	1.000000	1.000000	0.001703	1.000000	0.383897	0.866528
5	CL	SDI	Convenciona	0.922887	0.932227	0.999993	0.943275		0.975097	0.955359	0.848107	0.116442	0.977888	0.011076	0.092864
6	CL	SDI	Corrente	1.000000	0.199789	0.787210	0.216894	0.975097		0.240008	0.124023	0.834753	0.306852	0.000238	0.002102
7	CL	VALO	Convenciona	0.147504	1.000000	0.999129	1.000000	0.955359	0.240008		1.000000	0.001999	1.000000	0.353107	0.842741
8	CL	VALO	Corrente	0.070519	1.000000	0.987810	1.000000	0.848107	0.124023	1.000000		0.000752	0.999999	0.555086	0.952889
9	U	SDI	Convenciona	0.928498	0.001466	0.029049	0.001703	0.116442	0.834753	0.001999	0.000752		0.003028	0.000123	0.000125
10	U	SDI	Corrente	0.195669	1.000000	0.999811	1.000000	0.977888	0.306852	1.000000	0.999999	0.003028		0.280008	0.771795
11	U	VALO	Convenciona	0.000168	0.409243	0.051136	0.383897	0.011076	0.000238	0.353107	0.555086	0.000123	0.280008		0.999745
12	U	VALO	Corrente	0.000992	0.883802	0.292434	0.866528	0.092864	0.002102	0.842741	0.952889	0.000125	0.771795	0.999745	

QUADRO 3 - Resultados estatísticos

ANEXOS

PARECER DO CEP

UNITAU - UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Adesão de resinas compostas à dentina com aplicação de diferentes sistemas adesivos sob corrente elétrica

Pesquisador: Carolina Menezes Maciel

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 94744218.3.1001.5501

Instituição Proponente: Universidade de Taubaté

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.816.361

Apresentação do Projeto:

Será avaliado o efeito da aplicação de corrente elétrica na qualidade do selamento dentinário de diferentes sistemas adesivos. Serão utilizados para o estudo dentes humanos que serão divididos em grupos de acordo com o sistema adesivo, corrente elétrica e ciclagem térmica (n=6). Serão utilizados sistemas adesivos convencional (Adper Single Bond 2, 3M ESP), autocondicionante (Clearfil SE Bond, Kuraray) e universal (Single Bond Universal, 3M ESPE). Cada adesivo será aplicado sob duas diferentes correntes elétricas (0 - controle e 40A) e fotoativados por meio de um LED com irradiância de 1200mW/cm2 (Bluephase, Ivoclar Vivadent). Blocos serão confeccionados sobre a dentina usando o compósito restaurador Filtek Z350 XT (3M ESPE) em incrementos de 2mm e fotoativados por 20s. Em seguida, as amostras serão cortadas em palitos (~1mm2). Os palitos serão armazenados em água destilada a 37oC por 24h ou submetidos a termociclagem (10.000 ciclos, 5°C e 55°C), sendo posteriormente levados a uma máquina de ensaios universal (Instron 4411) para o teste de resistência à microtração a uma velocidade de 0,5mm/min. Os padrões de fratura serão analisados e classificados em falha coesiva (dentina/compósito), adesiva ou mista. A formação da camada híbrida será avaliada sob microscopia confocal de varredura à laser (n=2). Os valores de resistência de união serão submetidos ao teste de normalidade para posteriormente serem analisado pelo teste estatístico adequado.

Endereço: Rua Visconde do Rio Branco, 210
Bairro: Centro **CEP:** 12.020-040
UF: SP **Município:** TAUBATE
Telefone: (12)3635-1233 **Fax:** (12)3635-1233 **E-mail:** cepunitau@unitau.br

DECLARAÇÃO DE AUTORIA

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DECLARAÇÃO

As cópias dos artigos completos, de minha autoria, já publicados, aceitos ou submetidos para publicação em revistas científicas sujeitas a arbitragem que constam na minha Tese intitulada “ADESÃO DE SISTEMAS ADESIVOS APLICADOS AO DENTE UTILIZANDO CORRENTE ELÉTRICA” e apresentada ao Departamento de Pós-graduação em Odontologia da Universidade de Taubaté, não infringem os dispositivos da Lei no 9.610/98, nem o direito autoral de qualquer editora.

Taubaté, 09 de julho de 2019 .

Carolina Menezes Maciel
RG 3169109-9 SSP-SE

Orientador
Prof. Dr. Rafael Pino Vitti
RG 43479443-0

AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Carolina Menezes Maciel

Taubaté, 09 de julho de 2019

DECLARAÇÃO DE REVISÃO DAS NORMAS

Eu, Professor Doutor Rafael Pino Vitti, como orientador da discente Carolina Menezes Maciel, venho por meio deste documento declarar que o seu trabalho de Tese foi conferido e está dentro das normas estabelecidas pela UNITAU.

Taubaté, 09 de julho de 2019

Orientador

Prof. Dr. Rafael Pino Vitti

COMPROVANTES DE SUBMISSÃO DE DOIS ARTIGOS COMO CRITÉRIO PARA DEFESA DA TESE

Artigo 1

OHPD-2019-169 - (5696) Manuscript submission confirmation

Oral Health and Preventive Dentistry <no-reply@manuscriptmanager.com>
Ter, 23/04/2019 10:04
Para: carolm_odonto@hotmail.com <carolm_odonto@hotmail.com>
Submission: OHPD-2019-169 - (5696) - LONGEVITY OF COMPOSITE RESIN AND AMALGAM POSTERIOR
RESTORATIONS: A SYSTEMATIC REVIEW

Attention: Prof. Maciel

Automatic notification:

Thank you very much for submitting the above manuscript.

The manuscript is being evaluated and we will contact you as soon as a decision has been made.

Please inform us by return of email if the version posted on the web site does not correspond with the version that was submitted.

The progress of your manuscript can be followed from the progress report accessed from your
account overview.

Yours sincerely,

The Editorial Office

YOUR SIGN IN INFORMATION
Website: https://eur02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.manuscriptmanager.net%2Fohpd&data=02%7C01%7C%7Cb90389e5e962429ea90908d6c7ec433d%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C636916214881537895&sdata=qEesl6pXZxkAEo4GYqnWmEBVeJXlFw5fH20uiz93qq4%3D&reserved=0
Email: carolm_odonto@hotmail.com

Forgot password or not signed in before?
Click the URL below to create/reset your password.
https://eur02.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.manuscriptmanager.net%2FsLib%2Fv4%2Fretrieve_pw.php%3F

Artigo 2

Journal of Esthetic and Restorative Dentistry - Manuscript ID JERD-RA-04-19-029 [email ref: SE-6-a]

Editorial Office <onbehalfof@manuscriptcentral.com>
Qua, 24/04/2019 10:11

Para: carolm_odonto@hotmail.com <carolm_odonto@hotmail.com>
Cc: carolm_odonto@hotmail.com <carolm_odonto@hotmail.com>; tatiane_vsouto@hotmail.com <tatiane_vsouto@hotmail.com>; wnari@bol.com.br <wnari@bol.com.br>; sandro.griza@gmail.com <sandro.griza@gmail.com>; rafapvitti@gmail.com <rafapvitti@gmail.com>; adri_amm@yahoo.com.br <adri_amm@yahoo.com.br>

24-Apr-2019

Dear Dr. Maciel:

Your manuscript entitled "Morphological surface analysis and tensile bond strength of the immediate dentin sealing submitted to different temporary cement removal treatments" by Maciel, Carolina; Souto, Tatiane Cristina; Takeshita, Wilton; Griza, Sandro; Vitti, Rafael; Mendonça, Adriano, has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.

Co-authors: Please contact the Editorial Office as soon as possible if you disagree with being listed as a co-author for this manuscript.

Your manuscript ID is JERD-RA-04-19-029.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to Manuscript Central at https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fmc.manuscriptcentral.com%2Fjerd&data=02%7C01%7C%7C9e84167c7ee1428cf20208d6c8b65ca7%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C636917082893565368&sdata=bLWVAZtfaP3wOFdrFhiUG%2BAy1Em8eUsesrL6un8N9Vq%3D&reserved=0 and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to https://eur01.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fmc.manuscriptcentral.com%2Fjerd&data=02%7C01%7C%7C9e84167c7ee1428cf20208d6c8b65ca7%7C84df9e7fe9f640afb435aaaaaaaaaaaa%7C1%7C0%7C636917082893565368&sdata=bLWVAZtfaP3wOFdrFhiUG%2BAy1Em8eUsesrL6un8N9Vq%3D&reserved=0.

Thank you for submitting your manuscript to Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.

Sincerely,
Journal of Esthetic and Restorative Dentistry Editorial Office