



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



CONCORDÂNCIA DO ORIENTADOR

Declaro que a aluna Fernanda Oranges Teixeira RA 097473 esteve sob minha orientação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Aplicação de sistemas adesivos sob corrente elétrica, no ano de 2012.

Concordo com a submissão do trabalho apresentado à Comissão de Graduação pelo aluno, como requisito para aprovação na disciplina DS833 - Trabalho de Conclusão de Curso.

Piracicaba, 28 de setembro de 2012.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "A. S. S.", written over a horizontal line.

(Nome e assinatura do orientador)



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA – FOP



EFICÁCIA DO USO DE DIFERENTES CORRENTES ELÉTRICAS NA APLICAÇÃO DE SISTEMAS ADESIVOS À DENTINA

Autora: Fernanda Oranges Teixeira

Piracicaba
2012

Fernanda Oranges Teixeira

**EFICÁCIA DO USO DE DIFERENTES CORRENTES
ELÉTRICAS NA APLICAÇÃO DE SISTEMAS ADESIVOS
À DENTINA**

Orientador: Mário Alexandre Coelho Sinhoreti

Co-orientador: Rafael Pino Vitti

Piracicaba

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA – CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

T235a Teixeira, Fernanda Oranges, 1989-
Aplicação de sistemas adesivos sob corrente elétrica /
Fernanda Oranges Teixeira. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2012.

 Orientador: Mário Alexandre Coelho Sinhoreti.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

 1. Resistencia a tração. 2. Condutividade elétrica. 3.
Polimerização. I. Sinhoreti, Mário Alexandre Coelho, 1969-.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Odontologia de Piracicaba. III. Título.

RESUMO

O objetivo neste estudo foi avaliar o efeito da aplicação de diferentes correntes elétricas na qualidade do selamento dentinário através da resistência de união de sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes em amostras armazenadas em água por 24h. Foram utilizados para o estudo terceiros molares humanos livres de cárie, os quais foram divididos em grupos de acordo com o sistema adesivo e corrente elétrica utilizada (n=5). Foram utilizados dois sistemas adesivos autocondicionantes (Clearfil SE Bond, Kuraray e Adper Easy One, 3M ESPE) e um sistema adesivo convencional (Adper Single Bond 2, 3M ESPE). Cada adesivo foi aplicado sob oito diferentes correntes elétricas (0, 5 μ A, 10 μ A, 15 μ A, 20 μ A, 25 μ A, 30 μ A e 35 μ A) e fotoativados por meio de um LED com irradiância de 800mW/cm² (UltraLume 5, Ultradent Products, South Jordan, UT, USA). Blocos foram 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 foram cortadas longitudinalmente em fatias de 1mm e perpendicularmente para a obtenção de palitos de 1mm², sendo os mesmos armazenados em água destilada a 37°C por 24h e 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 foram analisados e classificados em falha coesiva (dentina/compósito), adesiva ou mista. Os valores de resistência de união foram submetidos à ANOVA com 2 fatores e as médias comparadas pelo teste de Tukey (p< 0,05). Os resultados mostraram diferenças significantes entre os sistemas adesivos testados e correntes elétricas utilizadas, sendo os menores valores de resistência de união encontrados para o sistema adesivo Easy One e para as correntes entre 5 μ A-20 μ A. Pode-se obter melhorias na resistência de união com a aplicação de adesivos sob corrente elétrica.

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

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of different electrical currents acting in the dentin bond strength quality of total etch and self etch adhesive systems in samples stored in water for 24 hours. It was used to study human third molars caries free, which were divided into groups according to the each adhesive system and electrical current used (n=5). It was used two self-etching adhesive systems (Clearfil SE Bond, Kuraray and Adper Easy One, 3M ESPE) and one total etch adhesive system (Adper Single Bond 2, 3M ESPE). Each adhesive was applied on eight different electric currents (0, 5 μ A, 10 μ A, 15 μ A, 20 μ A, 25 μ A, 30 μ A and 35 μ A) and photo-activated by a LED with 800mW/cm² irradiance (UltraLume 5, Ultradent Products, South Jordan, UT , USA). Composite blocks were made on the dentin using composite Filtek Z350 XT (3M ESPE) in increments of 2mm and photo-activated for 20s. Then, the samples were cut lengthwise into slices of 1 mm and perpendicular to obtain sticks 1mm² and stored in distilled water at 37°C for 24 hours and then brought to a universal testing machine (Instron 4411) for testing microtensile bond strength at a speed of 0.5mm/min. The modes of failure were analyzed and classified in cohesive failure (dentin/composite), adhesive or mixed. The bond strength values were analyzed by 2-way ANOVA and means compared by Tukey test (p<0.05). The results showed significant differences among the adhesive systems tested and electrical currents used, with the lowest bond strength values found for the Easy One adhesive system and for electrical currents between 5 μ A-20 μ A. Can get improvements in bond strength with the application of adhesives under electric current.

Keywords: Tensile Strength, Electric Conductivity, Polymerization.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
3. PROPOSIÇÃO	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
5. RESULTADOS	12
6. DISCUSSÃO	13
7. CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	16

1 e 2. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

No desenvolvimento dos adesivos autocondicionantes buscou-se reduzir o número de passos clínicos e simplificar o procedimento restaurador.¹ Esses adesivos simplificados apresentam grandes concentrações de solvente,^{2,3} que diminui o grau de conversão e compromete as propriedades mecânicas do material.^{4,5} Além disso, o alto conteúdo de monômero hidrófilo presente na composição favorece a absorção de água por parte dos adesivos,⁶ tornando-os propensos a degradação.^{7,8} Devido a sua intrínseca permeabilidade, os adesivos autocondicionantes apresentam alta nanoinfiltração,⁹ comprometendo a estabilidade da camada híbrida a longo prazo.

Em contrapartida, os sistemas adesivos convencionais de técnica úmida apresentam como principal desvantagem a incompleta infiltração da dentina pelo adesivo entre as fibrilas colágenas após a remoção da fase mineral feita pelo condicionamento ácido.¹⁰⁻¹² O colágeno exposto e não infiltrado pelo adesivo pode interferir negativamente na formação da camada híbrida¹³ e levar à nanoinfiltração.¹²

Várias modificações nos protocolos de aplicação dos sistemas adesivos têm sido relatadas com o objetivo de tornar o selamento dentinário mais eficiente. Elas incluem a aplicação de múltiplas camadas do adesivo,¹⁴⁻¹⁸ o uso de uma camada adicional de resina hidrófoba,^{16,19-21} aumento no tempo de fotoativação do adesivo,^{4,22} aplicação de digluconato de clorexidina (CHX),²³⁻²⁵ uso de jato de ar quente,²⁶ aumento na evaporação do solvente²⁶⁻²⁸ e aplicação do agente de união sob fricção.^{29,30} O problema é que alguns desses procedimentos transformam os adesivos simplificados em adesivos de múltiplos passos, perdendo a vantagem de uma aplicação mais simples e rápida.

Atualmente, todos adesivos dentinários são aplicados mecanicamente ao dente através de pincéis descartáveis (*brushes*). Em 2003, foi desenvolvido um protocolo de aplicação de adesivos sob corrente elétrica, por meio da utilização de um dispositivo chamado ElectroBond.³¹ Esse protocolo muda apenas a forma de aplicação do adesivo à dentina, substituindo o uso do *microbrush* pelo dispositivo elétrico, sem alterar o número de passos. Há um consenso geral de que a qualidade da dentina hibridizada é mais importante que a espessura da camada híbrida na estabilidade a longo prazo do selamento dentinário e conseqüentemente do sucesso clínico das

restaurações.¹ A razão do uso de adesivos sob corrente elétrica está na melhora da infiltração do monômero à dentina desmineralizada¹³ devido a alteração das cargas superficiais e das pontes de hidrogênio do substrato dentinário.^{32,33}

A eficácia da aplicação de sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes com o uso de corrente elétrica vem sendo relatada em alguns estudos;^{13,34,35} entretanto, ainda não foi estabelecido um padrão na utilização da corrente elétrica ou voltagem. Não se sabe se há diferença na qualidade da união dente-restauração com o aumento ou diminuição da corrente elétrica e quais conseqüências isso pode trazer ao selamento dentinário. Sendo assim, seria interessante verificar o efeito da variação da corrente elétrica durante a aplicação de sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes. As hipóteses do trabalho foram que (1) haveria diferença na resistência de união entre os diferentes sistemas adesivos e (2) haveria diferença na resistência de união com a utilização de diferentes correntes elétricas.

3. PROPOSIÇÃO

Assim, este estudo teve como propósito avaliar o efeito da aplicação de diferentes correntes elétricas na qualidade do selamento dentinário através da avaliação da resistência de união de sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes em amostras armazenadas em água por 24h.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os materiais, composição química e método de aplicação de cada um dos sistemas adesivos estão na Tabela 1. Foram utilizados 120 terceiros molares humanos extraídos, livres de cárie, obtidos por doação com consentimento dos pacientes e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Unicamp (protocolo nº 153/2011). Os dentes foram distribuídos em 24 grupos (n=5). A Tabela 2 mostra a divisão dos grupos levando-se em consideração os sistemas adesivos utilizados (Single Bond 2 – SB; Clearfil SE Bond – CL; e Adper Easy One – EO), além dos diferentes protocolos de aplicação dos adesivos à dentina.

Tabela 1. Descrição dos materiais que serão utilizados no estudo.

Material	Composição	Método de Aplicação
Adper Single Bond 2 (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA); pH = 4,7	HEMA, bis-GMA, glicerol 1,3-dimetacrilato, diuretano dimetacrilato, água, álcool etílico, fotoiniciadores, sílica silanizada, copolímero do ácido acrílico e itacônico.	Condicionamento com ácido H ₃ PO ₄ 35% (pH = 0,6) por 15s, lavagem por 10s, remoção do excesso de água, aplicação do adesivo por 30s, leve jato de ar e fotoativação por 10s.
Clearfil SE Bond (Kuraray Medical, Okayama, Japan); pH = 2,1	<i>Primer:</i> 10-MDP, HEMA, dimetacrilato hidrófilo, CQ, N,N-dietanol-p-toluidina, água. <i>Bond:</i> 10-MDP, bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos hidrófilos, CQ, sílica coloidal silanizada e N,N-dietanol-p-toluidina.	Aplicação do <i>primer</i> por 20s, leve jato de ar, aplicação do <i>bond</i> , leve jato de ar e fotoativação por 10s.
Adper Easy One (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA); pH = 2,7	HEMA, bis-GMA, ésteres fosfatados de metacrilato, 1,6-hexanediol dimetacrilato, ácido polialquenóico, partículas de carga, etanol, água, CQ, estabilizadores.	Aplicação do adesivo por 20s, leve jator de ar por 5s e fotoativação por 10s.
Filtek Z350 XT (3M ESPE, St. Paul, Minnesota, USA)	Bis-GMA, bis-EMA, UDMA, TEGDMA, nanopartículas de sílica (20nm), nanoaglomerados de zircônia/sílica (5-20nm), 78,5% em peso (total de carga).	Restauração em incrementos de 2mm, sendo cada um fotoativado por 20s.

Os dentes foram limpos e armazenados em suspensão de timol a 0,1% (em peso) a uma temperatura de 4°C e utilizados em um período não superior a quatro meses após a extração. Em todos os dentes foram feitos dois cortes perpendiculares ao longo eixo do dente, um 1,5mm abaixo da junção cimento-esmalte e o segundo 1,5mm acima da junção, para expor superfície plana em dentina profunda. Os cortes foram realizados em máquina de corte (Isomet 1000 Buehler, Lake Bluff, IL) com disco diamantado em baixa velocidade e refrigeração com água.

O tecido pulpar foi removido com curetas de dentina com o cuidado para não tocar o teto da câmara pulpar, preservando a pré-dentina. A espessura de dentina restante foi padronizada em 1,0mm, obtida por desgaste da superfície

com lixa de carbeto de silício de granulação 600 até obter essa espessura de dentina restante padronizada. A espessura foi medida através de um espessímetro. Depois de armazenados e antes dos procedimentos adesivos, as superfícies planas em dentina foram polidas manualmente com a lixa #600 e água por 30 segundos para a obtenção de uma *smear layer* padronizada.

Tabela 2. Divisão dos grupos.

Material	Protocolo
SB1 (controle)	0
SB2	5 μ A
SB3	10 μ A
SB4	15 μ A
SB5	20 μ A
SB6	25 μ A
SB7	30 μ A
SB8	35 μ A
CL1 (controle)	0
CL2	5 μ A
CL3	10 μ A
CL4	15 μ A
CL5	20 μ A
CL6	25 μ A
CL7	30 μ A
CL8	35 μ A
EO1 (controle)	0
EO2	5 μ A
EO3	10 μ A
EO4	15 μ A
EO5	20 μ A
EO6	25 μ A
EO7	30 μ A
EO8	35 μ A

A aplicação dos sistemas adesivos foi realizada conforme recomendação dos fabricantes (Tabela 1), substituindo a utilização simples do *microbrush* pela utilização de um *microbrush* com corrente elétrica. Para isso, os dentes tiveram, individualmente, sua resistência elétrica previamente

medida através de um multímetro para que a corrente elétrica aplicada dentro dos grupos permanecesse constante. Cada amostra foi fixada a uma esponja umedecida para simular as condições de umidade periodontais,³⁶ sendo que essa foi posteriormente ligada ao circuito elétrico. A ponta de um *microbrush* foi acoplada ao dispositivo para que os adesivos fossem aplicados sob corrente elétrica. As pontas foram trocadas a cada amostra.

O sistema adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond teve o *primer* e o *bond* aplicados com o dispositivo. Para os grupos controle, todos os adesivos foram aplicados da mesma forma, entretanto o aparelho permaneceu desligado.

Em todos os dentes foram construídos blocos do compósito restaurador Filtek Z350 XT sobre a superfície dentinária em 3 incrementos de no máximo 2mm até uma altura de 5mm. Em seguida, as amostras foram cortadas longitudinalmente em fatias de 1mm e, após, cortadas perpendicularmente para a obtenção de palitos de aproximadamente 1mm² de área de secção transversa. Os palitos dos dentes de cada grupo foram armazenados em água destilada a 37°C por 24h.

Após o período de armazenamento, os palitos foram levados a uma máquina de ensaios universal (Instron 1144), fixados pelas extremidades e testados sob força de tração a uma velocidade de 0,5mm/min. sob uma célula de carga de 500N, até ocorrer a ruptura do espécime. Após a fratura, as amostras foram cuidadosamente removidas e a área de secção transversa das mesmas medida com um paquímetro digital com precisão de 0,01mm. A tensão necessária para causar a ruptura dos espécimes foi determinada pela razão entre a carga (kgf) no momento da fratura e a área da secção transversa do espécime, em mm². Os padrões de fratura foram avaliados em um microscópio com 50x de aumento e classificados como falha coesiva (dentina/compósito), adesiva ou mista.

Os valores obtidos com cada sistema adesivo (Clearfil SE Bond, Adper Easy One ou Adper Single Bond 2) foram transformados em MPa e submetidos à análise estatística usando ANOVA dois fatores (protocolo de aplicação de corrente elétrica e sistema adesivo utilizado) e as médias comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 5%. Os palitos que fraturaram prematuramente antes do teste de microtração foram excluídos da análise estatística.

5. RESULTADOS

Os valores médios de resistência de união após o ensaio de microtração podem ser vistos na Tabela 3.

De acordo com os resultados encontrados, de uma forma geral, o Clearfil SE Bond apresentou os maiores valores de resistência de união, enquanto o Easy One os menores valores, exceto para as correntes 0 (controle), 20 μ A e 35 μ A onde não houve diferença estatística nos valores de resistência de união entre os três materiais testados.

Na comparação entre as correntes elétricas, pode-se verificar que houve diferenças estatísticas significantes entre as correntes utilizadas. Há uma diminuição nos valores de resistência de união com a utilização das correntes elétricas iniciais. A partir de 20 μ A há uma tendência no aumento da resistência de união de acordo com o aumento da corrente elétrica utilizada. Sendo assim, os maiores valores de resistência de união foram encontrados para o grupo controle e entre as correntes de 20 μ A a 35 μ A para o Easy One e Single Bond 2 e para o grupo controle e entre as correntes de de 25 μ A a 30 μ A para o Clearfil SE Bond.

A Tabela 4 nos mostra um número predominante de falhas adesivas para todos os sistemas adesivos utilizados no estudo.

Tabela 3. Médias e desvio-padrão (MPa) da resistência da união após a aplicação dos três sistemas adesivos sob diferentes correntes elétricas.

Corrente elétrica	Clearfil SE Bond	Easy One	Single Bond 2
0	52,13 (6,5) a, A	42,48 (7,5) a, A	41,55 (9,2) a, A
5μA	30,02 (8,2) c, A	13,58 (7,9) b, B	34,13 (8,5) a, A
10μA	25,11 (6,7) c, A	12,25 (6,3) b, B	26,95 (4,3) bc, A
15μA	24,43 (7,9) c, A	11,03 (4,2) b, B	19,75 (5,6) c, AB
20μA	32,57 (6,1) c, A	29,55 (6,1) a, A	30,87 (9,0) ab, A
25μA	46,35 (5,4) ab, A	34,12 (4,5) a, B	35,56 (4,9) a, B
30μA	56,89 (8,4) a, A	38,72 (7,7) a, B	41,11 (5,6) a, B
35μA	37,41 (7,1) bc, A	42,62 (9,1) a, A	38,67 (8,3) a, A

Médias comparadas pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparação na linha, letras minúsculas comparação na coluna. Letras diferentes entre si diferem estatisticamente.

Tabela 4. Padrões de fratura para os diferentes sistemas adesivos.

Falha	Clearfil SE Bond	Easy One	Single Bond 2
Adesiva	27	25	24
Mista	1	2	5
Coesiva dentina	8	7	8
Coesiva compósito	4	6	3

6. DISCUSSÃO

A quantidade de monômeros resinosos presentes nos adesivos que consegue infiltrar no colágeno exposto está diretamente ligada a qualidade de união dente-restauração.^{1-4,11,25}

Os resultados deste estudo confirmam a primeira hipótese, uma vez que houve diferenças na resistência de união entre os sistemas adesivos utilizados, sendo que os piores resultados de resistência de união foram encontrados para o sistema adesivo autocondicionante de passo único Easy One, corroborando com os resultados de outros estudos.³⁷⁻³⁹ Isso se deve ao fato desse sistema adesivo possuir um elevado pH (2,7) quando comparado, por exemplo, ao pH do ácido utilizado no sistema adesivo convencional Single Bond 2 (pH=0,6). Um pH acima de 2 não consegue remover a mesma quantidade de mineral que os sistemas adesivos convencionais, ficando, portanto, a desmineralização restrita a uma camada mais superficial, não atingindo as regiões mais profundas da dentina.⁴⁰ Além disso, a natureza hidrófila desses adesivos pode atuar como uma membrana permeável, absorvendo grandes quantidades de água quando polimerizado.⁴¹ Por ser hidroliticamente instável, frequentemente encontramos porosidades dentro da camada híbrida resultando em nanoinfiltração que, por sua vez, proporciona movimentação de água na interface dente-restauração.²⁷ Esse movimento de água dentro da interface de união pode resultar em plastificação da matriz resinosa levando conseqüentemente a uma diminuição da resistência de união.²⁷

Em contrapartida, de um modo geral não foram encontradas diferenças entre o sistema adesivo convencional Single Bond 2 e o sistema autocondicionante de dois passos Clearfil SE Bond, como mostrado em

estudos prévios onde a resistência de união entre esses dois diferentes sistemas adesivos não apresentou diferenças estatísticas significantes.

Foram encontradas diversas diferenças nos valores de resistência de união entre as correntes elétricas utilizadas, aceitando a segunda hipótese do estudo. Entretanto, essas diferenças são difíceis de se explicar, uma vez que elas não seguiram um padrão e este é um estudo pioneiro na utilização de diferentes correntes elétricas na aplicação de sistemas adesivos à dentina. Baixas correntes elétricas ocasionam em tecidos orgânicos dispersão dielétrica, a qual está associada com a difusão iônica melhorada e polarização interfacial, embora a extensão de tal melhoria dependa diretamente da complexidade do substrato.⁴² O uso de correntes elétricas para facilitar penetração de substâncias ionizadas (tais como diferentes drogas, anestésicos, etc), através da dentina já foi previamente relatada.^{43,44} Da mesma forma, a infiltração de monômero na rede de colágeno desmineralizada pode ser melhorada através da utilização de correntes elétricas, uma vez que os diversos componentes resinosos polares, tais copolímeros do ácido polialquenoico, HEMA, PENTA e BPDM podem interagir com um campo elétrico.¹³

Especula-se que existam alguns mecanismos que são potencialmente responsáveis pela melhoria na resistência de união de adesivos aplicados sob corrente elétrica. Um deles, seria de que os monômeros presentes nos adesivos interagem com a corrente elétrica, ficam sob efeito eletrostático e conseqüentemente aumentam a penetração dos monômeros polares na dentina.³⁴ Os sistemas adesivos autocondicionantes de dois passos, como o Clearfil SE Bond, possuem grandes concentrações de monômeros iônicos e hidrófilos e estes devem ser mais susceptíveis à passagem de corrente elétrica, explicando possivelmente os melhores resultados na resistência de união encontrados para esse sistema adesivo. Um outro fator que deve ser levado em consideração para a melhor infiltração dos adesivos sob corrente elétrica é uma melhora da molhabilidade na superfície da dentina induzindo mudanças dentro da rede de colágeno através de uma modificação biofísica da matriz orgânica da dentina quando a mesma é exposta a uma corrente elétrica.^{13,34}

Entretanto, a melhor infiltração de monômeros adesivos na dentina com o uso de corrente elétrica não deve ser relacionada exclusivamente com um

aumento na permeabilidade intrínseca da dentina, mas também a uma velocidade mais rápida de infiltração dos monômeros iônicos que estão movendo através da dentina causado pelo gradiente elétrico imposto.¹³ O uso de correntes elétricas podem também influenciar o substrato dentinário, aumentando a sua capacidade de umedecimento e a taxa de substituição de água pelos monômeros adesivos.⁴³ Os monômeros também podem ser atraídos fisicamente pelo campo elétrico, aumentando assim o fluxo ao longo da camada de dentina desmineralizada.

A aplicação de uma corrente elétrica pode também alterar bioquimicamente de forma temporária as características da dentina.¹³ As moléculas de água contribuem para a natureza polar do colágeno da dentina. Uma vez que tanto o colagénio quanto os proteoglicanos são polares, especula-se que um impulso elétrico utilizado na aplicação de um sistema adesivo influencia os arranjos tridimensionais da rede de dentina desmineralizada, que por sua vez, pode influenciar favoravelmente a infiltração do adesivo.¹³

Este estudo representa uma tentativa preliminar de uma técnica inovadora que preconiza a aplicação de sistemas adesivos sobre um substrato dentinário sob corrente elétrica. Estudos adicionais são necessários para identificar melhor os fatores que estão relacionados às melhorias na resistência de união, além da necessidade de se avaliar outras propriedades importantes relacionadas a qualidade do selamento dentinário.

7. CONCLUSÃO

A técnica de aplicação de sistemas adesivos convencionais e autocondicionantes sob corrente elétrica pode melhorar a qualidade da interface de união dente-restauração.

REFERÊNCIAS*

1. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84(2): 118-132.
2. Tay FR, Pashley DH. Have dentin adhesives become too hydrophilic? *J Can Dent Assoc* 2003; 69(11): 726-731.
3. Hiraishi N, Nishiyama N, Ikemura K, Yau JYY, King NM, Tagami J, Pashley DH, Tay FR. Water concentration in self-etch primers affects their aggressiveness and bonding efficacy to dentin. *J Dent Res* 2005; 84(7): 653-658.
4. Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Tay FR, Di Lenarda R, Prati C, Biasotto M, Contardo L, Breschi L. Degree of conversion and permeability of dental adhesives. *Eur J Oral Sci* 2005; 113(6): 525-530.
5. Navarra CO, Cadenaro M, Codan B, Mazzoni A, Sergio V, Dorigo EDS, Breschi L. Degree of conversion and interfacial nanoleakage expression of three one-step self-etch adhesives. *Eur J Oral Sci* 2009; 117(4): 463-469.
6. Li HP, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of long-term storage on nanoleakage. *Oper Dent* 2001; 26(6): 609-616.
7. Tay FR, Hashimoto M, Pashley DH, Peters MC, Lai SC, Yiu CK, Cheong C. Aging affects two modes of nanoleakage expression in bonded dentin. *J Dent Res* 2003; 82(7): 537-541.
8. Tay FR, Pashley DH, Garcia-Godoy F, Yiu CK. Single-step, self-etch adhesives behave as permeable membranes after polymerization. Part II. Silver tracer penetration evidence. *Am J Dent* 2004; 17(5): 315-322.
9. Suppa P, Breschi L, Ruggeri A, Mazzotti G, Prati C, Chersoni S, Di Lenarda R, Pashley DH, Tay FR. Nanoleakage within the hybrid layer: a correlative FEISEM/TEM investigation. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005; 73(1): 7-14.

*De acordo com a norma da FOP/UNICAMP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors - Grupo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

10. Spencer P, Swafford JR. Unprotected protein at the dentin adhesive interface. *Quintessence Int* 1999; 30(7): 501-507.
11. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, Vanherle G, Wakasa K, Pashley DH. A novel approach to AFM characterization of adhesive tooth-biomaterials interfaces. *J Biomed Mater Res* 1999; 47(1): 85-90.
12. Sano H, Shono T, Takatsu T, Hosada H. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. *Oper Dent* 1994(2); 19: 59-64.
13. Pasquantonio G, Tay FR, Mazzoni A, Suppa P, Ruggeri A Jr, Falconi M, Di Lenarda R, Breschi L. Electric device improves bonds of simplified etch-and-rinse adhesives. *Dent Mater* 2007; 23(4): 513-518.
14. Loguercio AD, Costenaro A, Silveira AP, Ribeiro NR, Rossi TR, Reis A. A six-month clinical study of a self-etching and an etch-and-rinse adhesive applied as recommended and after doubling the number of adhesive coats. *J Adhes Dent* 2006; 8(4): 255-261.
15. Pashley EL, Agee KA, Pashley DH, Tay FR. Effects of one versus two applications of an unfilled, all-in-one adhesive on dentine bonding. *J Dent* 2002; 30(2-3): 83-90.
16. Albuquerque M, Pegoraro M, Mattei G, Reis A, Loguercio AD. Effect of double-application or the application of a hydrophobic layer for improved efficacy of one-step self-etch systems in enamel and dentin. *Oper Dent* 2008; 33(5): 564-570.
17. Hashimoto M, Sano H, Yoshida E, Hori M, Kaga M, Oguchi H, Pashley DH. Effects of multiple adhesive coatings on dentin bonding. *Oper Dent* 2004; 29(4): 416-423.
18. Wei S, Shimada Y, Sadr A, Tagami J. Effect of double application of three single-step self-etch adhesives on dentin bonding and mechanical properties of resin-dentin area. *Oper Dent* 2009; 34(6): 716-724.
19. Reis A, Albuquerque M, Pegoraro M, Mattei G, Bauer JRO, Grande RHM, Klein-Junior CA, Baumhardt-Neto R, Loguercio AD. Can the durability of one-step self-etch adhesives be improved by Double application or by an extra layer of hydrophobic resin? *J Dent* 2008; 36(5): 309-315.
20. Reis A, Leite TM, Matte K, Michels R, Amaral RC, Geraldeli S, Loguercio AD. Improving clinical retention of one-step self-etching adhesive systems with

an additional hydrophobic adhesive layer. *J Am Dent Assoc* 2009; 140(7): 877-885.

21. 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(2): 126-134.

22. Breschi L, Cadenaro M, Antonioli F, Sauro S, Biasotto M, Prati C, Tay FR, Di Lenarda R. Polymerization kinetics of dental adhesives cured with LED: correlation between extent of conversion and permeability. *Dent Mater* 2007; 23(9): 1066-1072.

23. Carrilho MR, Geraldeli S, Tay F, De Goes MF, Carvalho RM, Tjäderhane L, Reis AF, Hebling J, Mazzoni A, Breschi L, Pashley D. In vivo preservation of the hybrid layer by chlorhexidine. *J Dent Res* 2007; 86(6): 529-533.

24. Campos EA, Correr GM, Leonardi DP, Pizzatto E, Morais EC. Influence of chlorhexidine concentration on microtensile bond strength of contemporary adhesives systems. *Braz Oral Res* 2009; 23(3): 340-345.

25. Zhou J, Tan J, Yang X, Cheng C, Wang X, Chen L. Effect of chlorhexidine application in a self-etching adhesive on the immediate resin-dentin bond strength. *J Adhes Dent* 2010; 12(1): 27-31.

26. Garcia FCP, Almeida JCF, Osorio R, Carvalho RM, Toledano M. Influence of drying time and temperature on bond strength of contemporary adhesives to dentine. *J Dent* 2009; 37(4): 315-320.

27. 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(2): 699-705.

28. Hiraishi N, Breschi L, Prati C, Ferrari M, Tagami J, King NM. Technique sensitivity associated with air-drying of HEMA-free, single-bottle, one-step self-etch adhesives. *Dent Mater* 2007; 23(4): 498-505.

29. Amaral RC, Stanislawczuc R, Zander-Grande C, Michel MD, Reis A, Loguercio AD. Active application improves the bonding performance of self-etch adhesives to dentin. *J Dent* 2009; 37(1): 82-90.

30. Amaral RC, Stanislawczuc R, Zander-Grande C, Gagler D, Reis A, Loguercio AD. Bond strength and quality of the hybrid layer of one-step self-etch adhesives applied with agitation on dentin. *Oper Dent* 2010; 35(2): 211-219.

31. Pasquantonio G, Breschi L, Petrone A, inventors (2003). A method and device for preparing the hard structures of teeth for the application of dental restorative materials. US Patent 2003; 6,641,396, Nov 4.
32. Vaidyanatha J, Vaidyanathan TK, Yadav P, Linaras CE. Collagen-ligand interaction in dentinal adhesion: computer visualization and analysis. *Biomaterials* 2001; 22(21): 2911-2920.
33. 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(5): 347-352.
34. 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(12): 1092-1096.
35. 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(6): 564-570.
36. Pethig R. Dielectric properties of body tissues. *Clin Phys Physiol Meas* 1987;8(Suppl A): 5-12.
37. Hamouda IM, Samra NR, Badawi MF. Microtensile bond strength of etch and rinse versus self-etch adhesive systems. *J Mech Behav Biomed Mater* 2011; 4(3): 461-466.
38. Knobloch LA, Gailey D, Azer S, Johnston WM, Clelland N, Kerby RE. Bond strengths of one-and two-step self-etch adhesive systems. *J Prosthet Dent* 2007; 97(4): 216-222.
39. Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent* 2001; 29(1): 55-61.
40. Van Meerbeek B, Kanumilli P, Munck JD, Landuyt KV, Lambrechts P, Peumans M. A randomized controlled study evaluating the effectiveness of a two-step self-etch adhesive with and without selective phosphoric-acid etching of enamel. *Dent Mater* 2005; 21(4): 375-383.
41. Tanaka J, Ishikawa K, Yatani H, Yamashita A, Suzuki K. Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer. *Dent Mater J* 1999; 18(1): 11-18.

42. Jastrzebska M, Kocot A. Ionic diffusion and space charge polarization in structural characterization of biological tissues. *Eur Phys J* 2004; 14(2): 137-142.
43. Pashley DH, Livingston MJ, Outhwaite WC. Dentin permeability: changes produced by iontophoresis. *J Dent Res* 1978; 57(1): 77-82.
44. Puapichartdumrong P, Ikeda H, Suda H. Facilitation of iontophoretic drug delivery through intact and caries-affected dentine. *Int Endod J* 2003; 36(10): 674-681.