



UNICAMP

ANIELE CARVALHO LACERDA

“AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO ASCORBATO DE SÓDIO EM DIFERENTES TEMPOS DE APLICAÇÃO E CONCENTRAÇÕES NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO À DENTINA TRATADA COM HIPOCLORITO DE SÓDIO E/OU EDTA”

PIRACICABA

2013



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

ANIELE CARVALHO LACERDA

**“AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO ASCORBATO DE SÓDIO EM DIFERENTES
TEMPOS DE APLICAÇÃO E CONCENTRAÇÕES NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO À DENTINA TRATADA COM HIPOCLORITO DE SÓDIO E/OU
EDTA”**

Orientador: Prof. Dr. Caio Cezar Randi Ferraz

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE
DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA
UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRA EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA NA
ÁREA DE ENDODONTIA.

Este exemplar corresponde à versão final da
Dissertação defendida pela aluna, Aniele
Carvalho Lacerda e orientada pelo Prof. Dr.
Caio Cezar Randi Ferraz.

Assinatura do orientador

PIRACICABA

2013

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

L116a Lacerda, Aniele Carvalho, 1983-
Avaliação in vitro do ascorbato de sódio em diferentes tempos de aplicação e concentrações na resistência de união à dentina tratada com hipoclorito de sódio e/ou EDTA / Aniele Carvalho Lacerda . -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Caio Cezar Randi Ferraz.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Agentes redutores. 2. Adesivos dentinários. 3. Irrigantes do Canal Radicular. I. Ferraz, Caio Cezar Randi, 1973- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em Inglês: In vitro assessment of different times and concentrations of sodium ascorbate on the bond strength to dentin treated with sodium hypochlorite and/or EDTA

Palavras-chave em Inglês:

Reducing agents

Dentin-Bonding agents

Root Canal Irrigants

Área de concentração: Endodontia

Titulação: Mestra em Clínica Odontológica

Banca examinadora:

Caio Cezar Randi Ferraz [Orientador]

Carlos Henrique Ribeiro Camargo

Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes

Data da defesa: 07-02-2013

Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 07 de Fevereiro de 2013, considerou a candidata ANIELE CARVALHO LACERDA aprovada.



Prof. Dr. CAIO CEZAR RANDI FERRAZ



Prof. Dr. CARLOS HENRIQUE RIBEIRO CAMARGO



Profa. Dra. BRENDA PAULA FIGUEIREDO DE ALMEIDA GOMES

Dedicatória

A **Deus**, por guiar minha vida e fortalecer-me nos momentos difíceis.

Aos meus pais, **Dorvilê e Diana**, exemplos de amor, caráter e família. Obrigada por estarem sempre ao meu lado, conduzindo-me com muita sabedoria e honestidade.

Aos meus irmãos, **Juliana, Nilo Neto, Mirella** (prima-irmã), por compartilharem comigo todos os momentos, mesmo a distância. Obrigada pelo apoio de vocês!

Ao meu namorado, **Dante**, por ser tão paciente e apoiar meu sonho, demonstrando amor, companheirismo e compreensão.

A toda minha família, por ser tão especial na minha vida.

A vocês, dedico todas as minhas conquistas!

Agradecimentos especiais

Ao meu orientador, **Prof. Caio Ferraz**, por realizar meu sonho e ser um profissional ético e admirável. A sua maneira de pensar, ensinar e orientar surpreende e encoraja-me a continuar nesta jornada. Obrigada por todo o conhecimento transmitido e pelo apoio nos momentos difíceis.

À **Prof^a. Brenda Gomes**, por ter me recebido nesta Faculdade com tanta atenção e carinho, pelo seu exemplo de dedicação à profissão. Minha sincera gratidão!

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da UNICAMP – FOP/UNICAMP, na pessoa do seu Diretor, **Prof. Dr. Jacks Jorge Júnior** e diretor associado **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**, pelo apoio necessário para a realização da minha pesquisa.

À **Profª. Drª. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia**, coordenadora geral dos cursos de Pós-Graduação e ao **Prof. Dr. Márcio de Moraes**, coordenador do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da FOP – UNICAMP.

Ao **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**, responsável pela área de Endodontia da FOP – UNICAMP.

Aos docentes da Endodontia da FOP, **Prof. Dr. Francisco José de Souza-Filho**, **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**, **Profª. Drª. Brenda Paula Figueiredo de Almeida Gomes**, **Prof. Dr. Caio Cezar Randi Ferraz**, **Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida**, por compartilharem conhecimentos e experiências da nossa especialidade.

Aos professores da especialização, **Maraísa Greggio Delboni e Nilton Vivacqua Gomes**. Com vocês aprendi e escolhi a Endodontia. Obrigada pelo incentivo, pelos ensinamentos valiosos e por serem profissionais dedicados e engrandecedores.

Aos membros da banca de qualificação, **Prof. Dr. José Flávio Affonso de Almeida**, **Profª. Drª. Adriana de Jesus Soares** e **Profª. Drª. Danna Mota Moreira**, pela contribuição a esse trabalho.

Ao Professor **Carlos Henrique Ribeiro Camargo**, por ter aceitado o convite de participar da minha banca de defesa de mestrado, colaborando com o meu crescimento profissional.

Aos funcionários da FOP/UNICAMP, **Ana Cristina do Amaral Godoy**, **Adriano Luis Martins**, **Eliene Aparecida Orsini Narvais Romani**, **Marcos Blanco Cangiani**, **Geovania Caldas Almeida**. O meu profundo agradecimento pelo apoio, paciência e

carinho de vocês.

Aos colegas do mestrado **Ana Carolina Pimentel, Ariane Marinho, Cimara Barroso, Cláudia Leal, Érika Clavijo, Thaís Mageste, Thiago Farias e Tiago Rosa.** Obrigada pelos momentos compartilhados!

Aos colegas do doutorado **Carlos Augusto Pantoja, Carolina Santos, Daniela Miyagaki, Daniel Herrera, Emmanuel Nogueira, Fernanda Signoretti, Frederico Martinho, Giselle Abi Rached, Jefferson Marion, Juliana Nagata, Karine Schell, Letícia Nóbrega, Maíra do Prado, Marcos Endo, Maria Rachel Monteiro.** Obrigada pelo carinho!

À **Dani Miyagaki**, pela amizade, pela enorme atenção. Obrigada por tudo. Não tenho nem palavras para expressar minha imensa gratidão por você!

Aos amigos, **Daniel Herrera e Douglas Cecchin**, pela atenção especial dias antes da seleção do mestrado. Vocês nem me conheciam e me ajudaram de uma forma que eu jamais esquecerei. Obrigada por serem grandes!

Ao **Darkilson Santos**, pela amizade sincera e por compartilhar comigo uma vida de lutas e sonhos. Quem diria que chegaríamos até aqui?

Às amigas **Thaís Mageste, Juliana Nagata, Tereza Pedroza, Letícia Nóbrega**, pela amizade, pelo carinho, pelos bons momentos vividos.

À **Priscilla Lazari**, pela amizade, apoio e companhia em Piracicaba.

À **CAPES e à FAPESP**, pela concessão da bolsa de estudo para o mestrado.

"A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e não na vitória propriamente dita."

Mahatma Gandhi

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* o ascorbato de sódio em diferentes tempos de aplicação e concentrações na resistência de união de um sistema adesivo convencional de 3 passos à dentina da câmara pulpar tratada com hipoclorito de sódio, EDTA ou suas associações. Oitenta e quatro incisivos bovinos hígidos e recém-extraídos foram seccionados, obtendo-se amostra do terço médio vestibular da coroa. As amostras foram distribuídas, aleatoriamente, em 14 grupos (n=6) de acordo com o tratamento superficial da dentina com substâncias químicas. G1(controle): NaCl 0,9%; G2: NaOCl 5,25%; G3 e G4: NaOCl 5,25% seguido de ascorbato de sódio 10 ou 20%, respectivamente, por 10 minutos; G5: NaCl 0,9% seguido de EDTA 17%; G6 e G7: NaCl 0,9% + EDTA 17% seguido de ascorbato de sódio 10 ou 20%, respectivamente, por 10 minutos; G8: NaOCl 5,25% + EDTA 17% + NaOCl 5,25%; G9, G10 e G11 semelhantes ao G8 seguido de ascorbato de sódio 10% por 1, 5 ou 10 minutos, respectivamente; G12, G13 e G14 semelhantes ao G8 seguido de ascorbato de sódio 20% por 1, 5 ou 10 minutos, respectivamente. Ao final, todas as amostras foram imersas em NaCl 0,9% por 3 minutos. A dentina foi hibridizada com Adper Scotchbond Multi-Purpose e, em seguida, preparada para o teste de resistência à microtração. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente ($\alpha = 0.05$) e os padrões de fratura determinados em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os valores de resistência de união do Grupo 1 foram estatisticamente maiores do que os dos demais grupos experimentais, exceto Grupo 4. O Grupo 4 apresentou média superior aos Grupos 9 e 14 ($p < 0.05$). No entanto, não foram verificadas diferenças estatísticas entre os demais grupos, independente do protocolo de tratamento das superfícies dentinárias, tempo de aplicação e concentração do ascorbato de sódio. Concluiu-se que o NaOCl e o EDTA, sozinhos ou associados, reduziram significativamente ($p < 0.05$) os valores de resistência de união na interface resina-dentina da câmara pulpar. O ascorbato de sódio restabeleceu os valores de adesão da dentina da câmara pulpar apenas quando utilizado na concentração de 20% por 10 minutos após o uso isolado de NaOCl (Grupo 4).

Palavras-chave: Agentes redutores, adesivos dentinários, irrigantes do canal radicular

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate *in vitro* the sodium ascorbate in different application times and concentrations on bond strength of a conventional 3 steps adhesive system to the pulp chamber dentin treated with sodium hypochlorite, EDTA or their associations. Eighty-four intact bovine incisors, freshly extracted, were sectioned in order to obtain samples of the buccal middle third of the crown. The samples were randomly distributed into 14 groups (n = 6) according to the chemical surface treatment of the dentin. G1 (control): 0.9% NaCl; G2: 5.25% NaOCl, G3 and G4: 5.25% NaOCl followed by 10 or 20% sodium ascorbate, respectively, for 10 minutes; G5: 0.9% NaCl followed by 17% EDTA; G6 and G7: 0.9% NaCl + 17% EDTA followed by 10 or 20% sodium ascorbate respectively, for 10 minutes; G8: 5.25% NaOCl + 17% EDTA + 5.25% NaOCl; G9, G10 and G11: similar to G8 followed by 10% sodium ascorbate for 1, 5 or 10 minutes, respectively; G12, G13 and G14: similar to G8 followed by 20% sodium ascorbate for 1, 5 or 10 minutes, respectively. At the end, all samples were immersed in 0.9% NaCl for 3 minutes. The dentin was hybridized with Adper Scotchbond Multi-Purpose and then prepared for the microtensile bond strength test. Data were analyzed statistically ($\alpha= 0.05$) and the failure mode classified under Scanning Electron Microscopy (SEM). The values of bond strength of Group 1 were significantly higher than other groups, except for Group 4. Group 4 showed average superior to Groups 9 and 14 ($p < 0.05$). However, no differences were observed among the other groups, regardless of the dentin surface treatment, application time or concentration of sodium ascorbate. It was concluded that NaOCl and EDTA, whether associated or not, significantly reduced ($p < 0.05$) the bond strength values of resin-dentin interface in the pulp chamber. Sodium ascorbate restored the bond strength values of pulp chamber dentin only when used at a concentration of 20% for 10 minutes after an isolated application of NaOCl on dentin (Group 4).

Keywords: Reducing agents, dentin-bonding agents, root canal irrigants

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 O selamento coronário no prognóstico de dentes tratados endodonticamente	4
2.2 Materiais adesivos no selamento coronário	7
2.3 Efeitos do hipoclorito de sódio e EDTA no substrato dentinário	9
2.4 Resistência de união à microtração	13
2.5 Dente bovino como modelo experimental em ensaio de microtração	17
2.6 Efeito dos agentes antioxidantes na resistência de união à dentina tratada com NaOCl	19
3 PROPOSIÇÃO	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 Materiais	25
4.1.1 Dentes	25
4.1.2 Substâncias químicas testadas	25
4.1.3 Materiais Restauradores	25
4.2 Métodos	27
4.2.1 Obtenção, limpeza e armazenagem dos dentes	27
4.2.2 Preparo dos dentes	27
4.2.3 Grupos experimentais	29
4.2.4. Procedimentos restauradores	32
4.3 Obtenção dos espécimes para o teste de microtração	34
4.4 Teste de microtração	35
4.5 Análise do padrão de fratura	36
5 RESULTADOS	38
5.1 Ensaio de resistência de união à microtração	38
5.2 Análise do padrão de fratura	40
6 DISCUSSÃO	44

7 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A infiltração coronária é uma das causas do insucesso da terapia endodôntica (Saunders & Saunders, 1994). A saliva e os microrganismos da cavidade bucal podem rapidamente migrar para o interior de canais radiculares, por espaços vazios entre o dente e restaurações pobremente adaptadas, recontaminando-os (Saunders & Saunders, 1994; Vârlan *et al.*, 2009).

A maioria dos elementos dentários submetidos à terapia endodôntica resulta de traumas, cáries extensas, restaurações e procedimentos endodônticos prévios (Vârlan *et al.*, 2009). Situações que acarretam grande perda de estrutura dentária, fazendo-se necessária a confecção de restaurações imediatas após o término da obturação endodôntica (Saunders & Saunders, 1994; Schwartz & Fransman, 2005; Vârlan *et al.*, 2009), não só para impedir a infiltração bacteriana como também manter a função, a estética e preservar a porção coronária remanescente, minimizando a probabilidade de fratura do dente (Burgess *et al.*, 1992; Ausiello *et al.*, 1997).

Materiais restauradores provisórios, tradicionalmente, têm sido utilizados, ao longo dos anos, para retardar ou impedir a infiltração coronária entre as sessões ou após o tratamento endodôntico previamente ao selamento definitivo. Entretanto, estes materiais sofrem uma diminuição da sua capacidade seladora em função do tempo e do tipo de esforço a que são submetidos (Galvan *et al.*, 2002). Dessa forma, a clínica endodôntica vem substituindo-os por materiais definitivos.

As resinas compostas oferecem vantagens em relação aos materiais não-adesivos, tais como: adesão às estruturas dentais, fácil manipulação e propriedades mecânicas adequadas, algumas das quais similares às da dentina (Scotti & Ferrari, 2003). Assim, têm sido os materiais restauradores de escolha da terapia endodôntica, pela capacidade de união à dentina, por aumentar a resistência à fratura das estruturas dentais remanescentes (Hernandez *et al.*, 1994; Ausiello *et al.*, 1997; Nikaido *et al.*, 1999), aumentar a retenção da restauração, pela formação da camada híbrida e por diminuir a infiltração marginal (Belli *et al.*, 2001b).

Os sistemas adesivos são os responsáveis por unir as resinas às estruturas dentárias e classificam-se em convencionais e autocondicionantes, de acordo com a estratégia empregada para remoção da *smear layer*. Enquanto os adesivos convencionais utilizam o condicionamento ácido para eliminá-la, os autocondicionantes a dissolve e a incorpora na camada híbrida (Van Meerbeek *et al.*, 2003). A literatura, no entanto, tem sido vasta em demonstrar a incompatibilidade entre alguns sistemas adesivos e a substância química auxiliar mais largamente utilizada no tratamento endodôntico, o hipoclorito de sódio (Ishizuka *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001; Ari *et al.*, 2003; Erdemir *et al.*, 2004).

O hipoclorito de sódio é uma tradicional substância irrigadora, utilizada há mais de sete décadas, e tem mostrado causar uma diminuição na resistência de união de diversos sistemas adesivos à dentina após a irrigação endodôntica (Lai *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001; Vongphan *et al.*, 2005; Weston *et al.*, 2007). Uma justificativa para esta diminuição é a dissociação do hipoclorito de sódio em subprodutos como o cloreto de sódio e oxigênio. Este último influencia na penetração de monômeros resinosos na estrutura da dentina desmineralizada (Nikaido *et al.*, 1999), assim como, causa inibição da polimerização (Nikaido & Nakabayashi, 1988; Titley *et al.*, 1988; Morris *et al.*, 2001).

Dessa forma, o ácido ascórbico e o seu sal (ascorbato de sódio), freqüentemente empregados na indústria alimentícia como agentes antioxidantes, vêm sendo utilizados na Odontologia, na concentração de 10%, com o objetivo de reduzir os componentes oxidados das estruturas dentinárias pelo oxigênio residual do hipoclorito de sódio e restabelecer os valores adesivos da dentina (Morris *et al.*, 2001; Vongphan *et al.*, 2005; Weston *et al.*, 2007; Prasansuttiorn *et al.*, 2011).

O efeito benéfico do ácido ascórbico e ascorbato de sódio 10%, em restabelecer a resistência de união dos materiais adesivos às superfícies da dentina radicular imediatamente após o tratamento com NaOCl, parece comprovado na literatura (Morris *et al.*, 2001; Weston *et al.*, 2007; Cunha *et al.*, 2009; Kawagoe, 2010). Por outro lado, somente um estudo (Vongphan *et al.*, 2005) mostra os efeitos do agente antioxidante (ascorbato de sódio) sobre a resistência de união à dentina da câmara pulpar. Outro fator

relacionado com o uso do agente redutor é o tempo de aplicação preconizado pelos fabricantes e estabelecido na literatura, que é de 10 minutos, tornando-se inconveniente sua utilização durante o tratamento endodôntico.

Diante da necessidade de mais estudos que elucidem o efeito do ascorbato de sódio na dentina da câmara pulpar e seus reais benefícios na clínica endodôntica, o propósito deste estudo foi avaliar o ascorbato de sódio em diferentes tempos de aplicação e concentrações na resistência de união de um sistema adesivo convencional de 3 passos à dentina da câmara pulpar bovina tratada com hipoclorito de sódio, EDTA ou suas associações.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O selamento coronário no prognóstico de dentes tratados endodonticamente.

Ainda que a percolação apical seja considerada um fator de fracasso do tratamento endodôntico, a literatura tem dado enfoque, nos últimos anos, ao insucesso da terapia endodôntica causado pela infiltração coronária (Saunders & Saunders, 1994; Ray & Trope, 1995; Madison & Wilcox, 1988; Siqueira *et al.*, 2000; Ricucci *et al.*, 2000; Schwartz & Fransman, 2005; Gencoglu *et al.*, 2010). A falta de selamento coronário, seja por restaurações temporárias ou permanentes, inapropriadas ou ausentes, permite que bactérias e fatores bacterianos, como as endotoxinas, da cavidade bucal penetrem nos canais radiculares e, eventualmente, alcancem a região apical (Alves *et al.*, 1998).

A concepção do insucesso do tratamento de canais radiculares resultar da infiltração coronária não é nova. Desde 1961, autores especulam sobre a possibilidade de o pobre selamento coronal influenciar negativamente e contribuir para falhas no tratamento endodôntico. Marshall & Massler (1961) realizaram um estudo de percolação com isótopos radioativos e observaram a ocorrência de infiltração na porção coronária de canais radiculares, apesar da presença da restauração.

Swanson & Madison (1987) através de um estudo de infiltração *in vitro* observaram que, quando expostos à saliva artificial, todos os dentes obturados com guta-percha e cimento, e sem selamento coronário apresentaram extensos níveis de infiltração, variando de 79% a 85% do comprimento da raiz, em 56 dias. Os autores concluíram que a infiltração coronária é um potencial fator etiológico do fracasso de tratamento de canais radiculares.

Madison & Wilcox (1988) confirmaram através de um estudo *in vivo* que a exposição dos canais radiculares à cavidade bucal permitia a infiltração coronária e esta se estendia, em alguns casos, por todo o comprimento do canal.

A penetração de *Staphylococcus epidermidis* e *Proteus vulgaris* em 45 canais de dentes unirradiculares, obturados pela técnica de compactação lateral, porém sem selamento coronário, foi pesquisada por Torabinejad *et al.*, em 1990. Estes autores

verificaram que, em 19 dias, houve contaminação de 50% dos canais em toda a sua extensão depois da exposição ao *S. epidermidis*. O mesmo resultado foi obtido com *P. vulgaris*, no período de 52 dias.

Khayat *et al.* (1993) avaliaram a infiltração bacteriana, através da exposição à saliva humana, de trinta dentes unirradiculares extraídos obturados com a técnica de compactação lateral e vertical. Como resultado, todos os canais estavam contaminados em menos de trinta dias, independentemente da técnica de obturação utilizada. Os autores concluíram que canais obturados e expostos diretamente à saliva podem tornar-se rapidamente recontaminados, devido à solubilização do cimento endodôntico e à permeabilidade da obturação.

Saunders & Saunders (1994) realizaram uma revisão de literatura abordando a infiltração coronária como causa de falha da terapia endodôntica. Os autores relataram que os canais radiculares podem ser recontaminados por microrganismos pelo atraso da confecção da restauração coronária, por fratura da restauração ou do dente, ou por um inadequado preparo de espaço para pino. Ressaltaram a importância da colocação de um material restaurador diretamente no assoalho da câmara pulpar em dentes multirradiculares, devido à possibilidade da presença de canais cavo-interradulares nesta região e enfatizaram a importância da remoção da *smear layer*, impedindo que bactérias das paredes dentinárias persistam no sistema de canais radiculares. Um material restaurador que promova um bom selamento da cavidade deve ser selecionado. Concluíram, assim, que é essencial que seja dada atenção à prevenção da infiltração durante e após a realização do tratamento endodôntico.

Ray & Trope (1995) avaliaram, a partir de exames radiográficos, a prevalência de lesão perirradicular em função da qualidade das restaurações coronárias e obturações endodônticas, e evidenciaram que a ausência de lesão foi significativamente mais frequente nos dentes cuja restauração coronária estava adequada do que naqueles restaurados insatisfatoriamente. Os autores concluíram que a saúde periapical dependeu muito mais da restauração coronária do que a qualidade técnica do tratamento endodôntico.

Alves *et al.* (1998) avaliaram a penetração de endotoxina e de bactérias anaeróbias por via coronária em canais obturados e depois preparados para receber pino. O tempo médio de percolação para transpor 5 mm de obturação residual foi de 23 dias para a endotoxina e de 62 dias para as bactérias. Os autores reforçaram a necessidade de se realizar restaurações coronárias imediatamente após a terapia endodôntica.

Ricucci *et al.* (2000) não encontraram diferenças estatisticamente significativas na condição periapical de dentes que apresentaram restaurações coronárias comparados aos dentes expostos ao meio bucal. Concluíram, assim, que a infiltração coronária não é tão importante se a instrumentação e a obturação dos canais radiculares forem realizadas satisfatoriamente.

Siqueira *et al.* (2000) avaliaram a infiltração coronária de microrganismos da saliva em canais obturados através de três técnicas: onda contínua de compactação (System B), Thermafil e compactação lateral. Um número significativo de espécimes encontrava-se nos canais depois de 30 dias, independente da técnica utilizada. Passados 60 dias, 75% dos canais obturados com o system B, 85% dos obturados com Thermafil e 90% dos obturados através da técnica de compactação lateral estavam completamente contaminados. Não houve, portanto, diferenças significantes entre as técnicas.

Hommeiz *et al.* (2002) avaliaram o impacto da qualidade de restaurações coronárias e do tratamento endodôntico na saúde periapical de dentes tratados endodonticamente e observaram que os dentes com restaurações satisfatórias apresentaram menos alterações periapicais. Os autores concluíram que tanto a adequada restauração coronária quanto a qualidade técnica de preparo e obturação do sistema de canais radiculares foram importantes para o sucesso da terapia endodôntica.

Siqueira *et al.* (2005) realizaram um estudo para determinar a prevalência de lesões perirradiculares em dentes tratados endodonticamente. Assim, avaliaram a qualidade do tratamento endodôntico e das restaurações coronárias e associaram com o *status* perirradicular dos elementos dentários. A qualidade das restaurações coronárias afetou

significativamente o sucesso de dentes com tratamentos endodônticos inadequados, mas não afetou o sucesso de dentes com tratamentos endodônticos adequados.

Tavares *et al.* (2009) analisaram a prevalência de periodontite apical em função da qualidade das obturações endodônticas e restaurações coronárias de dentes submetidos à terapia endodôntica. Os resultados demonstraram que altas taxas de sucesso (ausência de lesão periapical) foram resultados da combinação de uma adequada obturação dos canais radiculares e restaurações coronárias satisfatórias.

Gencoglu *et al.* (2010) relacionaram a qualidade do tratamento endodôntico e restaurações coronárias com o estado periapical de dentes tratados endodonticamente. Os resultados mostraram que restaurações coronárias adequadas não afetaram significativamente o sucesso do tratamento endodôntico, entretanto, o tratamento endodôntico inadequado mostrou-se significativamente associado com a presença de periodontite apical.

2.2 Materiais adesivos no selamento coronário

Na busca por materiais que melhor se enquadrem nos requisitos necessários para prevenir a infiltração coronária, inúmeras pesquisas têm comparado os diversos materiais restauradores.

Kleitches *et al.* (1995) demonstraram que os acessos endodônticos restaurados com resina composta e com a “técnica sanduíche” (ionômero de vidro mais resina) apresentaram menor infiltração coronária que as restaurações realizadas somente com cimento de ionômero de vidro. Os resultados deste estudo sugeriram que a inserção incremental de resina composta ou a restauração sanduíche podem reduzir a microinfiltração coronária.

Uranga *et al.* (1999) compararam *in vitro* a qualidade do selamento de materiais temporários e permanentes em cavidade de acesso de dentes tratados endodonticamente. Oitenta dentes humanos recém-extraídos foram preparados biomecanicamente e obturados com guta-percha e cimento AH plus pela técnica de condensação vertical. As cavidades de acesso foram seladas com Cavit, Fermit, Tetric ou Dyract. A microinfiltração coronária foi

avaliada pela penetração do corante azul de metileno. A maior infiltração foi observada nos dentes selados com os materiais temporários Cavit e Fermit. Os materiais restauradores definitivos mostraram capacidade de selamento significativamente maior. Os autores concluíram que materiais restauradores definitivos devem ser os de escolha, para prevenir a penetração de fluidos coronariamente e selar dentes endodonticamente tratados.

Belli *et al.* (2001b) avaliaram *in vitro* a capacidade de diferentes materiais selar os orifícios de entrada dos canais radiculares após a terapia endodôntica. Os orifícios foram temporariamente selados com guta-percha sem cimento. A câmara pulpar foi irrigada com NaOCl a 5% por 5 minutos, seguido da lavagem com água aquecida por 2 minutos e então selada com Clearfil SE Bond, One Step, C&B Metabond e IRM. A qualidade do selamento dos espécimes foi medida pela passagem de fluidos imediatamente, 1 dia, 1 semana e 1 mês após a colocação dos materiais. Durante todo o período de avaliação, os materiais resinosos apresentaram excelente vedamento. O IRM apresentou microinfiltração significativamente maior. Os autores concluíram que os materiais adesivos devem ser considerados como uma barreira secundária para prevenir a microinfiltração nos orifícios de entrada dos canais radiculares.

Well *et al.* (2002), compararam a eficácia do selamento dos cimentos Principle e C&B Metabond nos dois milímetros coronários do canal radicular ou de toda a extensão do assoalho da câmara pulpar com a técnica de filtração de fluidos. Os autores concluíram que não houve diferença estatística entre os materiais utilizados. O selamento coronário feito com compômero é simples de ser colocado e oferece boa proteção contra a microinfiltração coronária.

Galvan *et al.* (2002) compararam a capacidade seladora de cinco materiais. Molares inferiores foram utilizados e tiveram seus assoalhos da câmara pulpar e orifícios de entrada dos canais radiculares selados com quatro materiais resinosos (Amalgabond, C&B Metabond, adesivo One-Step com a resina AEliteflo e o adesivo One-Step com a resina Palfique e o IRM. A microinfiltração foi avaliada nos intervalos de 0, 1, 7, 30 e 90 dias. Os resultados indicaram que as quatro resinas adesivas foram eficazes em diminuir a

microinfiltração coronária, sendo que o Amalgabond produziu o melhor selamento em todos os períodos de avaliação. O IRM apresentou intensa infiltração com 1 e 3 meses, o que contra-indicaria seu uso por longos períodos.

Zaia *et al.* (2002) avaliaram a capacidade do IRM, Coltosol, Vidrion R e Scotchbond Multi-Purpose em selar os dois milímetros coronários do canal radicular após o tratamento endodôntico. Os autores observaram que todos os materiais avaliados apresentaram infiltração de corante, sendo que o agente adesivo Scotchbond Multi-Purpose foi o que apresentou maior infiltração, inclusive em comparação com materiais restauradores temporários, como IRM ou Cotosol.

Schwartz & Fransman (2005), num artigo de revisão sobre materiais e procedimentos clínicos para restauração da cavidade de acesso, ressaltaram a importância de se selar o acesso imediatamente após a conclusão da terapia endodôntica com materiais adesivos, garantindo o sucesso e a durabilidade do tratamento, prevenindo, dessa forma, a recontaminação do sistema de canais durante os preparos protéticos. Os autores destacaram, ainda, a preferência pelo uso de sistemas adesivos de 4ª geração (3 passos), devido à maior resistência adesiva proporcionada pelos mesmos.

2.3 Efeitos do hipoclorito de sódio e EDTA no substrato dentinário

A limpeza e modelagem adequadas do sistema de canais radiculares, além do estabelecimento de um selamento coronário são essenciais para um tratamento endodôntico bem-sucedido. Segundo Torabinejad & Walton (2010), a eliminação (ou uma redução significativa) do tecido pulpar inflamado ou necrótico ou de microrganismos é o fator mais crítico da terapia endodôntica, tornando-se imprescindível a utilização de substâncias químicas ativas associadas ao preparo mecânico.

Segundo Torabinejad *et al.* (2002), dissolução de tecidos orgânicos e inorgânicos, ação antimicrobiana, biocompatibilidade, baixa tensão superficial, ação lubrificante são algumas das propriedades ideais de um irrigante endodôntico. Nenhuma substância química, atualmente, preenche todos esses requisitos. O hipoclorito de sódio continua sendo

a substância química auxiliar mais amplamente recomendada por sua excelente atividade antimicrobiana e pela sua capacidade única de dissolver restos de tecidos necróticos (Zehnder, 2006). Entretanto, apesar de o cloro livre do NaOCl dissolver tecido necrótico quebrando as proteínas em aminoácidos, é sabido que esta habilidade é limitada dentro do canal radicular (Torabinejad & Walton, 2010).

Juntamente com hipoclorito de sódio, o uso de um agente quelante tem sido necessário para remover a parte inorgânica da *smear layer*. Esta camada é constituída de debris de dentina imersos em uma massa amorfa de material orgânico que se forma sobre as paredes do canal radicular durante o processo de instrumentação (Torabinejad *et al*, 2002). Acredita-se que a remoção da *smear layer* poderia eliminar ou reduzir a microbiota e suas toxinas das paredes do canal, aumentar o selamento dos cimentos obturadores e reduzir o potencial de sobrevivência bacteriana e sua reprodução (Zehnder, 2006, Torabinejad *et al*, 2002). Agente quelante do cálcio como o ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) tem sido amplamente utilizado.

Estas duas substâncias químicas auxiliares do tratamento endodôntico, apesar de, apresentarem efeitos terapêuticos desejáveis, podem causar alterações deletérias no substrato dentinário, comprometendo a adesão à dentina.

Slutzky-Goldberg *et al.* (2004) analisaram os efeitos do hipoclorito de sódio a 2,5% e 6,0% em diferentes períodos de exposição (5, 10 e 20 minutos) na microdureza da dentina bovina submetido ao teste de Vickers em 03 profundidades distintas: 500 µm, 1.000 µm, 1.500 µm da luz do canal. As amostras irrigadas com NaOCl 2,5% e 6,0% durante um período igual ou superior a 10 minutos tiveram um decréscimo significativo na microdureza da superfície dentinária radicular. Após análise dos resultados, os autores aconselharam o uso do NaOCl em baixas concentrações durante um período inferior a 10 minutos no intuito de preservar a integridade biomecânica do substrato dentinário.

Ari & Erdemir (2005) avaliaram o conteúdo mineral da dentina do canal radicular após o tratamento com substâncias químicas auxiliares. Os canais foram alargados com brocas Gates Glidden (1, 2 e 3). Os grupos experimentais foram divididos em G1:

clorexidina 0,2% por 15 minutos; G2: H₂O₂ por 15 minutos; G3: EDTA 17% por 15 minutos; G4: NaOCl 5,25% por 15 minutos; G5: NaOCl 2,5% por 15 minutos; G6: água destilada (controle). Raspas de dentina foram obtidas utilizando brocas de Gates Glidden (4, 5 e 6). Os níveis de cálcio, fósforo, magnésio, potássio e enxofre foram analisados com a técnica de espectrometria de emissão atômica. Os resultados mostraram significativa diminuição de cálcio e fósforo após o tratamento com todas as soluções irrigantes, exceto com o NaOCl 5.25% quando comparados com o grupo controle. As mudanças nos níveis de potássio, enxofre e magnésio não foram estatisticamente significantes (p>0,05). Os autores concluíram que as soluções irrigantes do canal radicular têm efeito no conteúdo mineral da dentina.

Garcia-Godoy *et al.* (2005) compararam a remoção da *smear layer* e a formação da camada híbrida após irrigação dos canais radiculares com soluções de EDTA a 17%, MTDA *Biopure* e solução salina por 5 minutos e, posterior obturação com cimento EndoREZ e guta-percha injetada 2 a 3 mm aquém do comprimento de trabalho. Os espécimes foram avaliados nos terços cervical, médio e apical em microscopia eletrônica de transmissão. O EDTA e o MTDA removeram detritos de até 2 µm de *smear layer*. A camada híbrida formada pelo MTDA foi mais fina que a formada pelo EDTA, porém os dois irrigantes causaram um colapso na matriz dentinária que impediu a infiltração do cimento e a formação de uma camada híbrida de alta qualidade.

Marening *et al.* (2007) avaliaram o impacto de diferentes protocolos de irrigação sobre o módulo de elasticidade e resistência flexural da dentina de raízes humanas utilizando NaOCl 2,5%, EDTA 17% e H₂O. Os autores concluíram que a exposição ao NaOCl 2,5% por 24 minutos, independente do protocolo, causou uma redução na resistência flexural da dentina, porém o módulo de elasticidade permaneceu inalterado. Em contraste, a exposição ao EDTA 17% por 3 minutos (como feita clinicamente) não afetou os parâmetros mecânicos da dentina.

Moreira *et al.* (2009) avaliaram a ocorrência de alterações na estrutura e organização do colágeno presente na matriz orgânica da parede dentinária do canal

radicular de incisivos bovinos, bem como, avaliaram a topografia da matriz inorgânica após irrigação com hipoclorito de sódio 5,25%, EDTA 17% e clorexidina gel 2%. As amostras após instrumentação e irrigação com as diferentes substâncias químicas foram segmentadas em dois fragmentos. Um fragmento de cada amostra foi processado histologicamente e seu retardo óptico mensurado em microscopia de polarização. O outro segmento foi preparado e avaliado em microscopia eletrônica de varredura. Os resultados demonstraram que os grupos tratados com NaOCl 5,25%, associado ou não ao EDTA 17%, apresentaram alterações na organização macromolecular do colágeno presente na matriz orgânica da dentina radicular de dentes bovinos. A análise realizada por MEV demonstrou alterações estruturais na matriz inorgânica em todos os grupos em que o EDTA 17% foi utilizado.

Ballal *et al.* (2010) avaliaram o efeito das soluções de EDTA 17% e ácido maleico 7% sobre a microdureza e rugosidade da dentina radicular humana. Os autores concluíram que não houve diferença significativa entre o EDTA e o ácido maleico na redução da microdureza. No entanto, o aumento da rugosidade foi significativamente maior com o uso do ácido maleico.

Zhang *et al.* (2010) testaram os protocolos de irrigação: NaOCl 1,3% / EDTA 17% e NaOCl 5,25 % / EDTA 17% na degradação do colágeno e na resistência flexural da dentina radicular humana. Pó e discos de dentina mineralizada foram imersas em NaOCl 1,3% ou 5,25% por 10 a 240 minutos e, em seguida, lavadas com EDTA 17% por 2 minutos. Os autores observaram um aumento na degradação do colágeno e a diminuição na resistência flexural de dentina mineralizada quando o NaOCl 5,25% foi usado como irrigante inicial por mais de 1 hora. No entanto, as alterações na dentina tratada com NaOCl 1,3 % por até 4 horas foram insignificantes. Os autores concluíram que os efeitos deletérios no substrato dentinário causado pelo NaOCl é tempo- e concentração-dependente e não estão associadas com a desmineralização causada pelo EDTA 17% como irrigante final.

Moreira (2011) avaliou os efeitos do ácido ascórbico 10% e do ascorbato de sódio 10% aplicados durante 10 minutos após a irrigação com NaCl 0,9%, NaOCl 5,25% e EDTA 17%, sozinhos ou associados, no colágeno da matriz orgânica da parede dentinária

do canal radicular de incisivos bovinos, utilizando microscopia de luz polarizada; além de avaliar a microdureza Knoop e resistência flexural da dentina radicular bovina. A autora concluiu que o ácido ascórbico e/ou ascorbato de sódio 10% reverteram os valores de retardo óptico do colágeno, assim como produziram maiores valores de microdureza Knoop e resistência flexural em relação ao grupo controle.

2.4 Resistência de união à microtração

Em 1994, foi introduzido por Sano *et al.* o teste de resistência à microtração. Os autores avaliaram a relação entre a área dentinária e a resistência de união de materiais adesivos. Para isso, a dentina foi condicionada e hibridizada com os sistemas adesivos Scotchbond Multi-Purpose e Clearfil Liner Bond 2. Blocos de compósito ou ionômero de vidro (Vitremmer), apresentando 5 mm de altura foram confeccionados. Fatias com espessura variando de 0,5 a 3 mm foram obtidas através de cortes seriados e entalhes do tipo ampulheta nas interfaces adesivas. Os espécimes foram submetidos ao teste de microtração. Os valores de resistência de união obtidos foram inversamente proporcionais à área adesiva. Os autores concluíram que este teste é capaz de mensurar altos valores de resistência de união sem a ocorrência predominante de fraturas coesivas.

Pashley *et al.*, em 1995, realizaram uma revisão de literatura sobre o ensaio de microtração, relatando o processo de adesão nos diferentes substratos, as variáveis envolvidas durante o condicionamento ácido, aplicação do *primer* e do adesivo. Segundo os autores, o ensaio apresenta como vantagens a obtenção de altos valores de união. Além disso, o padrão de fratura encontrado é, predominantemente, adesivo com poucas fraturas coesivas. O teste mensura a resistência de união exclusivamente da interface adesiva, permitindo a análise de superfícies irregulares e a avaliação em microscopia eletrônica de varredura. Como desvantagens, os autores relataram o período laboratorial intensivo, técnica sofisticada com a necessidade de equipamentos especiais, dificuldade da mensuração de valores abaixo de 5MPa e a desidratação dos corpos-de-prova.

Pashley *et al.*, em 1999, realizaram uma revisão de literatura com o objetivo de descrever as modificações propostas para o ensaio de microtração. A partir de então, os

corpos de prova poderiam ser obtidos de 2 maneiras diferentes, ou em forma de palito ou de fatia. Os autores destacaram como vantagens do ensaio a obtenção de múltiplos corpos de prova a partir de um único dente e a mensuração de valores de união de diferentes regiões dentinárias, como a oclusal, coronária, cervical e intrapulpar. Concluíram, assim, que o teste de microtração oferece uma maior versatilidade de técnica em relação aos demais ensaios convencionais e proporciona uma análise adequada da resistência de união de materiais adesivos a substratos dentários.

Ao avaliar a resistência de união de três diferentes tipos de sistemas adesivos em dentes tratados endodonticamente, Nikaido *et al.* (1999) detectaram valores significativamente menores nos grupos em que os dentes haviam sido previamente irrigados com hipoclorito de sódio e/ou peróxido de hidrogênio, principalmente quando os adesivos Single Bond e Super Bond C&B foram utilizados. O sistema adesivo Clearfil Liner Bond II não foi afetado pelas soluções irrigadoras. Segundo estes autores, o condicionamento ácido com remoção da *smear layer* atribuído aos sistemas Single Bond e Super Bond C&B aumentou a permeabilidade da dentina permitindo que resíduos da substância irrigadora contaminassem a superfície. Por outro lado, a utilização do sistema Clearfil Liner Bond II, o qual promove um condicionamento dentinário mais suave, os *smear plugs* permaneceram na superfície condicionada bloqueando os contaminantes no interior dos túbulos dentinários.

Prati *et al.* (1999) avaliaram o efeito da remoção das fibras colágenas pelo NaOCl 1,5% durante 2 minutos, após condicionamento com ácido fosfórico 35%, na resistência de união de 4 sistemas adesivos convencionais Adper Scotchbond Multi-Purpose, Optibond FL, Single Bond e Prime & Bond à dentina. A microscopia eletrônica de varredura mostrou remoção das fibras colágenas expostas pelo ácido fosfórico após tratamento com NaOCl, aumento do diâmetro e tamanho dos túbulos dentinários, além de uma maior formação de ramificações laterais. A *smear layer* não sofreu modificações significativas em sua morfologia quando o NaOCl foi utilizado isoladamente. O teste de microtração revelou uma redução significativa na resistência de união do Scotchbond Multi-Purpose e do Single

Bond. O Optibond FL teve sua resistência adesiva aumentada, enquanto que a do Prime Bond permaneceu inalterada.

Ishizuka *et al.* (2001) determinaram os efeitos dos irrigantes endodônticos na adesão através da medição simultânea da adaptação marginal e da resistência de união à microtração. Um sistema adesivo de frasco único (Single Bond) e um sistema adesivo autocondicionante (Clearfil Mega Bond) foram aplicados sobre a dentina previamente irrigada com hipoclorito de sódio 6%. Nesse estudo, os autores encontraram que a irrigação com NaOCl interferiu na resistência de união dente-resina e promoveu maior formação de fendas marginais quando o sistema adesivo Clearfil Mega Bond foi empregado. Os autores concluíram que o condicionamento ácido necessário para hibridização com o Single Bond foi capaz de remover toda a extensão de dentina alterada pelo hipoclorito de sódio, justificando assim seu melhor desempenho frente ao sistema autocondicionante.

Belli *et al.* (2001a) avaliaram a resistência de união à microtração de dois sistemas adesivos às paredes dentinárias da câmara pulpar (assoalho, teto, parede e região de corno pulpar). Foram utilizados C&B Metabond e One-Step associados ou não ao pré-tratamento com NaOCl 5%. Os resultados indicaram que altos valores de resistência adesiva podem ser obtidos entre as resinas e as várias regiões da câmara pulpar. De acordo com os autores, isto pode permitir o uso de uma espessa camada de resina no assoalho da câmara pulpar e sobre os orifícios de entrada dos canais como uma barreira protetora secundária após o término do tratamento endodôntico.

Ari *et al.* (2003) encontraram diferenças estatisticamente significativas quando compararam a resistência de união de quatro cimentos resinosos (C&B Metabond, Panavia F, Variolink II, Rely-X) à dentina do canal radicular irrigada ou não com NaOCl 5%. Os dentes irrigados com NaOCl apresentaram menor resistência de união em relação ao grupo controle.

Ozturk & Özer (2004) avaliaram o efeito do hipoclorito de sódio 5% na resistência de união de quatro sistemas adesivos, e constataram uma redução de 23% na adesividade às paredes laterais da câmara pulpar, o que os fez concluir que tal substância é capaz de afetar

adversamente a resistência de união à dentina. Os autores especularam que a remoção das fibras colágenas da superfície dentinária pelo NaOCl impediria a formação de uma camada híbrida consistente, resultando na queda dos valores de resistência adesiva. Dentre os grupos com aplicação prévia de NaOCl, o Clearfil SE Bond apresentou a maior resistência de união, o que indicou que os sistemas adesivos autocondicionantes seriam mais apropriados para adesão às paredes dentinárias da câmara pulpar.

Erdemir *et al.* (2004) avaliaram o efeito de várias medicações na resistência de união à dentina do canal radicular. As paredes do canal radicular foram tratadas com NaOCl 5%, peróxido de hidrogênio 3% ou suas associações, gluconato de clorexidina 0,2% hidróxido de cálcio e formocresol. O grupo controle foi irrigado com água. Os canais radiculares foram obturados com C&B Metabond. Os resultados da resistência à microtração indicaram que NaOCl, peróxido de hidrogênio e a combinação de ambos exerceram efeitos negativos na adesão à dentina do canal radicular.

Santos *et al.* (2006) avaliaram o efeito das substâncias químicas auxiliares (NaOCl 5,25%, clorexidina 2% líquida e gel, associados ou não ao EDTA 17%) na resistência de união do Clearfil SE Bond à dentina da câmara pulpar. O teste de microtração revelou um decréscimo significativo na resistência de união do sistema adesivo à dentina quando o NaOCl 5,25% foi utilizado associado ou não ao EDTA 17%. A clorexidina 2%, líquida ou gel, associada ou não ao EDTA 17%, não influenciou na resistência adesiva da dentina da câmara pulpar.

Dametto (2006) avaliou a influência do NaOCl 5,25%, EDTA 17%, NaOCl 5,25% associado ao EDTA 17%, clorexidina 2% gel e líquida na resistência de união de um sistema adesivo convencional (Single Bond) à dentina profunda da câmara pulpar. Os espécimes foram submetidos ao ensaio de microtração para avaliação da resistência coesiva em dentina e resistência de união na interface dentina-resina. Dez dentes foram submetidos ao teste de nanoinfiltração coronária com nitrato de prata. Os resultados demonstraram não haver diferença significativa entre os grupos quanto à resistência coesiva da dentina. A resistência de união resina-dentina foi menor para os grupos que utilizaram EDTA 17%. O

teste de nanoinfiltração não apresentou padrões diferentes entre os grupos avaliados e não houve uma correlação entre a resistência de união e a nanoinfiltração. Os autores concluíram que as substâncias químicas auxiliares testadas, com exceção do EDTA 17%, não promoveram alterações na resistência de união resina-dentina do assoalho da câmara pulpar.

Barutçigil *et al.* (2012) avaliaram a resistência de união à microtração dos sistemas adesivos Adper Scotchbond Multi-Purpose e Clearfil S3 Bond à dentina da câmara pulpar após a irrigação com diferentes concentrações de soluções de EDTA (5%, 15%, 17% e 19%) por 5 minutos. Os resultados mostraram que para os espécimes tratados com Adper Scotchbond Multi-Purpose, o grupo controle (solução salina) apresentou resistência de união significativamente superior quando comparado aos demais grupos experimentais (diferentes concentrações do EDTA). Porém, não houve diferenças entre as várias concentrações de soluções de EDTA. Para os grupos tratados com Clearfil S3 Bond, o grupo controle e o de EDTA 5% apresentaram resistência de união estatisticamente maior que os grupos do EDTA 17% e 19%. Os autores concluíram que a irrigação com EDTA afetou negativamente a adesão dos sistemas adesivos à dentina da câmara pulpar e baixas concentrações de EDTA devem ser recomendadas quando os sistemas adesivos autocondicionantes forem utilizados.

2.5 Dente bovino como modelo experimental em ensaio de microtração

Devido à dificuldade de se obterem elementos dentários humanos extraídos, as pesquisas odontológicas têm usado como substitutos experimentais os dentes bovinos.

Dentes humanos são morfológica e histologicamente semelhantes aos dentes dos demais mamíferos (bovinos, ovinos, eqüinos ou suínos), todavia o tamanho e disponibilidade fazem dos incisivos bovinos uma preferência para estudos *in vitro* (Nakamichi *et al.*, 1983; Schilke *et al.*, 1999; Reeves *et al.*, 1995; Lopes *et al.*, 2003; Reis *et al.*, 2004).

Nakamichi *et al.* (1983) foram os primeiros pesquisadores a afirmar que os dentes bovinos eram efetivamente confiáveis em pesquisa odontológica. Realizaram testes de resistência de união utilizando três cimentos de poliacrilato, um cimento de ionômero de vidro e um cimento de fosfato de zinco, além de duas resinas compostas. Para efeito de comparação entre os substratos humanos e bovinos, basearam-se em estudos histoquímicos e anatômicos que revelaram similaridades entre os dentes. A adesão ao esmalte e a dentina superficial não mostraram diferenças estatisticamente significantes entre os elementos dentários humanos e bovinos com nenhum dos materiais utilizados, mas a média de valores foi ligeiramente mais baixa para os dentes bovinos.

Hitt e Feigal, em 1992, confirmaram que dentes bovinos servem como substrato para testes experimentais em laboratório, tornando-se uma alternativa ao uso de dentes humanos. Afirmaram que a composição do esmalte e da dentina humana é semelhante à composição do esmalte e dentina bovina. Além disso, a área larga e relativamente plana da superfície vestibular dos incisivos são vantagens em relação aos dentes humanos.

Schilke *et al.* (1999) avaliaram a capacidade de dentinas coronárias e radiculares de dentes bovinos servirem como substitutos de dentes decíduos e molares permanentes humanos em teste de resistência de união para adesivos dentários. Foram utilizados 90 espécimes (30 incisivos centrais permanentes bovinos, 30 dentes decíduos humanos e 30 terceiros molares humanos). Nenhuma diferença significativa foi verificada nos valores de resistência de união entre dentes permanentes humanos e bovinos.

Em microscópio eletrônico de varredura, Schilke *et al.* (2000) obtiveram informações detalhadas sobre a dentina bovina ao comparar o número e diâmetro dos túbulos dentinários de incisivos bovinos, dentes decíduos e terceiros molares humanos. Para os dentes bovinos, coroas e raízes foram utilizadas; para amostras humanas somente as coroas foram avaliadas. Nenhuma diferença significativa foi encontrada no número de túbulos dentinários na dentina das coroas bovinas comparada à dentina de dentes decíduos e molares humanos. Os resultados sugeriram que a dentina coronária de dentes bovinos pode ser usada como substituto de molares humanos em teste de resistência à microtração.

Lopes *et al.* (2003) compararam a resistência de união do Scotchbond Multi-Purpose e Clearfil Liner Bond ao esmalte e dentina entre dentes humanos e incisivos bovinos. Nenhuma diferença estatística foi observada para o esmalte ao se utilizar os sistemas convencional e autocondicionante, o mesmo ocorreu em dentina com o Clearfil Liner Bond, porém o sistema Scotchbond Multi-Purpose apresentou resistência de união estatisticamente menor em dentina humana.

Em 2004, Reis *et al.* compararam a resistência de união à microtração do esmalte e dentina dos dentes humano, bovino e suíno. A micromorfologia dos diferentes substratos foi analisada em MEV. O sistema adesivo Single Bond foi utilizado para determinação da resistência de união aos vários substratos. Os resultados demonstraram diferenças estatísticas significantes para os valores de resistência de união entre o esmalte e a dentina. Entretanto, não houve diferença dos valores de adesão entre as espécies avaliadas. A análise feita nos substratos humano, bovino e suíno em microscopia eletrônica de varredura revelou semelhança no padrão morfológico de dentes humanos e bovinos, porém a distribuição dos prismas de esmalte dos dentes suínos se mostrou diferente. Dessa forma, os autores concluíram que dentes bovinos mostraram ser possíveis substitutos dos dentes humanos em ensaios mecânicos de microtração.

Kato *et al.* (2011) avaliaram a atividade das MMP-2 e -9 em dentes bovinos versus dentes humanos. Fragmentos de dentina bovina e humana, de coroas e raízes, foram transformadas em pó e as MMP-2 e -9 extraídas por dois protocolos, um neutro com guanidina- HCl/EDTA (pH 7,4) e um ácido com o ácido cítrico (pH 2,3). A atividade gelatinolítica dos extratos foi avaliada por zimografia. Os autores concluíram que a dentina bovina é um substrato confiável para estudos de erosão, cáries e restaurações dentárias que envolvam o perfil e a atividade das MMP-2 e -9.

2.6 Efeito dos agentes antioxidantes na resistência de união à dentina tratada com NaOCl

O hipoclorito de sódio, potente agente antimicrobiano comumente utilizado na terapia endodôntica, causa a oxidação dos componentes estruturais da dentina. Além disso,

resíduos e subprodutos do NaOCl, como o cloreto de sódio e oxigênio, difundem-se na matriz dentinária e ao longo dos túbulos (Nikaido,1999), afetando a penetração dos monômeros resinosos (Torneck *et al.*, 1990) e causando a inibição da polimerização.

Agentes antioxidantes, como o ácido ascórbico (vitamina C) e o seu sal, o ascorbato de sódio, vêm sendo empregados na Odontologia com o objetivo de neutralizar e reverter os efeitos deletérios do hipoclorito de sódio na resistência de união às estruturas dentinárias. (Lai *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001; Vongphan *et al.*, 2005; Weston *et al.*, 2007; Prasansuttiporn *et al.*, 2011).

O ácido ascórbico foi descoberto no século dezessete como uma importante vitamina solúvel em água. Foi primariamente isolado de fonte natural, por Sivrbely & Szent-Gyorgyi, em 1932, caracterizado estruturalmente, no mesmo ano por Waugh & King e sintetizado, em 1933, por Haworth & Hirt. Desde então, inúmeras pesquisas vêm estudando a química, as propriedades, as funções fisiológicas, o poder antioxidante e pró-oxidante do ácido ascórbico e seus derivados (Naidu, 2003).

O ascorbato de sódio, composto de vitamina C e sódio, é uma substância biocompatível, hidrossolúvel, amplamente utilizada na indústria alimentícia como antioxidante (Lai *et al.*, 2001, Morris *et al.*, 2001), em medicina cosmética, como indutor da formação de colágeno e na odontologia, como coadjuvante na prevenção da doença periodontal.

Muitas lacunas existem na compreensão do mecanismo exato de atuação destes agentes e seus reais benefícios no prognóstico da terapia endodôntica. Acredita-se que sua ação possa ser explicada pela habilidade dos agentes redutores doarem elétrons de alta energia para eliminar os radicais livres que são formados durante a polimerização da resina (Lai *et al.*, 2001). Dessa forma, não haverá competição dos radicais-livres presentes na dentina tratada com hipoclorito de sódio e dos radicais vinílicos gerados durante a ativação da luz nos sistemas adesivos fotopolimerizáveis, resultando no não fechamento prematuro da cadeia monomérica e na polimerização completa do adesivo.

Lai *et al.* (2001) avaliaram *in vitro* a resistência de união de 2 sistemas adesivos convencionais de 2 passos (Single Bond e Excite) às superfícies dentinárias oclusais da coroa de terceiros molares humanos tratados com NaOCl 5%, H₂O₂ 10% e ascorbato de sódio 10%, antes e após o condicionamento ácido. Os ensaios mecânicos de microtração revelaram uma redução significativa para ambos os adesivos após o uso do H₂O₂ 10%. O NaOCl 5% reduziu apenas a resistência de união do Single Bond. A utilização do ascorbato de sódio 10% por 10 minutos restabeleceu a resistência adesiva dos 2 sistemas adesivos para ambas as substâncias. O padrão de fratura foi avaliado por meio de microscopia eletrônica de transmissão e varredura. Após análise dos resultados, os autores atribuíram a redução da resistência adesiva à ação oxidante do H₂O₂ 10% e do NaOCl 5%.

Morris *et al.* (2001) avaliaram os efeitos do NaOCl 5%, do RC-Prep na resistência de união do cimento C&B Metabond às superfícies radiculares de dentes humanos, sozinhos ou associados ao ácido ascórbico 10% ou ascorbato de sódio 10%. Foram realizados ensaios mecânicos de microtração e as superfícies fraturadas examinadas em microscópio eletrônico de varredura para a classificação dos padrões de fratura. A análise dos resultados mostrou uma redução significativa da resistência de união, tanto para o NaOCl 5%, quanto para o RC-Prep, mas essa diminuição foi completamente revertida com a aplicação do ácido ascórbico ou do ascorbato de sódio, ambos 10% por 10 minutos.

Yiu *et al.* (2002) estudaram a relação entre nanoinfiltração e a presença de oxigênio na dentina, resultante da dissociação do NaOCl 5%, aplicado após condicionamento ácido; e a capacidade do ascorbato de sódio 10% restabelecer a resistência de união de 2 sistemas adesivos convencionais de 2 passos (One-Step Bond e Gluma Comfort Bond). Ensaios mecânicos de microtração mostraram uma redução significativa na resistência de adesão quando o NaOCl 5% foi utilizado. Esse efeito indesejável foi revertido com a aplicação do ascorbato de sódio 10% por 10 minutos. A micrografia eletrônica de transmissão, realizada após nanoinfiltração com nitrato de prata, revelou a ausência da camada híbrida com formação de porosidades entre dentina e adesivo, após tratamento com NaOCl 5%. Esse tipo de nanoinfiltração foi completamente eliminado após tratamento com ascorbato de sódio 10%. Os autores concluíram que os resíduos do NaOCl 5% dentro das porosidades da

dentina mineralizada podem resultar na polimerização incompleta do sistema adesivo e, portanto, comprometer a resistência adesiva.

Vongphan *et al.* (2005) avaliaram o efeito do ascorbato de sódio 10% na resistência de união de um sistema adesivo convencional de 2 passos (Single Bond) à dentina da câmara pulpar tratada com hipoclorito de sódio 5,25%. Os espécimes foram submetidos ao teste de microtração e os padrões de fratura determinados em microscópio eletrônico de varredura. Os autores concluíram que o hipoclorito de sódio diminuiu a resistência de união do sistema adesivo e o ascorbato de sódio 10% aplicado por 10 minutos reverteu de forma significativa os valores de adesão na interface resina-dentina da câmara pulpar.

Weston *et al.* (2007) avaliaram o efeito do ascorbato de sódio a 10%, quando aplicado por 1, 3 ou 10 minutos, e a 20%, aplicado por 1 minuto, na resistência adesiva do cimento C&B Metabond à dentina radicular humana após irrigação com hipoclorito de sódio 5,25%. Os resultados demonstraram que o NaOCl 5,25% reduziu significativamente a resistência de união na interface resina-dentina, porém esta diminuição foi revertida pelo uso do ascorbato de sódio 10% por 1 minuto. Os autores especularam que a capacidade do ascorbato de sódio reduzir o substrato dentinário pode ser quase instantânea.

Cunha *et al.* (2009) avaliaram o efeito da aplicação do ácido ascórbico após a desproteínização da dentina radicular bovina, utilizando um cimento auto-adesivo (RelyX U100) e comparando a outros dois sistemas adesivos (Single Bond e Clearfil SE Bond) utilizados com o cimento RelyX Arc. O NaOCl 5% utilizado na desproteínização e o ácido ascórbico 10% usado como agente redutor foram aplicados durante 10 minutos. Os testes de cisalhamento por extrusão revelaram que a desproteínização reduziu a resistência de união, no entanto, a situação foi restabelecida pelo uso do ácido ascórbico. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre os cimentos, mas os valores de adesão obtidos no terço cervical foram superiores às demais regiões radiculares.

Celik *et al.* (2010) avaliaram o efeito do ascorbato de sódio na resistência de união dos sistemas adesivos Clearfil SE Bond, Clearfil Tri-S Bond, Adper Prompt-L-Pop, Adper SingleBond 2 à dentina coronária vestibular de molares humanos tratada com hipoclorito de

sódio a 5,25%. Metade dos espécimes foi tratada somente com NaOCl 5,25% por 10 minutos, a outra metade, além do NaOCl 5,25%, foi aplicado o ascorbato de sódio 10% por 10 minutos. Os autores concluíram que o hipoclorito de sódio reduziu significativamente a resistência de união à dentina, não havendo diferenças estatísticas entre os sistemas adesivos avaliados e o ascorbato de sódio 10% reverteu apenas os valores de união do adesivo Adper Prompt-L-Pop.

Kawagoe (2010) analisou a resistência e a longevidade adesiva dos sistemas Scotchbond Multi-Purpose e Clearfil SE Bond à dentina radicular bovina tratada com clorexidina gel 2%, EDTA 17% e NaOCl 5,25% associado ou não ao ascorbato de sódio 10%, além de avaliar a importância das fibras colágenas na adesão. As amostras foram submetidas a ensaios mecânicos de cisalhamento por extrusão, após imersão em água, nos intervalos de 1 dia e 1 ano. Como controle de longevidade, parte da amostragem permaneceu imersa em óleo mineral por 1 ano. O padrão de fratura foi determinado em uma lupa estereoscópica 25X. A autora concluiu que o sistema Scotchbond Multi Purpose apresentou os melhores resultados; o NaOCl reduziu os valores de resistência adesiva imediata, tanto utilizado como substância química auxiliar como agente desproteinizante e o ascorbato de sódio 10% usado por 10 minutos restabeleceu os valores de adesão. A desproteinização e a aplicação de clorexidina conservaram os valores de resistência adesiva inalterados após 1 ano.

Prasansuttiorn *et al.* (2011) avaliaram o efeito de 3 agentes antioxidantes (ascorbato de sódio 10%, ácido rosmarínico ou Accel) na resistência de união à microtração do sistema adesivo autocondicionante de dois passos (Clearfil Protect Bond) à dentina coronária tratada com hipoclorito de sódio. Os agentes redutores foram aplicados por 5 ou 10 segundos após o tratamento da dentina com NaOCl a 6% por 30 segundos. Os autores observaram que a resistência de união à dentina foi reduzida com o uso do hipoclorito de sódio 6% e a aplicação do ascorbato de sódio por 5 ou 10 segundos não reverteu de forma significativa os valores de resistência de união. Entretanto, o ácido rosmarínico e Accel aplicados pelo mesmo período de tempo reverteram o efeito negativo do hipoclorito na adesão.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar *in vitro* o ascorbato de sódio, em diferentes tempos de aplicação (1, 5 e 10 minutos) e concentrações (10% e 20%), na resistência de união de um sistema adesivo convencional de 3 passos à dentina da câmara pulpar bovina tratada com hipoclorito de sódio 5,25%, EDTA 17% ou suas associações.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Materiais

4.1.1 Dentes

Foram utilizados 84 incisivos bovinos íntegros, recém-extraídos e armazenados em solução de timol 0,2% por, no máximo, seis meses.

4.1.2 Substâncias químicas testadas

Solução de hipoclorito de sódio 5,25% (Drogal, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Solução de EDTA 17% (Drogal, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Solução de cloreto de sódio 0,9% (Samtec, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil).

Solução de ascorbato de sódio 10% (Sigma, St. Louis, Missouri, EUA).

Solução de ascorbato de sódio 20% (Sigma, St. Louis, Missouri, EUA).

4.1.3 Materiais Restauradores

4.1.3.1 Ácido Fosfórico 37%

Condac 37 (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil).

Tabela 1- Marca comercial, composição, lote e fabricante do ácido fosfórico

MATERIAL	COMPOSIÇÃO*	LOTE	FABRICANTE
Condac 37	Ácido fosfórico a 37%, espessante, corante e água deionizada	050112	FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil

* Informação obtida do fabricante

4.1.3.2 Sistema adesivo

Adper Scotchbond Multi-Purpose (3M, St. Paul, Minnesota, EUA).

Tabela 2- Marca comercial, composição, lote e fabricante do sistema adesivo

MATERIAL	COMPOSIÇÃO*	LOTE	FABRICANTE
Adper Scotchbond Multi-Purpose	Primer: HEMA ¹ , ácido polialcenoico	N216732	3M, St. Paul, Minnessota, EUA
	Adesivo: Bis-GMA ² , HEMA ¹ , aminas	N205453	

* Informação obtida do fabricante. ¹2-hidroxietilmetacrilato, ²Bisfenol A-glicidil-metacrilato.

4.1.3.3 Resina composta

Filtek Z 250 B 0,5 (3M, St. Paul, Minnesota, EUA).

Tabela 3- Marca comercial, composição, lote e fabricante da resina composta

MATERIAL	COMPOSIÇÃO*	LOTE	FABRICANTE
Filtek Z250	Óxido de alumínio, sílica, óxido de zircônia, Bis-GMA ¹ , Bis-EMA ² , UDMA ³	N310184	3M, St. Paul, Minnessota, EUA

* Informação obtida do fabricante. ¹Bisfenol A-glicidil-metacrilato, ²Bisfenol A-polietileno glicol-diéter-dimetacrilato, ³Uretano dimetacrilato.

4.2 Métodos

4.2.1 Obtenção, limpeza e armazenagem dos dentes

Após a extração e armazenagem em solução de timol 0,2% sob refrigeração à 5° C, por, no máximo, seis meses, os dentes foram limpos com lâminas de bisturi nº15, montadas em cabo nº3 (JON, São Paulo, São Paulo, Brasil). Restos do ligamento periodontal e tecidos moles foram removidos e os dentes armazenados em água destilada, permanecendo em geladeira para a realização do preparo das superfícies das amostras.

4.2.2 Preparo dos dentes

As amostras foram preparadas com auxílio de um disco diamantado dupla face cortante (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) em baixa rotação (Kavo, Joinville, Santa Catarina, Brasil), sob constante irrigação à água. Inicialmente, foi removida a porção incisal do elemento dentário (5 mm horizontalmente; Fig. 1 A, B). Depois, paralelamente ao longo eixo do dente e por vista incisal, o disco penetrou no terço médio do dente até um limite semelhante ao seu raio (Fig. 1 C, D). Após esta etapa, o terço médio vestibular da coroa foi removido (Fig. 1 F), com o disco penetrando, por vestibular, perpendicular ao longo eixo do dente até o limite do corte anterior visto por lateral (Fig. 1 E). O tecido pulpar foi removido com uma cureta de dentina (Duflex, São Paulo, São Paulo, Brasil).

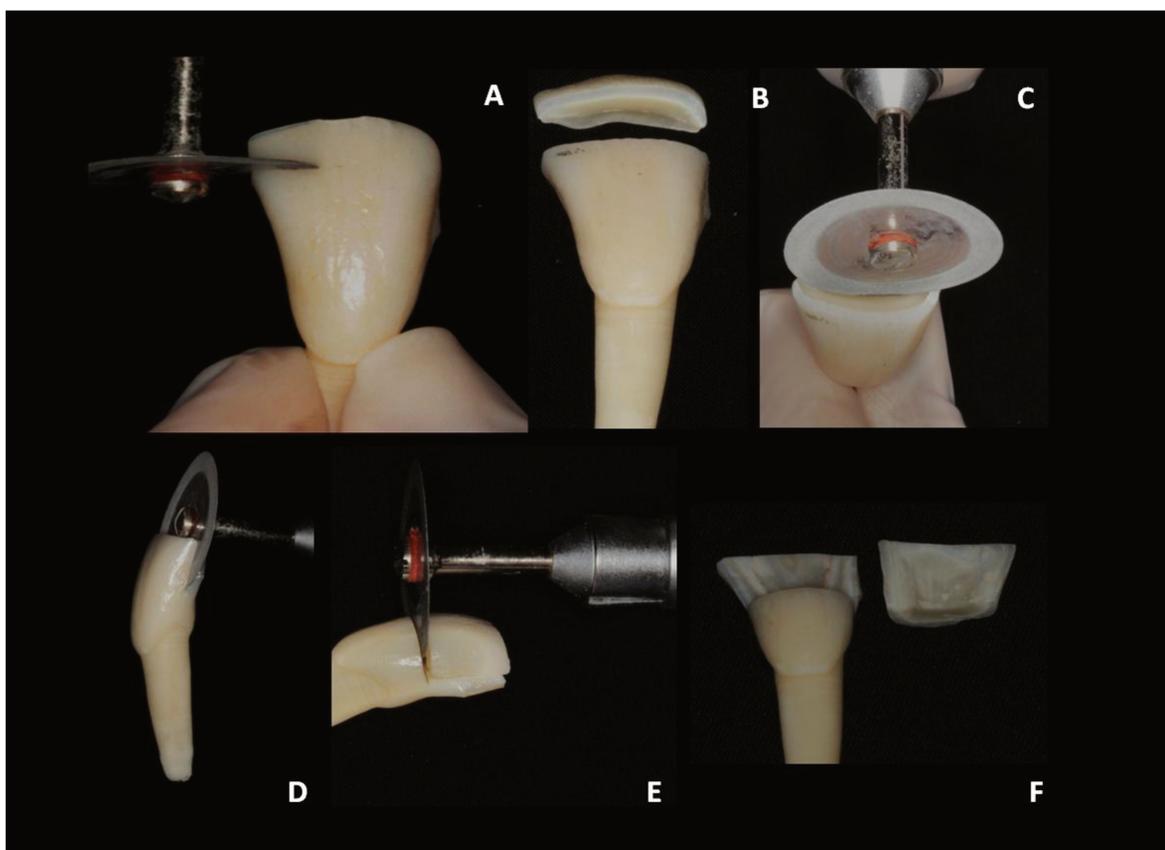


Figura 1- Corte para obtenção da amostra. A- Corte da porção incisal. B- Remoção da porção incisal. C- Penetração do disco por vista incisal. D- Vista lateral de corte. E- Penetração do disco por vestibular. F- Terço médio vestibular da coroa.

A superfície intracoronária de cada amostra (Fig. 2 C) foi planificada com o auxílio de lixas de carbeto de silício (3M, Sumaré, São Paulo, Brasil) de granulações 180 e 600 (Fig. 2 B, D), montadas em politriz elétrica giratória refrigerada à água (Fig. 2 A; APL-4 Arotec, Cotia, São Paulo, Brasil). A lixa de granulação 600 foi utilizada durante 15 s em cada amostra, proporcionando a padronização da espessura da *smear layer* (Watanabe *et al.*, 1994). Posteriormente, as amostras foram lavadas com água destilada por 15 s e distribuídas entre os grupos experimentais.

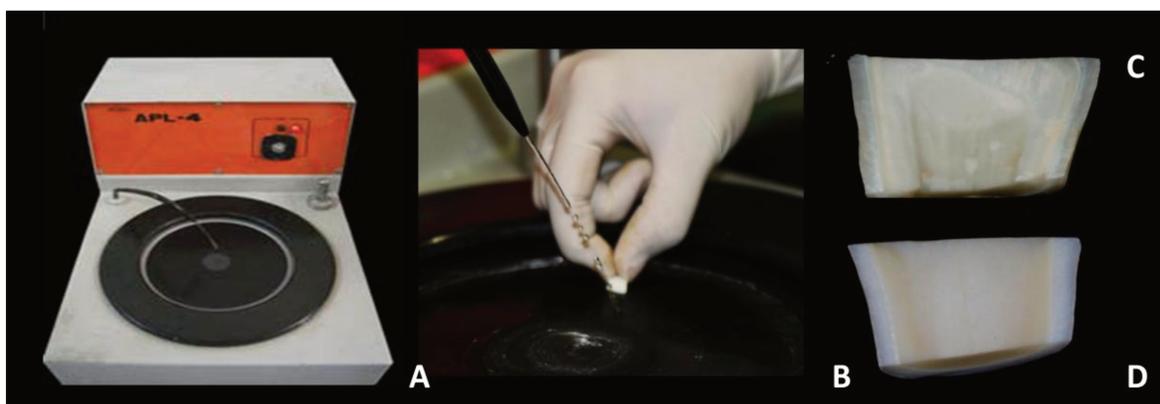


Figura 2- Padronização da *smear layer*. A- Politriz elétrica giratória refrigerada à água. B- Polimento da amostra. C- Amostra antes do polimento. D- Amostra após o polimento.

4.2.3 Grupos experimentais

Obtidas as amostras, estas foram divididas aleatoriamente em 14 grupos (n=6). O tratamento superficial das amostras com substâncias químicas correspondeu à sequência descrita abaixo e todas foram imersas em *beckers* de vidro (cada um contendo 5 amostras) com 10mL de cada solução sob agitação constante de 60 rpm à 37°C em mesa agitadora incubadora (Tecnal TE-420, Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Grupo 1: amostras imersas em solução de cloreto de sódio 0,9%, por 30 minutos, secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 2: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida de cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 3: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de ascorbato de sódio 10% durante 10 minutos e cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 4: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de ascorbato de sódio 20% durante 10 minutos e cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 5: amostras imersas em solução de cloreto de sódio 0,9% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos e cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 6: amostras imersas em solução de cloreto de sódio 0,9% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de ascorbato de sódio a 10% durante 10 minutos e cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 7: amostras imersas em solução de cloreto de sódio 0,9% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de ascorbato de sódio a 20% durante 10 minutos e cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 8: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto e em solução de cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 9: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio 10% durante 1 minuto e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 10: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio 10% durante 5 minutos e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 11: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio a 10% durante 10 minutos e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 12: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio 20% durante 1 minuto e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 13: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio 20% durante 5 minutos e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

Grupo 14: amostras imersas em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos, seguida da solução de EDTA 17% durante 3 minutos, imersão em solução de hipoclorito de sódio 5,25% por 1 minuto, imersão em solução de ascorbato de sódio 20% durante 10 minutos e, por fim, cloreto de sódio 0,9% por 3 minutos; secagem com papel absorvente e hibridização.

As soluções de ascorbato de sódio 10 e 20% foram preparadas somente no momento da utilização, devido à rápida oxidação sofrida pelo contato com o ar atmosférico (Vongphan *et al.*, 2005).

Para todos os grupos, as soluções de EDTA e NaOCl foram totalmente renovadas a cada 1 e 10 minutos, respectivamente.

Tabela 4- Protocolos de tratamento por grupo (n=6)

Grupos	Protocolos de tratamento
1	Soro
2	NaOCl + soro
3	NaOCl + Asc 10% 10 min + soro
4	NaOCl + Asc 20% 10 min + soro
5	Soro +EDTA +soro
6	Soro +EDTA + Asc 10% 10 min+ soro
7	Soro +EDTA + Asc 20% 10 min + soro
8	NaOCl + EDTA +NaOCl + soro
9	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 1 min + soro
10	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 5 min + soro
11	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 10 min + soro
12	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 1 min + soro
13	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 5 min + soro
14	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 10 min + soro

Soro- Solução de cloreto de sódio 0,9%; NaOCl- Hipoclorito de sódio 5,25%; Asc 10%- Ascorbato de sódio 10%; Asc 20%- Ascorbato de sódio 20%; EDTA- Ácido etilenodiaminotetracético 17%.

4.2.4. Procedimentos restauradores

Após o tratamento superficial da dentina com substâncias químicas, o excesso de cloreto de sódio 0,9% foi removido com auxílio de papel absorvente (Melitta, Avaré, São Paulo, Brasil).

4.2.4.1 Hibridização

O condicionamento ácido (Fig. 3 A) foi feito com ácido fosfórico 37% por 15 s na dentina da câmara pulpar (área mais esbranquiçada da dentina evidenciada na Fig. 3 C). Em seguida, a superfície foi lavada abundantemente por 15 s e secada com papel absorvente a fim de remover o excesso de água (Fig. 3 B, C). O *primer* do sistema Adper Scotchbond

Multi-Purpose foi aplicado com auxílio de um *microbrush* (FGM, Joinville, Santa Catarina, Brasil) na dentina condicionada (Fig. 3 D) e secado levemente por 5 s a uma distância de 10 cm. Posteriormente, foi aplicado o *bond* e fotopolimerizado por 10 s (Fig. 3 E, F) com luz halógena (Optilux 501-Kerr, Danbury, Connecticut, EUA) com potência de aproximadamente 600 mW/cm^2 aferida constantemente no radiômetro digital do aparelho fotopolimerizador (Optilux 501, Kerr, Danbury, Connecticut, EUA).

4.2.4.2 Inserção da resina composta

Imediatamente após a hibridização, as amostras receberam blocos de resina composta Filtek Z 250, cor B 0,5 (3M, St. Paul, Minnesota, EUA). O primeiro incremento com 1,0 mm de espessura foi confeccionado com o auxílio de uma espátula metálica para resina composta nº1 (Duflex, São Paulo, São Paulo, Brasil) e fotoativado por 30 s pelo aparelho Optilux 501, conforme recomendação do fabricante. Posteriormente, do mesmo modo, foram adicionados mais dois novos incrementos com intuito de confeccionar um bloco retangular com aproximadamente 3,0 mm de altura, 7,0 mm de comprimento e 8,0 mm de largura (Fig. 3G, H). Para cada bloco de resina composta confeccionado, a intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi verificada através do radiômetro digital para certificar que a mesma apresentava potência aproximada de 600 mW/cm^2 .

Todas as amostras foram armazenadas, por 24 horas, à 37° C sob umidade relativa do ar 100%.

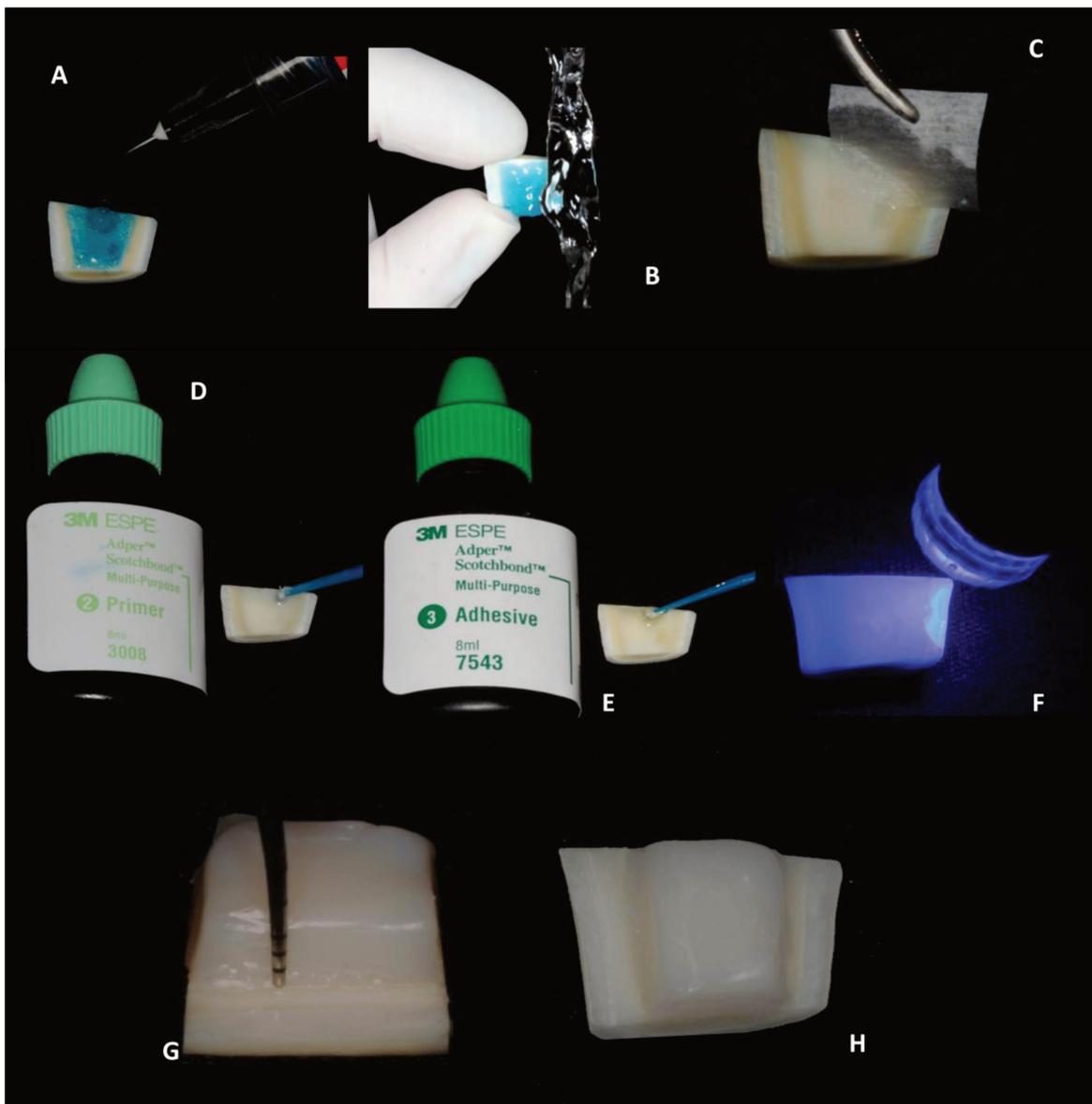


Figura 3- Procedimentos adesivos. A- Condicionamento com ácido fosfórico 37%. B- Lavagem abundante com água. C- Secagem com papel absorvente (área mais esbranquiçada evidenciando a dentina da câmara pulpar). D- Aplicação do *primer*. E- Aplicação do *bond*. F- Fotopolimerização. G, H- Blocos de resina composta de 3 mm.

4.3 Obtenção dos espécimes para o teste de microtração

As amostras de cada grupo foram fixadas em suportes de acrílico com cera pegajosa (Asfer, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil). Com o auxílio de um disco

diamantado (Fig. 4 B; Buehler, Lake Buff, Illinois, EUA), montado em uma cortadeira metalográfica (Fig. 4 A; ISOMET 1000, Buehler, Lake Buff, Illinois, EUA), em baixa rotação (300 rpm) e sob irrigação constante, foram efetuados cortes em sentidos longitudinais e perpendiculares da amostra obtendo-se palitos com área $1,0 \pm 0,2 \text{ mm}^2$ (Fig. 4 C). De cada amostra, foram selecionados 5 palitos (Fig. 4 D). Os palitos das extremidades foram descartados e, apenas, os centrais utilizados para o ensaio mecânico de microtração.

4.4 Teste de microtração

Os palitos preparados para o ensaio de microtração foram apreendidos com uma pinça e fixados pelas suas extremidades a um dispositivo (Fig. 4 E) com um adesivo a base de cianocrilato (Loctite Superbonder Gel, Itapevi, São Paulo, Brasil). A presa do adesivo foi acelerada pela aplicação de um acelerador de presa de cianocrilato (Loctite 7452, Itapevi, São Paulo, Brasil). Cada palito foi posicionado de maneira que a interface resina-dentina da câmara pulpar ficasse no centro do dispositivo e perpendicular à carga de tração aplicada durante o teste (Fig. 4 F). Os testes de microtração foram realizados a uma velocidade de 1,0 mm/min, utilizando-se uma Máquina de Ensaio Universal (EZ Test Shimadzu Co., Nakagyo-ku, Kyoto, Japão) com adaptação de uma célula de carga de 500N. No momento da fratura, o movimento foi imediatamente cessado e os dados coletados para posterior análise. Após a fratura dos corpos de prova, estes foram removidos do dispositivo de microtração e a secção transversal de cada um deles medida utilizando-se um paquímetro digital (Vonder, Curitiba, Paraná, Brasil) para o cálculo da área de união.

Os valores finais da resistência de união foram calculados dividindo-se os valores de carga de ruptura, obtidos em Kilograma/força (Kgf), pela área das secções transversais dos espécimes, sendo expressos em Megapascal (MPa) pela seguinte fórmula matemática: $R_u = (F / A) \times 0,0981$, onde: R_u = resistência da união, F = carga necessária para fraturar o corpo de prova, A = área da interface de união em cm^2 e 0,0981 = constante para transformação das unidades kgF/cm^2 para MPa.

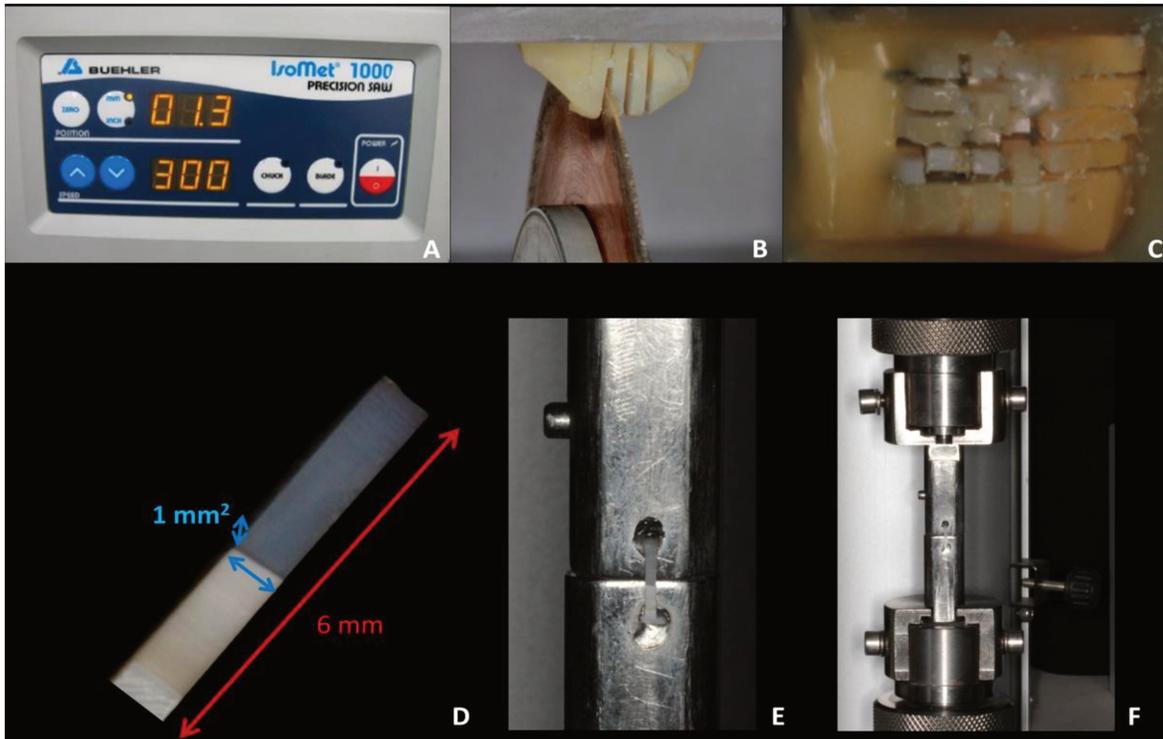


Figura 4- Obtenção dos corpos de prova para o teste de microtração. A- Isomet. B- Corte da amostra em sentido longitudinal. C- Cortes longitudinais e perpendiculares na amostra. D- Corpo de prova em forma de palito. E- Corpo de prova posicionado no dispositivo de microtração. F- Dispositivo posicionado na Máquina de Ensaio Universal (EZ test).

4.5 Análise do padrão de fratura

Todos os corpos de prova submetidos ao ensaio de microtração foram preparados para a análise do padrão de fratura em Microscopia Eletrônica de Varredura. O preparo consistiu da montagem dos espécimes (corpos de prova fraturados) em *stubs* de liga de cobre alumínio, com as faces fraturadas posicionadas para cima, fixados com o auxílio de fita dupla face de carbono e resina composta (Fig. 5 A) e secagem em estufa à 37° C por 24 horas. Após este período, os *stubs* com os espécimes foram levados ao metalizador (Denton Vacuum Desk II, Moorestown, Nova Jersey, EUA), onde receberam uma fina cobertura de ouro (Fig. 5 B). Por fim, foram analisados em microscópio eletrônico de varredura (JEOL – JSM 5600 LV, Akishima, Tóquio, Japão) regulado para 15 kV, com distância de trabalho (WD) de 20 mm e spottsize de 28 nanômetros de diâmetro.

Os padrões de fratura foram classificados de acordo com Vaz *et al.* (2011) em:

- 1- Fratura adesiva: rompimento na interface de união, com os túbulos dentinários expostos na interface da dentina e *tags* inteiros de resina na interface da resina;
- 2- Fratura coesiva em camada híbrida: rompimento no interior da camada híbrida;
- 3- Fratura coesiva em dentina: rompimento no interior da dentina;
- 4- Fratura coesiva em resina: rompimento no interior da resina;
- 5- Fratura mista: rompimento envolvendo dois ou mais substratos diferentes (resina, dentina, camada híbrida).

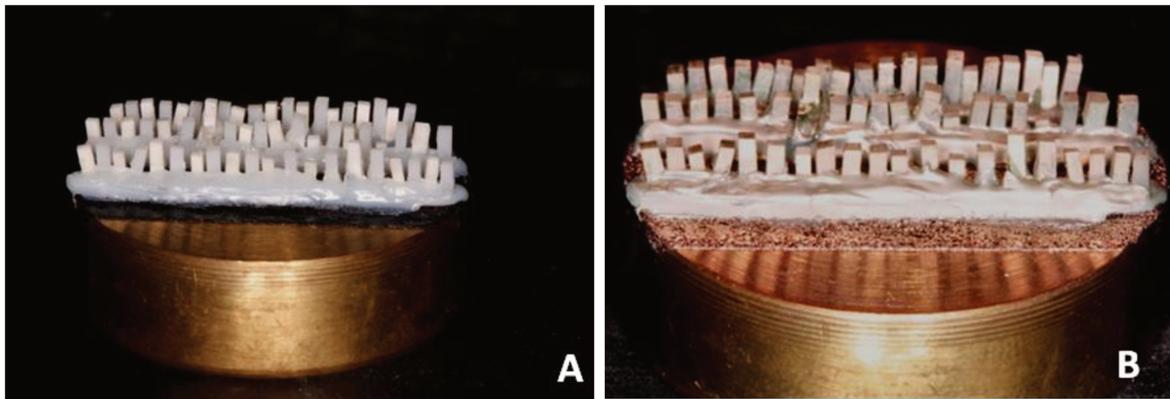


Figura 5- Preparo dos *stubs* com os espécimes para análise em MEV. A- *Stubs* antes da metalização. C- *Stubs* após a metalização.

A Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, foram aplicados para verificar se havia diferenças estatísticas entre os grupos.

A

B

5 RESULTADOS

5.1 Ensaio de resistência de união à microtração

As médias e desvios-padrão da resistência de união à dentina da câmara pulpar de cada grupo estão representados na Tabela 5 e ilustrados na Figura 6.

TABELA 5- Médias e desvios-padrão (DP) da resistência adesiva dos diferentes grupos e seus respectivos tratamentos

Grupos	Tratamentos	Médias (MPa) ± DP
1	Soro	37,5 ^a ± 5,6
2	NaOCl + soro	11,6 ^{b,c} ± 5,4
3	NaOCl + Asc 10% 10 min + soro	17,9 ^{b,c} ± 8,7
4	NaOCl + Asc 20% 10 min + soro	24,6 ^{a,c} ± 17,2
5	Soro +EDTA +soro	19,5 ^{b,c} ± 5,6
6	Soro +EDTA + Asc 10% 10 min + soro	17,6 ^{b,c} ± 10,4
7	Soro +EDTA + Asc 20% 10 min + soro	12,6 ^{b,c} ± 7,3
8	NaOCl + EDTA +NaOCl + soro	18,1 ^{b,c} ± 5,3
9	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 1 min + soro	7,1 ^b ± 2,4
10	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 5 min + soro	10,6 ^{b,c} ± 4,0
11	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 10% 10 min + soro	15,7 ^{b,c} ± 9,8
12	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 1 min + soro	10,2 ^{b,c} ± 4,2
13	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 5 min + soro	10,5 ^{b,c} ± 6,9
14	NaOCl + EDTA +NaOCl + Asc 20% 10 min + soro	5,8 ^b ± 3,5

Médias acompanhadas por letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre si ($p < 0,05$).

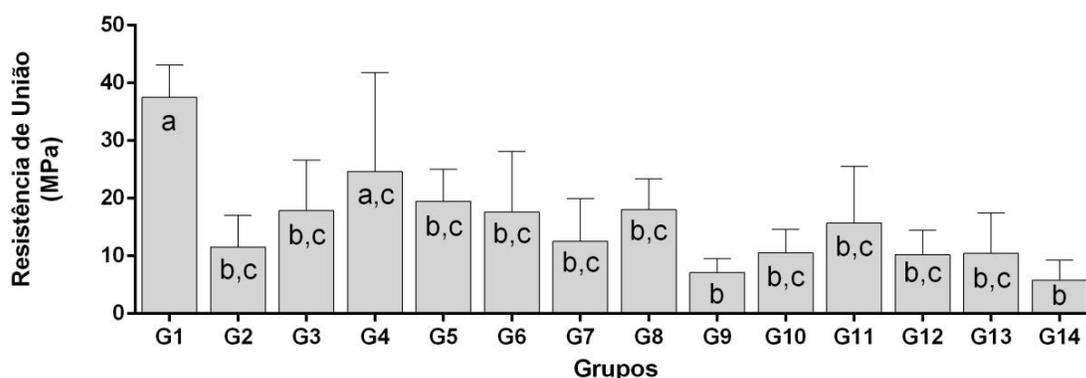


Figura 6 – Médias e desvios-padrão (MPa) em função dos grupos.

A análise estatística demonstrou que o Grupo 1 apresentou resistência de união estatisticamente superior aos demais grupos experimentais ($p < 0.05$), exceto Grupo 4 ($p > 0.05$). O Grupo 4 apresentou média superior aos Grupos 9 e 14 ($p < 0.05$). Não foram verificadas diferenças estatísticas entre os demais grupos, independente do protocolo de tratamento das superfícies dentinárias, tempo de aplicação e concentração do ascorbato de sódio.

Avaliando-se as diferentes concentrações do ascorbato de sódio aplicado por 10 minutos após o tratamento das superfícies dentinárias com NaOCl (Grupos 3 e 4), observou-se que apenas o ascorbato de sódio 20% (Grupo 4) restabeleceu os valores de união do sistema adesivo à dentina da câmara pulpar.

O EDTA diminuiu a resistência de união na interface resina-dentina (Grupo 5) e quando avaliou-se o uso associado do agente quelante com o ascorbato de sódio 10 e 20% por 10 minutos (Grupos 6 e 7) verificaram-se baixos valores de adesão.

Nos grupos que se associaram NaOCl e EDTA, alterando-se o tempo e a concentração do ascorbato de sódio, observou-se que este foi incapaz de restabelecer os valores de união à dentina. Nestes grupos, aqueles tratados com ascorbato de sódio 10% em diferentes tempos (Grupos 9 a 11) não foram estatisticamente diferentes entre si ($p > 0,05$). O mesmo ocorreu entre os grupos tratados com ascorbato de sódio 20% (Grupos 12 a 14). Além disso, não houve diferenças significantes entre os grupos de ascorbato de sódio 10% e 20% (Grupos 9 a 14), independentemente do tempo de tratamento.

5.2 Análise do padrão de fratura

Foram realizadas fotomicrografias em MEV de todas as interfaces resina-dentina dos espécimes e classificadas quanto ao tipo de fratura.

Os padrões de fratura representativos dos grupos podem ser observados nas Figuras 7 a 9. Todos os grupos apresentaram espécimes com fratura do tipo mista, exceto os grupos 2 e 7 que apresentaram 10 e 12 espécimes classificados como fratura coesiva em camada híbrida. Os demais espécimes avaliados apresentaram dois ou mais tipos de fratura (fratura coesiva em camada híbrida, coesiva em dentina e/ou fratura adesiva), predominando em todos os grupos, a fratura coesiva em camada híbrida. Fratura coesiva em resina não foi observada.

Nas fraturas mistas dos grupos 1, 3, 4, 8 e 11, os tipos de fraturas predominantes em área foram: coesiva em camada híbrida, coesiva em dentina e adesiva, respectivamente. Já nos grupos 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13 e 14, as fraturas predominantes foram: coesiva em camada híbrida, adesiva e coesiva em dentina, respectivamente.

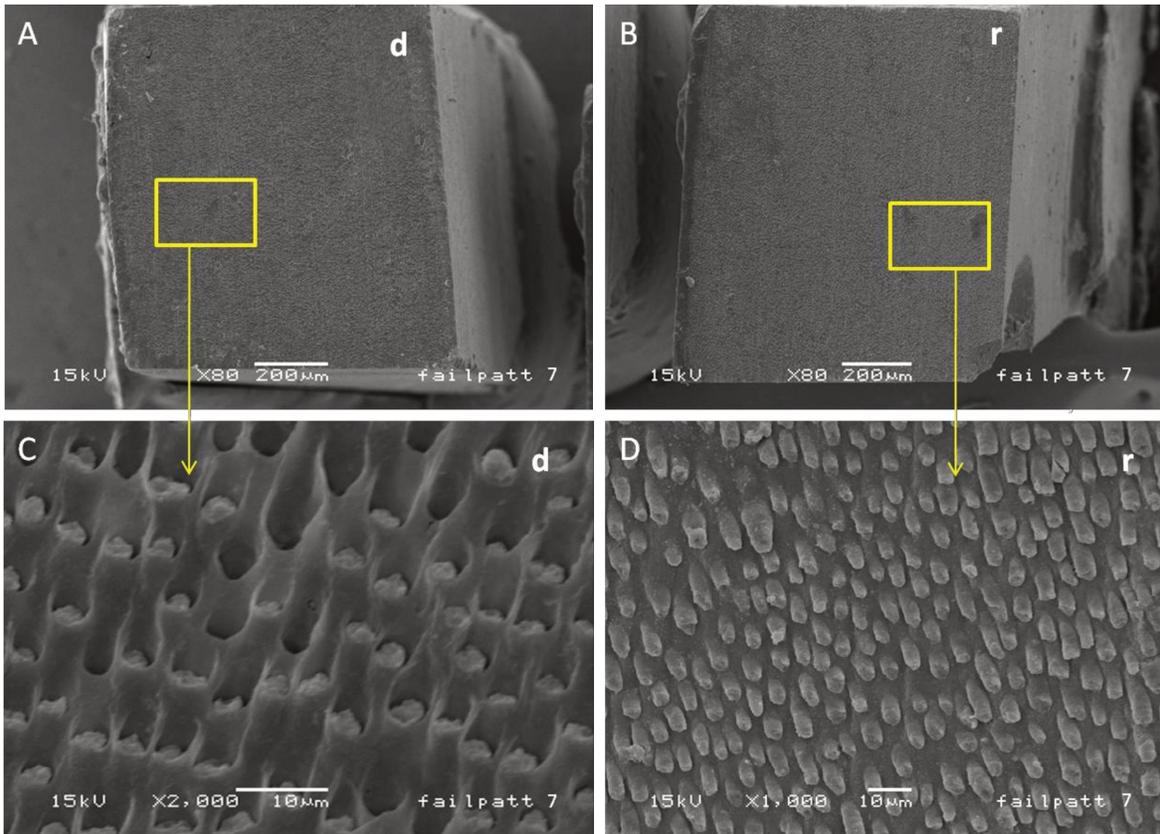


Figura 7- Fotomicrografia em MEV mostrando fratura coesiva em camada híbrida representativa de alguns espécimes dos grupos 2 e 7. A, B- Superfície do espécime em aumento de 80X, onde “d” corresponde à interface de dentina e “r”, à de resina. C, D- Detalhe em maior aumento das superfícies da fratura no lado da dentina e resina, respectivamente. C- *Tags* de resina fraturados dentro dos túbulos dentinários.

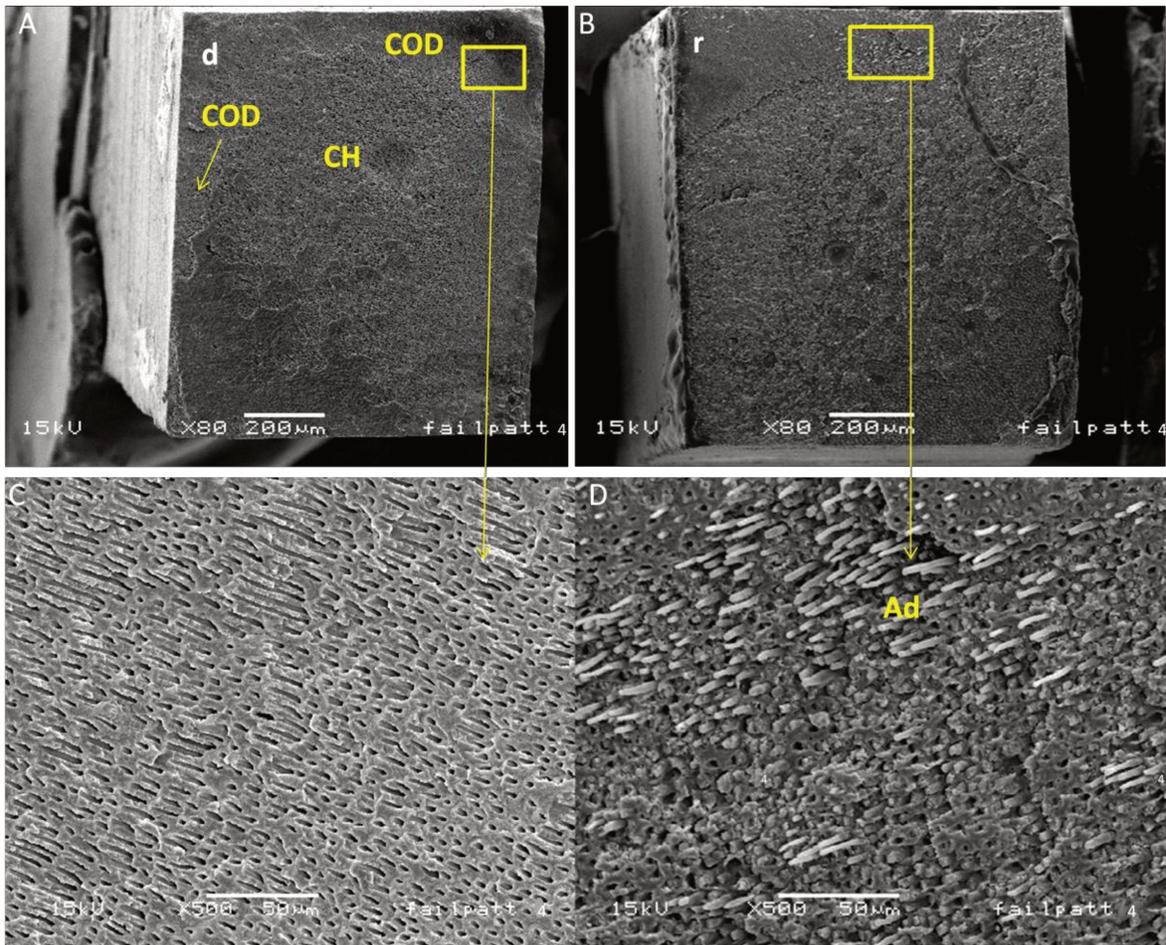


Figura 8- Fotomicrografia em MEV mostrando fratura mista representativa dos espécimes dos grupos 1, 3, 4 e 11. A, B- Superfície do espécime em aumento de 80X, onde “d” corresponde à interface de dentina e “r”, à de resina. COD- Área de fratura coesiva em dentina. CH- Área de fratura coesiva em camada híbrida e Ad- Área de fratura adesiva. C- Detalhe em maior aumento da área de fratura coesiva em dentina. D- Detalhe em maior aumento da área de fratura adesiva.

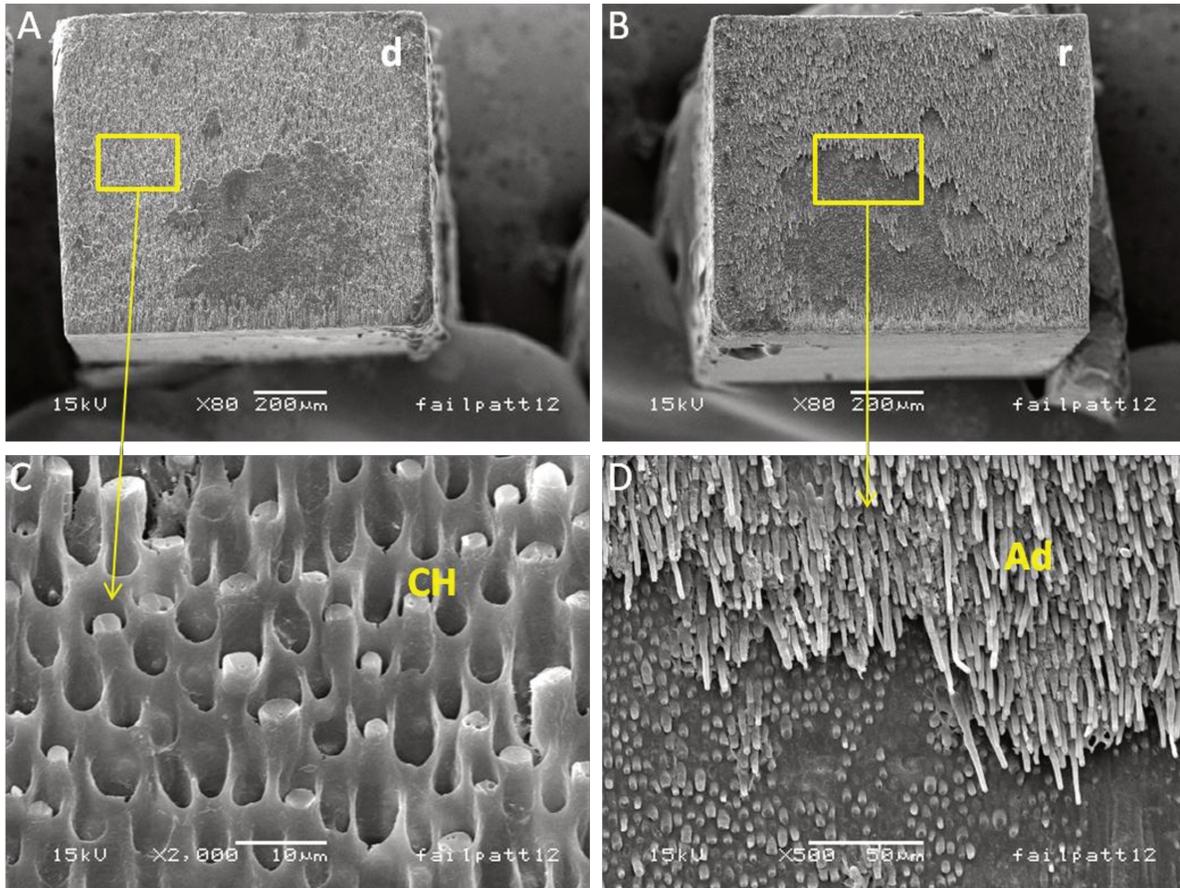


Figura 9- Fotomicrografia em MEV mostrando fratura mista representativa da maioria dos espécimes dos demais grupos. A, B- Superfície do espécime em aumento de 80X, onde “d” corresponde à interface de dentina e “r”, à de resina. C, D- Detalhe em maior aumento das superfícies da fratura no lado da dentina e resina, respectivamente. CH- Fratura coesiva na camada híbrida com *tags* de resina fraturados dentro dos túbulos dentinários. Ad- Fratura adesiva com *tags* inteiros fora dos túbulos dentinários.

6 DISCUSSÃO

No presente estudo, o hipoclorito de sódio 5,25% e o EDTA 17% foram avaliados, sozinhos ou em associação, na resistência de união do sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose à dentina da câmara pulpar bovina. Os resultados mostraram uma redução de 69,1% e 48% na adesão quando o NaOCl 5,25% e EDTA 17% foram utilizados sozinhos, em relação ao grupo controle, respectivamente. Da mesma forma, Weston *et al.* (2007) obtiveram uma redução de 64,4% quando utilizaram o hipoclorito de sódio 5,25% por 10 minutos na dentina radicular humana e Barutçigil *et al.* (2012), de 36,9% ao avaliar o EDTA 17% durante 5 minutos na dentina da câmara pulpar de terceiros molares humanos.

O comprometimento na resistência de união na interface resina-dentina causado pelo hipoclorito de sódio está comprovado na literatura (Nikaido *et al.*, 1999; Prati *et al.*, 1999; Ishizuka *et al.*, 2001; Lai *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001; Ari *et al.*, 2003; Erdemir *et al.*, 2004; Ozturk & Özer, 2004; Vongphan *et al.*, 2005; Santos., 2006; Weston *et al.*, 2007; Cunha *et al.*, 2009; Celik *et al.*, 2010; Prasansuttiorn *et al.*, 2011). Sabe-se que algumas ligações moleculares encontradas no colágeno tipo I e II são rompidas pelo hipoclorito de sódio, formando cloraminas e radicais derivados de proteínas (Hawkins & Davies, 1999). Estes radicais-livres presentes na dentina tratada com hipoclorito de sódio competem com os radicais-livres vinílicos gerados durante a fotopolimerização do sistema adesivo, resultando em um fechamento prematuro da cadeia e polimerização incompleta (Lai *et al.*, 2001).

Além disso, o hipoclorito de sódio se dissocia em subprodutos como o cloreto de sódio e oxigênio. Este último, uma vez presente na matriz dentinária e dentro dos túbulos interfere tanto na penetração dos monômeros na dentina condicionada (Torneck *et al.*, 1990; Nikaido *et al.*, 1999), como inibe a polimerização (Rueggeberg & Margeson, 1990; Nikaido *et al.*, 1999). Outra justificativa dos baixos valores de adesão está no fato de o hipoclorito de sódio causar prejuízo na matriz orgânica da dentina (Nikaido *et al.*, 1999; Ishizuka *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001, Moreira *et al.*, 2009), principalmente pela dissolução do colágeno (Ishizuka *et al.*, 2001). A degradação de fibrilas colágenas na

superfície dentinária impede a formação de uma camada híbrida consistente (Ozturk & Özer, 2004), resultando em queda dos valores de resistência de união.

A redução dos valores de adesão observada no grupo tratado pelo agente quelante (Grupo 5) pode ter ocorrido devido as alterações promovidas pelo EDTA na superfície dentinária da câmara pulpar. O EDTA reage com os íons cálcio da dentina, removendo a porção inorgânica da *smear layer* (Ari & Erdemir, 2005). Por outro lado, sabe-se que a perda dos íons Ca^{2+} pode causar alteração na proporção dos componentes orgânicos e inorgânicos do substrato dentinário e resultar em alterações nas características de solubilidade, permeabilidade e microdureza da dentina (Rotstein *et al.*, 1996). Além disso, pode influenciar na capacidade de selamento e adesão dos materiais adesivos (Rotstein *et al.*, 1996; Perdigão *et al.*, 2001). Garcia-Godoy *et al.* (2005) reportaram que o EDTA causou um colapso na estrutura da matriz dentinária, impedindo a infiltração de cimentos endodônticos resinosos e a formação de uma camada híbrida de alta qualidade. Ballal *et al.* (2010) avaliaram as alterações promovidas pelo EDTA nas propriedades mecânicas da dentina e observaram a redução da microdureza e aumento de rugosidade da superfície, o que pode contribuir para uma diminuição na interação micro-mecânica entre adesivos resinosos e a dentina tratada com o agente quelante (Barutçigil *et al.*, 2012).

Um fator que também pode ter contribuído para o comprometimento da resistência de união à dentina quando se utilizou o EDTA foi o duplo ataque ácido sofrido pelos substratos dentinários das amostras. O uso do EDTA e do gel de ácido fosfórico podem ter promovido uma descalcificação profunda da dentina da câmara pulpar, interferindo na resistência de união do sistema adesivo. Segundo Nakabayashi & Sami (1996), quando a desmineralização da dentina é mais profunda que a difusão e impregnação dos monômeros dos sistemas adesivos, as fibras colágenas já sem a porção de hidroxiapatita são deixadas expostas e não são hibridizadas por resina. Esta zona de colágeno exposto pode ser instável e está sujeita à hidrólise, comprometendo a adesão.

A atuação específica do EDTA sobre o tecido inorgânico condiciona a sua utilização associada a outras substâncias auxiliares da terapia endodôntica (Qing *et al.*, 2006). A

literatura tem recomendado como um protocolo efetivo de limpeza, o uso de NaOCl nas concentrações que variam de 0,5% a 6,15% e EDTA 17%, no início e no final da irrigação, respectivamente (Teixeira *et al.*, 2005; Zehnder *et al.*, 2006; Marending *et al.*, 2007). Assim, o NaOCl como um agente oxidante e proteolítico não específico, oxida a matriz orgânica e desnatura os componentes orgânicos da *smear layer* e o EDTA desmineraliza os componentes inorgânicos da dentina através da quelação do cálcio. No presente estudo, o uso associado do hipoclorito de sódio e EDTA reduziram em 51,7% a resistência de união do sistema adesivo à dentina quando comparado ao grupo controle. Santos *et al.* (2006) e Dametto (2006) encontraram uma redução de 41,3% e 46,5%, respectivamente, utilizando hipoclorito de sódio 5,25% por 30 minutos e EDTA 17% por 5 minutos em dentina da câmara pulpar humana.

O ascorbato de sódio 10%, aplicado durante 10 minutos, vem sendo utilizado na Odontologia com o objetivo de reduzir os componentes estruturais do esmalte ou da dentina após o contato com substâncias oxidativas como o peróxido de oxigênio e o hipoclorito de sódio, restabelecendo os valores de adesão (Lai *et al.*, 2001; Morris *et al.*, 2001).

No presente estudo, não foi possível observar uma atuação benéfica do ascorbato de sódio em todos os substratos dentinários oxidados, mas somente no grupo em que se utilizou a solução de ascorbato de sódio 20% durante 10 minutos após exposição da dentina exclusivamente ao hipoclorito de sódio 5,25% (Grupo 4), os valores de união foram restabelecidos.

No grupo 3 foi avaliado o ascorbato de sódio na concentração de 10% por 10 minutos após a imersão das amostras em 30 minutos em solução de NaOCl 5,25% e o valor obtido não apresentou diferença estatística em relação ao Grupo 2. Da mesma forma, Vongphan *et al.* (2005), ao testarem o ascorbato de sódio 10% durante 10 minutos após irrigação da dentina com hipoclorito de sódio 5,25%, no entanto, por 10 minutos, não obtiveram resultado com diferença significativa em relação ao grupo controle do hipoclorito de sódio. Os autores justificaram o fraco desempenho do agente redutor na sensibilidade da técnica dos sistemas adesivos convencionais, que necessitam do ataque ácido prévio e no

substrato úmido que é a dentina da câmara pulpar. Além disso, especularam que a lavagem final com água solubilizou o produto de reação química entre NaOCl e ascorbato de sódio responsável pelos altos valores de adesão.

Por outro lado, Weston *et al.* (2007), ao avaliarem o ascorbato de sódio em duas concentrações após o uso do hipoclorito de sódio, tanto a 10% aplicado por 1, 3 ou 10 minutos quanto a 20% por 1 minuto restabeleceram a resistência de união e produziram valores tão altos quanto o do grupo controle. Os diferentes valores obtidos por Weston e colaboradores podem ser explicados pelo menor tempo de exposição ao hipoclorito de sódio (15 a 20 minutos), pela lavagem com água a cada troca de substância química utilizada, o tipo de ácido e material adesivo utilizado e o diferente substrato (dentina radicular).

Considerando-se as diferentes concentrações de ascorbato de sódio utilizadas nos Grupos 3 e 4 deste estudo, não foram encontradas diferenças estatísticas entre as médias obtidas, o que corrobora com os resultados de Weston *et al.* (2007), ao avaliar as concentrações de 10 e 20%, porém com o tempo de aplicação do ascorbato de sódio por 1 minuto.

Os Grupos 6 e 7, os quais utilizaram o ascorbato de sódio após o agente quelante, serviram apenas de controle, uma vez que não há justificativas para aplicação do agente antioxidante em um substrato não oxidado. A partir dos baixos valores de resistência de união obtidos quando da associação do ascorbato de sódio com EDTA, acredita-se na possibilidade da formação de um produto químico residual que comprometeu a adesão.

Avaliando-se o efeito do ascorbato de sódio em diferentes tempos de aplicação e concentrações (Grupos 9 a 14) após protocolo de tratamento associando-se hipoclorito de sódio e EDTA como feito clinicamente, o agente redutor foi incapaz de reduzir o substrato dentinário oxidado e favorecer a obtenção de altos valores de união à dentina. Uma das possíveis explicações está na difusão dos produtos residuais das reações químicas entre as substâncias avaliadas para o interior da dentina. Uma vez que, o duplo ataque ácido no substrato dentinário, pode ter aumentado em demasia a permeabilidade da dentina,

permitindo que subprodutos dos irrigantes penetrassem nos túbulos dentinários e afetassem a polimerização dos monômeros resinosos na dentina desmineralizada, comprometendo a resistência de união.

Uma outra justificativa, estaria no uso de um sistema adesivo condicione e lave. Adesivos convencionais são mais sensíveis aos efeitos deletérios causados pelos irrigantes no substrato dentinário da câmara pulpar e podem causar maiores alterações nesta dentina, tanto pela utilização de um ácido forte para o condicionamento dentinário como a necessidade do controle da umidade com secagem por jatos de ar, podendo causar colapso da matriz dentinária (Ozturk & Özer, 2004). Além disso, Prati *et al.* (1999) atribuiu os baixos valores de união do Scotchbond Multi-Purpose à dentina modificada por irrigantes endodônticos, às grandes moléculas do ácido polialcenóico que compõem este sistema adesivo, as quais poderiam dificultar sua infiltração na matriz dentinária.

Tendo-se em vista os resultados obtidos por Moreira (2011), os quais mostraram a ação benéfica do ascorbato de sódio 10% aplicados por 10 minutos em restabelecer as alterações no colágeno da matriz orgânica da dentina, além de reverter os valores da microdureza Knoop após tratamento com NaOCl 5,25%, utilizado por 30 minutos, associado ou não ao uso do EDTA 17%, durante 3 minutos, leva-nos a acreditar que o agente antioxidante pode possuir um mecanismo de ação sistema adesivo-dependente (Lai *et al.*, 2001; Celik *et al.*, 2010, Moreira, 2011).

Ainda assim, Mai *et al.* (2010) e Moreira (2011), afirmaram que os resultados obtidos quando amostras são totalmente imersas em substâncias químicas auxiliares endodônticas, devem ser analisados com cautela, uma vez que tal situação superestima os efeitos dos irrigantes na parede da dentina e não corresponde ao cenário clínico, onde apenas o lado pulpar do canal entra em contato com substâncias químicas.

As fotomicrografias obtidas em MEV comprovaram o resultado do ensaio mecânico de microtração realizado neste estudo. Foi observada uma maior incidência de fraturas mistas, com predomínio, em todos os grupos, de áreas de fratura coesiva em camada híbrida. Em segundo lugar, áreas de fratura adesiva sobrepueram-se às áreas de fratura

coesiva em dentina, o que, em geral, justifica os baixos valores de união obtidos. Somente nos grupos que se observou resistência de união mais elevada, Grupos 1, 3, 4, 8 e 11, com exceção dos grupos 5 e 6, foram verificadas maiores áreas de fratura coesiva em dentina.

Por fim, é importante salientarmos que, frente à metodologia e materiais utilizados nesta pesquisa, nenhum benefício foi alcançado no restabelecimento da adesão quando o ascorbato de sódio foi aplicado após o uso associado das substâncias químicas auxiliares mais utilizadas nos protocolos de irrigação endodôntica. Dessa forma, torna-se necessária a realização de estudos futuros, avaliando-se diferentes sistemas adesivos, convencionais e autocondicionantes; substratos dentinários, bovinos e humanos, buscando-se compreender o mecanismo de ação dos agentes antioxidantes frente aos diversos materiais adesivos, tornando viável sua aplicabilidade na clínica endodôntica.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e a metodologia empregada, é possível concluir que:

- O NaOCl e o EDTA, sozinhos ou associados, reduziram significativamente os valores de resistência de união do sistema adesivo Adper Scotchbond Multi-Purpose à dentina da câmara pulpar;
- O ascorbato de sódio 20% utilizado por 10 minutos restabeleceu a resistência de união à dentina tratada exclusivamente com NaOCl;
- O ascorbato de sódio, independente dos tempos de aplicação e concentrações utilizados, não restabeleceu a resistência de união à dentina da câmara pulpar tratada com a associação NaOCl/ EDTA.

***REFERÊNCIAS**

Alves J, Walton R, Drake D. Coronal leakage: Endotoxin penetration from mixed bacterial communities through obturated, post-prepared root canals. *J Endod* 1998;24(9):587-91.

Ari H, Erdemir A. Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique. *J Endod* 2005;31(3):187-189.

Ari H, Yasar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod* 2003;29(4):248-51.

Ausiello P, De Gee AJ, Rengo S, Davidson CL. Fracture resistance of endodontically-treated premolars adhesively restored. *Am J Dent* 1997;10(5):237-41.

Ballal NV, Mala K, Bhat KS. Evaluation of the effect of maleic acid and ethylenediaminetetraacetic acid on the microhardness and surface roughness of human root canal dentin. *J Endod* 2010;36(8):1385-8.

Barutcigil C, Arslan H, Özcan E, Harorli OT. Micro-tensile bond strength of adhesives to pulp chamber dentin after irrigation with Ethylenediaminetetraacetic acid. *J Conserv Dent* 2012;15(3):242-5.

Belli S, Zhang Y, Pereira PNR, Ozer F, Pashley DH. Regional bond strengths of adhesive resins to pulp chamber dentin. *J Endod* 2001a;27(8):527-32.

Belli S, Zhang Y, Pereira PNR, Pashley DH. Adhesive sealing of pulp chamber. *J Endod* 2001b;27(8):521-26.

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

Burgess JO, Summitt JB, Robbins JW. The resistance to tensile, compression, and torcional forces provided by four post systems. J Prosthet Dent 1992;68(6):899-903.

Celik C, Erkut S, Gulsahi K, Yamanel K, Kucukesmen C. Effect of sodium ascorbate on bond strength of different adhesive systems to NaOCl-treated dentin. Aust Endod J 2010;36(1):12-8.

Cunha LF, Furuse AY, Mondelli RF, Mondelli J. Compromised bond strength after root dentin deproteinization reversed with ascorbic acid. J Endod 2010;36(1):130-4.

Dametto FR. Avaliação *in vitro* da influência de substâncias químicas auxiliares ao tratamento endodôntico na nanoinfiltração, na resistência de união e coesiva da dentina da câmara pulpar [dissertação]. Piracicaba: Unicamp/Fop; 2006.

Erdemir A, Ari H, Güngünes H, Belli S. Effect of medications for root canal treatment on bonding to root canal dentin. J Endod 2004;30(2):113-16.

Galvan Jr. RR, West LA, Liewehr FR, Pashley DH. Coronal microleakage of five materials used to create an intracoronar seal in endodontically treated teeth. J Endod 2002;28(2):59-61.

Garcia-Godoy F, Loushine RJ, Itthagarun A, Weller RN, Murray PE, Feilzer AJ, *et al.* Application of biologically-oriented dentin bonding principles to the use of endodontic irrigants. Am J Dent 2005;18(4):281-90.

Gencoglu N, Pekiner FN, Gumru B, Helvacioğlu D. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in na adult Turkish subpopulation. Eur J Dent 2010;4(1):17-22.

Hawkins CL, Davies MJ. Hypochlorite-induced oxidation of proteins in plasma: formation of chloramines and nitrogen-centred radicals and their role in protein fragmentation. *Biochem J* 1999;340(2):539-48.

Hernandez R, Bader S, Boston D, Trope M. Resistance to fracture of endodontically treated premolars restored with new generation dentine bonding systems. *Int Endod J* 1994;27(6):281-4.

Hitt JC, Feigal RJ. Use of a bonding agent to reduce sealant sensitivity to moisture contamination: an in vitro study. *Ped Dent* 1992;14(1):41-6.

Hommez GMG, Coppens CRM, De Moor RJG. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J* 2002;35(8):680-9.

Ishizuka T, Kataoka H, Yoshioka T, Suda H, Iwasaki N, Takahashi H *et al.* Effect of NaOCl treatment on bonding to root canal dentin using a new evaluation method. *Dent Mater J* 2001;20(1):24-33.

Kato MT, Hannas AR, Leite AL, Bolanho A, Zarella BL, Santos J, *et al.* Activity of matrix metalloproteinases in bovine versus human dentine. *Caries Res* 2011; 45(5):429-34.

Kawagoe ST. Avaliação *in vitro* da influência de substâncias químicas auxiliares endodônticas na resistência e longevidade adesiva intrarradicular [dissertação]. Piracicaba: Unicamp/Fop; 2010.

Khayat A, Lee S, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 1993;19(9):458-61.

Kleitches AJ, Lemon RR, Jeansonne BG. Coronal microleakage in conservatively restored endodontic access preparations. *J Tenn Dent Ass* 1995;75(1):31-34.

Lai SCN, Mak YF, Cheung GSP, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM *et al.* Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res* 2001;80(10):1919-24.

Lopes MB, Sinhoreti MAC, Sobrinho LC, Consani S. Comparative study of the dental substrate used in shear bond strength tests. *Pesq Odont Bras* 2003;17(2):171-5.

Madison S, Wilcox LR. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *J Endod* 1988;14(9):455-58.

Mai S, Kim YK, Arola DD, Gu LS, Kim JR, Pashley DH, Tay FR. Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *J Dent*. 2010;38(3):201-6.

Marending M, Paqué F, Fischer J, Zehnder M. Impact of irrigant sequence on mechanical properties of human root dentin. *J Endod* 2007;33(11):1325-8.

Marshall FJ, Massler M. The sealing of pulpless teeth evaluated with radioisotopes. *J Dent Med* 1961;16:172-84.

Moreira DM, Almeida JF, Ferraz CC, Gomes BP, Line SR, Zaia AA. Structural analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod*. 2009; 35(7):1023-7.

Moreira DM. Influência de substâncias químicas auxiliares de uso endodôntico e agentes redutores nas propriedades biomecânicas da dentina radicular [tese]. Piracicaba: Unicamp/Fop; 2011.

Morris MD, Lee K, Agee KA, Bouillaguet S, Pashley DH. Effects of sodium hypochlorite and RC-Prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *J Endod* 2001;27(12):753-7.

Naidu KA. Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutric J* 2003;2(1):7-17.

Nakabayashi N, Sami Y. Bonding to intact dentin. *J Dent Res*. 1996;75(9):1706-15.

Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. *J Dent Res* 1983;62(10):1076-81.

Nikaido T, Nakabayashi N. Relationship between polymerization and adhesion to teeth. *Adhesive Dent* 1988;6:229-34.

Nikaido T, Takano Y, Sasafuchi Y, Burrow MF, Tagami J. Bond strengths to endodontically-treated teeth. *Am J Dent* 1999;12(4):177-80.

Ozturk B, Özer F. Effect of NaOCl on bond strengths of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *J Endod* 2004;30(5):362-65.

Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y *et al*. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent* 1999;1(4):299-309.

Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho R. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dental Materials* 1995;11(2):117-25.

Perdigão J, Eiriksson S, Rosa BT, Lopes M, Gomes G. Effect of calcium removal on dentin bond strengths. *Quintessence Int* 2001;32(2):142-6.

Prasansuttiporn T , Nakajima M, Kunawarote S, Foxton RM, Tagami J. Effect of reducing agents on bond strength to NaOCl-treated dentin. *Dental Materials* 2011;27(3):229-234.

Prati C, Chersoni S, Pashley DH. Effect of removal of surface collagen fibrils on resin-dentin bonding. *Dental Materials* 1999;15(5):323-31.

Qing Y, Akita Y, Kawano S, Kawazu S, Yoshida T, Sekine I. Cleaning efficacy and dentin micro-hardness after root canal irrigation with a strong acid electrolytic water. *J Endod* 2006;32(11):1102-6.

Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995;28(1):12-8.

Reeves GW, Fitchie JG, Hembree Jr, JH, Puckett AD. Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. *Oper Dent* 1995;20(6):230-5.

Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SRP. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent* 2004;6(2):117-21.

Ricucci D, Gröndahl K, Bergenholtz G. Periapical status of root-filled teeth exposed to the oral environment by loss of restoration or caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(3):354-9.

Rotstein I, Dankner E, Goldman A, *et al.* Histochemical analysis of dental hard tissues following bleaching. *J Endod* 1996;22(1):23-5.

Rueggeberg FA, Margeson DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res* 1990;69(10):1652-8.

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R *et al.* Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength – Evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials* 1994;10(4):236-40.

Santos JN, Carrilho MRO, De Goes MF, Zaia AA, Gomes BPFA, Souza Filho FJ, *et al.* Effect of chemical irrigants on the bond strength of a self-etching an adhesive to pulp chamber dentin. *J Endod.* 2006;32(11):1088-1090.

Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: A review. *Endod Dent Traumatol* 1994;10(3):105-8.

Schilke R, Baub O, Lisson JA, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Dent* 1999;12(2):92-6.

Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch oral Biol* 2000;45(5):355-61.

Schwartz RS, Fransman R. Adhesive dentistry and endodontics: materials, clinical strategies and procedures for restoration of access cavities: A review. *J Endod* 2005;31(3):151-65.

Scotti R, Ferrari M. Pinos de fibra. Considerações teóricas e aplicações clínicas. Trad. De Lavínia Bozzo Aguilar Sekimoto Porsíncula. São Paulo: Artes Médicas; 2003.

Siqueira Jr. JF, Rôças IN, Alves FRF, Campos LC. Periradicular status related to the quality of coronal restorations and root canal fillings in a brazilian population. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology* 2005;100(3):369-74.

Siqueira Jr. JF, Rôças IN, Favieri A, Abad EC, Castro AJR, Gahyva SM. Bacterial leakage in coronally unsealed root canals obturated with 3 different techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90(5):647-50.

Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium Hypochlorite on dentin microhardness. *J Endod* 2004;30(12):880-2.

Swanson K, Madison S. An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod* 1987;13(2):56-9.

Tavares PBL, Bonte E, Boukpepsi T, Siqueira Jr. JF, Lasfargues J. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban french population: Influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *J Endod* 2009;35(6):810-3.

Teixeira CS, Felipe MCS, Felipe WT. The effect of application time of EDTA and NaOCI on intracanal *smear layer* removal: An SEM analysis. *Int Endod J* 2005;38(5):285-90.

Titley KC, Torneck CD, Smith DC, Adibfar A. Adhesion of composite resin to bleached and unbleached bovine enamel. *J Dent Res* 1988;67(12):1523-8.

Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the *smear layer* in endodontics: A review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;94(6):658-66.

Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990;16(12):566-69.

Torabinejad & Walton. *Endodontia: Princípios e prática*. [tradução Maurício Santa Cecília ... *et al.*]. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

Torneck CD, Titley KC, Smith DC, Adibfar A. The influence of time of hydrogen peroxide exposure on the adhesion of composite resin to bleached bovine enamel. *J Endod* 1990;16(3):123-8.

Uranga A, Blum JY, Esber S, Parahy E, Prado C. A comparative study of four coronal obturation materials in endodontic treatment. *J Endod* 1999;25(3):178-80.

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, *et. al.* Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*. 2003;28(3):215-35.

Vârlan C, Dimitriu B, Vârlan V, Bodnar D, Suciu I. Current opinions concerning the restoration of endodontically treated teeth: basic principles. *J Med Life* 2009;2(2):165-72.

Vaz RR, Hipólito VD, D'Alpino PH, Goes MF. Bond strength and interfacial micromorphology of etch-and-rinse and self-adhesive resin cements to dentin. *J Prosthodont* 2012;21(2):101-11.

Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C. Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *J Dent* 2005;33(8):689-95.

Watanabe I, Nakabayashi N, Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenyl-P self-etching primer. *J Dent Res* 1994;73(6):1212-20.

Well JD, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF, Pereira PN. Intracoronal sealing ability of two dental cements. *J Endod* 2002;28(6):443-7.

Weston CH, Ito S, Wadgaonkar B, Pashley DH. Effects of time and concentration of sodium ascorbate on reversal of NaOCl-induced reduction in bond strengths. *J Endod* 2007;33(7):879-81.

Yiu CKY, Garcia-Godoy F, Tay FR, Pashley DH, Imazato S, King NM, Lai SCN. A nanoleakage perspective on bonding to oxidized dentin. *J Dent Res* 2002;81(9):628-32.

Zaia AA, Nakagawa R, De Quadros I, Gomes BPFA, Ferraz CCR, Teixeira FB. An in vitro evaluation of four materials as barriers to coronal microleakage in root-filled teeth. *Int Endod J* 2002;35(9):729-34.

Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006;32(5):389-98.

Zhang K, Kim YK, Cadenaro M, Bryan TE, Sidow SJ, Loushine RJ, Ling JQ, Pashley DH, Tay FR. Effects of different exposure times and concentrations of sodium hypochlorite/ethylenediaminetetraacetic acid on the structural integrity of mineralized dentin. *J Endod* 2010;36(1):105-9.