

ANA CAROLINA MACHADO ROCHA LIMA

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO E CARACTERIZAÇÃO
MORFOLÓGICA DA DENTINA CORONÁRIA E RADICULAR
TRATADA COM SISTEMAS ADESIVOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do Título de Mestre em Clínica Odontológica – Área de Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Mário Fernando de Góes

Piracicaba

2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Bibliotecário: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

L628r	<p>Lima, Ana Carolina Machado Rocha. Resistência da união e caracterização morfológica da dentina coronária e radicular tratada com sistemas adesivos. / Ana Carolina Machado Rocha Lima. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2007.</p> <p>Orientador: Mário Fernando de Góes. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>4. 1. Dentes – Raízes. 2 Coroas (Odontologia). 3. Ataque ácido dentário. 4. Resistência dos materiais. I. Góes, Mário Fernando de. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p>(mg/fop)</p>
-------	--

4.2.1.1

Título em Inglês: Bond strength and morphologic characterization of crown and root dentine treated with adhesive systems

4.2.1.1 Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Teeth roots. 2. Crowns (Dentistry). 3. Acid etching, dental. 4. Tensile strength

4.2.1.1 Área de Concentração: Endodontia

Titulação: Mestre em Clínica Odontológica

5. Banca Examinadora: Mário Fernando de Góes, Francisco José de Souza Filho, Tauby de Souza Coutinho Filho

Data da Defesa: 26-02-2007

Programa de Pós-Graduação: Clínica Odontológica



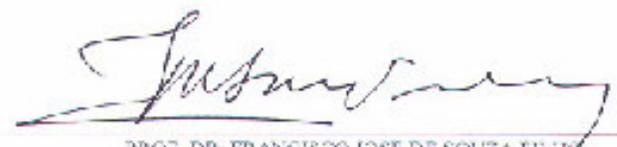
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de MESTRADO, em sessão pública realizada em 26 de Fevereiro de 2007, considerou a candidata ANA CAROLINA MACHADO ROCHA LIMA aprovada.


PROF. DR. MARIA FERNANDO DE GÓES


PROF. DR. TAUBY DE SOUZA COUTINHO FILHO


PROF. DR. FRANCISCO JOSÉ DE SOUZA FILHO

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, **Elcyon** e **Maria Helena**, e meus irmãos, **Mariana** e **Marcelo**, agradeço a oportunidade de estarem presentes em minha vida. Obrigada pelo apoio e compreensão e por me mostrarem que com esforço e paixão é possível fazer tudo aquilo que sonhamos.

Ao **Rafael**, que com amor e carinho me ajudou a vencer barreiras, me incentivou a crescer e a seguir em frente. Estar ao seu lado me trouxe paz e felicidade nesses anos longe da minha família.

Aos meus avós, **Raymundo** e **Marina**, **Alcyon** e **Elgesy**, exemplos de vida que sempre me inspiram em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Mário Fernando de Góes**, pelos ensinamentos transmitidos que foram de extrema importância para meu crescimento pessoal e profissional. Pela dedicação, paciência e amizade.

Ao **Prof. Dr. Francisco José de Souza-Filho**, por acreditar no meu potencial e sempre me incentivar. Pela generosidade e confiança.

AGRADECIMENTOS

À **Deus** a quem tudo devo.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade de Campinas, na pessoa de seu diretor, **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**.

Ao **Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti**, coordenador geral do curso de Pós-Graduação da FOP- UNICAMP.

À **Prof^ª. Dr^ª. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia**, coordenadora do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da FOP- UNICAMP

À **Prof^ª. Dr^ª. Brenda Paula Figueredo de Almeida Gomes** por compartilhar comigo sua experiência e amizade.

Ao **Prof. Dr. Alexandre Augusto Zaia**, responsável pela área de Endodontia da FOP UNICAMP, pelo exemplo de competência, pela atenção dispensada sempre que solicitado e pela amizade.

Aos professores da disciplina de Endodontia da FOP – UNICAMP, **Prof. Dr. Luiz Valdrighi e Prof. Dr. Caio César Randi Ferraz**, pelos ensinamentos transmitidos e pela inestimável amizade.

Aos funcionários do Laboratório de Endodontia e Materiais Dentários **Adailton dos Santos Lima, Rubens Marques Payão, Wanderly Lima de Almeida Pavinatto, Giovania Caldas Almeida, Marcos Blanco Cangiani e Selma Aparecida Barbosa Segalla** por estarem sempre presentes e solícitos. A amizade de vocês foi fundamental para a minha conquista.

Aos técnicos ***Eliene Aparecida Orsini Narvais Romani e Adriano Luis Martins***, responsáveis pelo Centro de Microscopia Eletrônica de Varredura da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP. Agradeço a colaboração, a paciência e a atenção.

Ao ***Prof. Dr. Tauby de Souza Coutinho Filho*** por, além de um excelente professor, ser uma fonte de inspiração pessoal e profissional.

Ao ***Prof. Gustavo De Deus*** por nossas longas conversas sobre endodontia que certamente me estimularam a seguir este caminho.

À ***Walmira G. B. de Oliveira***, por todos os ensinamentos e por compartilhar comigo sua experiência no início da minha carreira como dentista.

Aos colegas de mestrado ***Danna Mota Moreira, Maraísa Greggio Delboni e Frederico Canato Martinho***, pelo carinho, amizade e companheirismo nesses dois últimos anos, que tornaram a convivência uma experiência prazerosa e inesquecível. Aos colegas de pós-graduação, ***Thaís Arccorsi Mendonça, Tétis Savaia, Vanessa Bellocchio Berber, Juliana Nascimento Santos, Adriana de Jesus Soares, José Flávio Affonso de Almeida, Luciano Cintra, Rogério de Castilho Jacinto, Morgana Eli Vianna, Daniel Pinto de Oliveira, Érika Tavares Pinheiro, Helena Rosa Rabang, Iadasa de Quadros, Júlio César Bento dos Santos, Renata Bruzadelli e Neylla Sena*** pelo ambiente fraterno e intelectualmente rico que muito me ajudou no aprendizado.

Aos colegas da disciplina de Materiais Dentários, ***Ricardo Rodrigues Vaz, Vinícius di Hipólito, Alberto Antunes, Julio Almeida, Murilo Lopes, Albert Correa, Luciano Gonçalves, Paula Komori, Sandrine Berger, William Brandt, Mirella Shinohara, Juliana Malacarne***, por me ensinarem novas técnicas e por dividirem comigo seu espaço! Obrigada pela amizade.

Ao amigo **José Flávio Affonso de Almeida**, pela constante colaboração, motivação e amizade.

Ao amigo **Rogério de Castilho Jacinto**, por estar sempre presente nos momentos de muito trabalho, com senso de humor e alegria.

Aos amigos, **Francisco Montagner e Gisele Priscila Abi Rached**, pela amizade e pela capacidade de alegrar os ambientes.

À **Nana, Lara, Mariane, Clarissa, Sue May, Joana, Lillian, Samantha e Alice**, amigas há muitos anos que, embora fisicamente distantes, sempre demonstraram amor e apoio.

Às amigas **Juliana Nascimento Santos, Vanessa Bellocchio Berber e Thaís Arccorsi Mendonça**, por tornarem essa experiência inesquecível. Obrigada por serem minhas confidentes e motivadoras.

À **Danna Mota Moreira**, a quem considero mais que uma amiga, uma irmã. Obrigada por ter me acompanhado por todos os momentos bons e difíceis!

À minha família adotiva **Maria Letícia Mota Moreira, Odanir Cruz Moreira e Rafael Mota Moreira**. Pelo carinho que vocês me ofereceram e pela disposição em sempre me ajudar. Muito obrigada!

À **FAPESP** pela concessão da bolsa de estudo (processo n: 05/53290-0) que me deu a oportunidade de cursar a pós-graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!!!!!!

“A autêntica riqueza da experiência humana perderia parte de sua alegria se não existissem limitações a superar. O cume da colina não teria nem a metade de sua maravilha se não houvesse vales obscuros para atravessar.” (Halina Boulez)

RESUMO

Este estudo teve como objetivos: (a) caracterizar a morfologia, a densidade e a área transversal de túbulos dentinários da dentina coronária (profunda) e radicular (terço cervical) intactas e após condicionamento com ácido fosfórico 32% (AF) e *primer* condicionante do sistema adesivo Clearfill Protect Bond (P); e (b) avaliar e comparar a resistência de união e os padrões de fratura obtidos na dentina coronária (profunda) e dentina radicular (terço cervical). Pré-molares humanos hígidos foram fixados em gluteraldeído (2,5%). Secções da dentina coronária profunda e dentina radicular (região cervical) foram obtidas por clivagem. Cada dente recebeu os seguintes tratamentos: G1- dentina coronária + AF; G2- dentina coronária + P; G3 - dentina coronária sem tratamento; G4- dentina radicular + AF; G5- dentina radicular + P; G6- dentina radicular sem tratamento. As secções condicionadas com *primer* foram imersas em etanol e acetona. Todos os grupos foram desidratados em concentrações ascendentes de álcool e HMDS e visualizadas por microscopia eletrônica de varredura em ampliação de 1500X. As imagens obtidas foram usadas para calcular a densidade (D) e a área (A) da secção transversal dos túbulos dentinários em μm^2 utilizando o programa Leica IM50. Para o teste de microtração foram utilizados fatias de dentina coronária profunda e dentina radicular cervical de 12 dentes que foram divididas em quatro grupos de acordo com a região dentinária e o sistema adesivo utilizado: G7- dentina radicular + Single Bond II; G8- dentina radicular + Clearfill Protect Bond; G9- dentina coronária + Single Bond II; G10- dentina coronária + Clearfill Protect Bond. Resina composta foi acrescentada em ambos os lados das fatias. Foram obtidas dessas fatias espécimes em forma de palito. Após armazenamento em água (37°C) os espécimes foram submetidos ao teste de microtração em uma máquina de ensaio universal (Instron), a uma velocidade de 0,5mm/min. A dentina radicular intacta do terço cervical apresentou uma superfície irregular formada por calcosferitos, o que a difere estruturalmente da dentina coronária. Já a densidade (42.627/mm²) e a área transversal média (2,9035/ μm^2) dos túbulos dentinários na raiz não revelou diferença estatisticamente

significante ($p > 0,05$) aos valores encontrados na coroa. Os dados de resistência de união foram estatisticamente superiores na dentina coronária (26.63 MPa) do que na dentina radicular (19.76 MPa). O padrão de fratura mais frequentemente encontrado para ambas as regiões foi a fratura mista (coesiva no adesivo e na camada híbrida). É possível concluir que as dentinas coronária (profunda) e radicular do (terço cervical) apresentam diferenças morfológicas e nos valores de resistência de união, porém apresentam semelhanças quanto à densidade de túbulos e padrões de fratura independente do sistema adesivo utilizado.

Palavras-chave: Endodontia, Dentina, Raiz, Adesão.

ABSTRACT

The aim of this study was to: (a) characterize the morphology, density and transversal cross-section area of tubules of deep crown and cervical root dentine, intact and after etched with 32% phosphoric acid (AF) or the self-etch primer of the Clearfill Protect Bond adhesive system (P); and (b) evaluate and compare the bond strength and the fracture patterns obtained from deep crown dentine and cervical root dentine. Human carie-free premolars (n=5) were fixed in 25% glutaraldehyde. Deep crown and root dentine sections were obtained by cleavage. Each tooth was treated as follows: G1- crown dentine + AF; G2- crown dentine and P; G3-intact crown dentine; G4- root dentine + AF; G5- root dentine + P; G6- intact root dentine. The sections etched with primer were immersed in ethanol and acetone. All groups were dehydrated in increasing alcohol concentration and Hexamethyldisilazane, and were visualized by Scanning Electron Microscopy. A magnification of 1500X was used to calculate the density (D) and the dentinal tubule transversal cross-section area per mm^2 , using the program Leica IM50. For microtensile testing, twelve premolars were cut to obtain slices of deep crown dentine and cervical root dentine. These were divided in four groups according to dentine region and adhesive system employed: G7- root dentine + Single Bond II; G8- root dentine + Clearfill Protect Bond; G9- crown dentine + Single Bond II; G10- crown dentine + Clearfill Protect Bond. Restorative was added to both sides of the slices. Beam specimens were obtained from these restored slices which were kept in water at 37°C. The specimens were microtensile tested using a universal testing machine (Instron) at a speed of 0,5mm/min. Intact cervical root dentine presented an irregular surface formed with calcospherites, demonstrating its structural difference from coronary dentine. On the other hand, root dentine tubule density ($42,627/\text{mm}^2$) and average transversal area ($2.9035/\mu\text{m}^2$) did not reveal statistically significant difference ($p>0.05$) when compared to values obtain in crown. Bond strength results were statistically superior for crown dentine (26.63 MPa) then root dentine (19.76 MPa). Mixed fractures (cohesive in adhesive and hybrid layer) were the most frequent

fracture patterns found for both regions. It is possible to conclude that deep crown dentine and cervical root dentine present morphological and bond strength differences, however, are similar in relation to tubule density and fracture patterns independent of the adhesive system employed.

Key-words: Endodontics, Dentin, Root, Adhesion.

SUMÁRIO

	Página
1–INTRODUÇÃO	1
2 – REVISAO DA LITERATURA	4
2.1 DENTINA.	4
2.1.1 Definição e composição	4
2.1.2 Dentinogênese	6
2.1.3 Tipos de dentina	7
2.1.3.1 Dentina Primária	8
2.1.3.2 Dentina Secundária	8
2.1.3.3 Dentina Terciária	9
2.1.3.4 Pré-dentina	9
2.1.4 Microestrutura da dentina primária	10
2.1.4.1 Túbulos Dentinários	10
2.1.4.2 Dentina Intratubular, Intertubular e Interglobular	13
2.1.5 Dentina Radicular	15
2.1.6 Propriedades Mecânicas	16
2.1.6.1 Elasticidade	17
2.1.6.2 Microdureza	17
2.1.7 Efeitos de envelhecimento	18
2.2 INTERAÇÃO ENTRE MONÔMEROS RESINOSOS E DENTINA	18
2.2.1 Sistemas adesivos convencionais	20
2.2.2 Sistemas adesivos autocondicionantes	21
2.2.3 Hibridização da dentina	23
2.2.4 Hibridização intra-canal	24
3 – PROPOSIÇÃO	30
4 – MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Avaliação das superfícies radicular e coronária intactas e	31

condicionadas	
4.1.1 Distribuição dos fragmentos em grupos.	33
4.1.2 Tratamento dos fragmentos de dentina para análise da dentina	33
condicionada	
4.1.3 Preparo dos espécimes para microscopia eletrônica de	34
Varredura	
4.1.4 Análise morfológica dos espécimes	35
4.2 Avaliação da resistência de união de sistemas adesivos à dentina	36
radicular	
4.2.1 Preparo dos corpos-de-prova	36
4.2.2 Preparo dos corpos-de-prova para avaliação dos padrões de	41
fratura em meV	
4.2.3 Análise Estatística	41
5 – RESULTADOS	42
5.1 Análise da morfologia da dentina coronária e radicular por meio de	42
Microscopia Eletrônica de Varredura	
5.2 Análise da densidade de túbulos dentinários/mm ²	48
5.3 Análise da área transversal dos túbulos dentinários	49
5.4 Ensaio de Tração	52
5.5 Análise dos padrões de fratura	54
5.5.1 Tipos de fratura e tratamento	54
5.5.2 Posição morfológica e padrões de fratura	57
6 – DISCUSSÃO	64
7 – CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS	73
ANEXOS	84
Anexo I – Dados Brutos da Estatística	84
Anexo II – Certificado do Comitê de Ética	85

1 INTRODUÇÃO

A dentina é um tecido mineralizado, com túbulos dentinários ao longo de toda a sua espessura, constituindo a principal massa do dente (Cohen & Burns, 2000). Segundo Ten Cate (2001), a dentina é composta, em peso, por 70% de material inorgânico, 20% de material orgânico e 10% de água, e 45%, 33% e 22%, respectivamente, por volume. O principal componente inorgânico da dentina é a hidroxiapatita. Entre os constituintes orgânicos, as fibrilas colágenas formam 90% da matriz dentinária. Outros componentes orgânicos da dentina incluem fosfoproteínas, proteoglicanos, proteínas contendo γ -carboxiglucamato, glicoproteínas ácidas, fatores de desenvolvimento e lipídios (Cohen & Burns, 2000). Além disso, os componentes estruturais da dentina e suas propriedades variam com a localização e alteram-se fisiologicamente como o envelhecimento ou por processos patológicos (Marshall *et al.*, 1997).

Formada por estrutura física e morfológicamente complexa, a dentina coronária apresenta características regionais como permeabilidade, umidade (Pashley & Carvalho, 1997) e maior grau de mineralização em relação a dentina radicular (Yoshiyama *et al.*, 1996), além da variabilidade no número, diâmetro e direcionamento dos túbulos dentinários (Giannini *et al.*, 2000; Ogata *et al.*, 2001).

Garberoglio & Bronnstrom (1976) observaram um aumento no número de túbulos dentinários da dentina coronária adjacente à junção amelo-dentinária (29.500/mm²) para a dentina coronária profunda (45.000/mm²). Já Carrigan *et al.*, (1984), observaram que o número médio de túbulos presentes tanto na dentina coronária como na dentina cervical e média da raiz apresenta-se relativamente similar (coronária profunda = 44.243/mm²; cervical = 42.360/mm²; média = 39.010/mm²). Por outro lado, nesse mesmo estudo a densidade de túbulos dentinários presentes na dentina apical foi significativamente menor (média de 8.190/mm²).

Devido a essas características, a dentina da região coronária tem sido preferida e determinante em quase todas as ações restauradoras da odontologia denominada “adesiva”. Em 1982, Nakabayashi *et al.* mostraram que monômeros

resinosos, com características hidrófilas e hidrófobas, poderiam penetrar na dentina previamente desmineralizada e envolver as fibrilas colágenas, formando uma estrutura impermeável denominada “camada híbrida”, após a polimerização. Atualmente os sistemas adesivos estão classificados de acordo com a forma de interação com os tecidos dentais e número de passos operatórios na aplicação clínica (Van Meerbeek *et al*, 2001). Os sistemas adesivos tidos como “convencionais” utilizam o ácido fosfórico como condicionador e o *primer* e adesivo separadamente ou, quimicamente balanceados para serem contidos em um único frasco. Um outro sistema denominado “autocondicionante” baseia-se na utilização de um *primer* contendo uma maior concentração de monômeros hidrófilos ácidos, que promove uma alteração na *smear layer* e desmineraliza a dentina subjacente. O adesivo é então aplicado e envolve as fibrilas de colágeno presentes na superfície e no interior dos túbulos dentinários para formar a camada híbrida. Neste caso, o procedimento técnico clínico é mais simples porque elimina a etapa do controle da umidade durante o procedimento de união necessário para os sistemas que utilizam o ácido fosfórico para o condicionamento. O intuito é permitir o melhor controle da umidade (Watanabe, Nakabayashi & Pashley, 1994) e de minimizar os fatores que interferem na qualidade de união (Giannini *et al*, 2000, Van Meerbeek *et al*, 1992, Ferrari *et al*, 2000).

Com a evolução dos materiais que podem se unir ao tecido dentinário, novas opções para reconstruir canais radiculares que foram destruídos por cáries, trauma, desordens congênitas e reabsorções internas também foram desenvolvidas (Newman *et al.*, 2003). Assim, a combinação entre materiais resinosos, sistemas adesivos e pinos de fibra de vidro ou carbono, diminuiu o efeito cunha observado em pinos metálicos, reduzindo assim, o número de fraturas radiculares (Nakabayashi & Pashley, 1998; Newman *et al.*, 2003; Akkayan *et al.*, 2002).

Para obter uma união com qualidade dentro do canal radicular é necessário que a superfície dentinária seja preparada de forma que os monômeros resinosos possam infiltrar de maneira eficiente. De forma semelhante ao que feito na dentina coronária para remover ou modificar a *smear layer* e desmineralizar a dentina

radicular mais superficial, na dentina radicular é usado o ácido fosfórico ou *primers* ácidos. Com o condicionamento da superfície, os túbulos dentinários são alargados, as dentinas intratubular e intertubular são desmineralizadas e uma rede de fibrilas colágenas é exposta.

Gwinnett (1993) relatou que os elementos mais importantes para a resistência de união de sistemas adesivos à dentina são a formação de *tags* de resina intratubulares, a infiltração de resina dentro da matriz interdentinária desmineralizada, e a adesão química na superfície (Inoue *et al.* 2005, Yoshida *et al.* 2004). Considerando que existe a possibilidade de um condicionamento deficiente da superfície dentinária ou o colapso das fibrilas colágenas, o valor de resistência de união pode ser equivalente apenas a 10% do valor total. Caso não haja interferência destes fatores, o valor pode ser tão alto quanto 70% (Pashley *et al.* 1995).

Isto revela que o procedimento técnico de desmineralização e difusão dos monômeros nos espaços interfibrilares é crítico em relação ao tipo de sistema adesivo utilizado. Além disso, a morfologia da dentina coronária (intratubular e intertubular) ou radicular também pode comprometer a difusão monomérica e afetar a resistência de união. Desta forma a proposta desse estudo foi caracterizar a densidade de túbulos dentinários e a morfologia da dentina coronária (profunda) e radicular (terço cervical) intactas e após condicionadas com ácido fosfórico ou o *primer* ácido de um sistema adesivo autocondicionante. Complementarmente foi proposto avaliar e comparar a resistência da união e os padrões de fratura obtidos na dentina radicular (terço cervical) e coronária (profunda).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DENTINA

2.1.1 Definição de Composição

A dentina é um tecido mineralizado, com túbulos ao longo de toda a sua espessura constituindo a principal massa do dente (Cohen & Burns, 2000). No interior desses túbulos encontram-se os prolongamentos de células especializadas denominados odontoblastos que caracterizam a vitalidade do dentina. Ela também pode ser definida como um compósito biológico de matriz de colágeno preenchida com cristais de apatita que se encontram dispersos entre túbulos dentinários (Marshall *et al.* 1997). Os componentes estruturais da dentina e suas propriedades variam com a localização e sofrem alterações através de aspectos fisiológicos como envelhecimento e através de processos patológicos (Marshall *et al.*, 1997). Além disso, por se formar um pouco antes do esmalte, determina a forma geral do dente incluindo a coroa, cúspides, bem como o número e tamanho das raízes.

Segundo Ten Cate (2001), a dentina madura é composta, quimicamente por cerca de 70% de material inorgânico, 20% de orgânico e 10% de água, em peso. Sua distribuição por volume corresponde por 45%, 33% e 22% respectivamente. Dentro do conteúdo orgânico, 90% é composto por colágeno (principalmente do tipo I) e os 10% restantes são representados por proteínas não-colagenosas. Como a dentina é extremamente heterogênea, existe variação de composição dependendo da área estudada. Isto pode ser identificado quando comparamos as dentinas denominadas do manto e circumpulpar, bem como a dentina coronária e radicular. (Goldberg *et al.*,1995)

O principal componente inorgânico encontrado na dentina é hidroxiapatita, assim como o maior componente orgânico é o colágeno. No entanto, o colágeno, que é uma proteína estrutural, apresenta-se ausente na dentina intratubular (peritubular). Existem pelo menos 27 diferentes tipos de colágeno com mais de 42 cadeias α distintas. (Yamauchi, 1991; 1996). O colágeno do tipo I é a forma

predominante encontrada na dentina. A presença do colágeno do tipo III é mais controversa e parece estar ausente na pré-dentina e dentina normal, porém pode ser encontrada em algumas condições patológicas pouco freqüentes, como a dentinogênese imperfeita (opalescência dentinária hereditária). Encontramos o colágeno do tipo IV apenas no início da dentinogênese enquanto o tipo VI foi identificado como um componente minoritário da pré-dentina. O colágeno do tipo V foi identificado na cultura de odontoblastos e germes dentários, constituindo apenas 3% da produção colágena de odontoblastos secretados na pré-dentina. (Goldberg,1995).

O colágeno do tipo I é conhecido por ser altamente insolúvel, resistente ao inchaço e rígido quando comparado com os colágenos encontrados na pele e em tendões. Essas características físicas podem estar relacionadas à presença intensa de ligações cruzadas covalentes intermoleculares das fibrilas deste tipo de colágeno (Rivera & Yamauchi, 1993). Ligações cruzadas covalentes oferecem estabilidade e resistência para a matriz. Os autores, Rivera & Yamauchi em 1993, realizaram um estudo que visava quantificar as ligações cruzadas encontradas em dentes com anatomia e funções diferentes encontrando uma maior constituição de ligações cruzadas em molares do que em incisivos.

Entre os componentes orgânicos da dentina, 10% incluem proteínas não-colagenosas como fosfoproteínas (ex. decorin, biglycan, fibromodulin a lumcan), glycoproteínas (ex. osteopontin), proteína GLA (osteocalcin), entre outras. (Linde, 1989; Buttler, 1998). As fosfoproteínas são as proteínas não-colagenosas mais abundantes da matriz dentinária e estão provavelmente envolvidas no processo de mineralização do colágeno pela regulação da iniciação e crescimento dos cristais de apatita (Hão *et al.*, 2004; Wallwork, 2002).

É importante ressaltar que uma fração significativa da água presente na dentina é confinada aos túbulos dentinários (Van der Graaf & Ten Bosch, 1990) e como o conteúdo da dentina varia com a profundidade da mesma (Garberoglio & Brännström, 1976), o volume de água é menor na dentina superficial e maior na

dentina profunda (Pashley,1991). Por outro lado, a composição mineral parece ser relativamente constante, independente da profundidade dentinária.

2.1.2 Dentinogênese

O processo de dentinogênese inicia-se na 8^a semana de vida intra-uterina e consiste de dois processos separados, mas interligados: produção da matriz orgânica e mineralização (Seltzer & Bender, 1975). Primeiramente, células mesenquimais indiferenciadas da papila dentária se alinham sobre a membrana basal adjacente ao epitélio interno do esmalte. Essas células se diferenciam em odontoblastos. Após a diferenciação, os odontoblastos iniciam a produção de uma matriz orgânica que consiste de colágeno do tipo I e substância fundamental associada. As organelas dessas células responsáveis pela formação e secreção da matriz orgânica, tais como o retículo endoplasmático rugoso e o aparelho de Golgi, encontram-se nas suas porções proximais (Garant, 1968). Os odontoblastos estão imersos na substância fundamental preexistente da papila, sintetizando e depositando o colágeno da dentina primária no interior desta matriz. As primeiras fibras colágenas que aparecem extracelularmente apresentam um diâmetro de 0,1 a 0,2 µm e são depositadas em ângulo reto com a lâmina basal e entremeadas com as fibrilas aperiódicas de colágeno VII. À medida que sintetiza a matriz extracelular da dentina, o odontoblasto migra em direção ao centro da polpa; com isso, seu processo citoplasmático, inicialmente curto, alonga-se e passa a ser chamado *processo odontoblástico*. A membrana plasmática dos odontoblastos forma também estruturas denominadas vesículas de matriz, as quais passam a se localizar entre as fibras de colágeno (Ten Cate, 2001).

Em um segundo momento ocorre a mineralização, que é um processo intermitente ao longo de toda a vida do elemento dentário. Ela consiste da substituição da matriz orgânica por um sistema mineralizado cristalino (Carrigan, 1984; Eisenmann & Glick, 1972). No interior das vesículas de matriz, aparecem os primeiros cristalitos de hidroxiapatita. Conforme são depositados, eles se sobrepõem às fibrilas colágenas da matriz (Ten Cate,2001).

É importante notar que enquanto o esmalte pode ser considerado um tecido único no corpo humano, envolvendo proteínas específicas não encontradas em nenhum outro órgão, a dentina faz parte de grupo relativamente grande em que a mineralização de tecidos conjuntivos ocorrem envolvendo uma matriz de proteínas colágenas e não-colágenas (Goldberg *et al.*, 1995).

Após a completa formação da morfologia da coroa, da elaboração da dentina coronária e da matriz extracelular do esmalte, o germe dentário em desenvolvimento começa a formar sua raiz, em um processo que irá estabelecer sua conexão com o osso alveolar que o cerca. O mesênquima que cerca o órgão do esmalte (saco dental), especialmente a porção situada na região apical do germe dentário, prolifera durante o período de formação radicular, gerando não apenas populações de células que irão contribuir para o desenvolvimento da polpa radicular, mas também irão formar o periodonto (Thomas, 1995). A formação da dentina radicular ocorre durante o estágio tardio de sino a partir das células epiteliais da bainha radicular de Hertwig, que irão iniciar a diferenciação em odontoblastos. É importante ressaltar que a matriz orgânica da dentina radicular produzida por esses odontoblastos é diferente da matriz orgânica da dentina coronária. A velocidade de deposição da parte coronária da dentina radicular é aproximadamente de 4µm por dia, com uma queda na parte apical da dentina radicular. Essa velocidade varia entre dentes de um mesmo grupo ou grupos diferentes (Ten Cate, 2001).

A dentina não se renova e, uma vez completada a dentinogênese, os elementos vasculares perdem-se no meio dos odontoblastos. Por isso, é difícil afirmar que alguma forma de suprimento nutritivo na dentina seja fundamental para a sua viabilidade (Bourd-Boittin *et al.* 2005)

2.1.3 Tipos de dentina

Apesar do avanço durante as últimas décadas quanto ao processo de desenvolvimento das cáries e a introdução de técnicas eficientes de adesão, pode-se dizer que ainda se conhece muito pouco da dentina em si, mesmo que informações sobre morfologia dentinária se tornaram de extrema valia (Marshall *et al*

1997). Tal dificuldade se deve ao fato da dentina ser um complexo biológico hidratado, modificado fisiologicamente por envelhecimento e processos patológicos, o que resulta em formas diferentes de dentina. Tais formas têm sido pobremente definidas em relação à estrutura e propriedades. Podemos reconhecer quatro formas principais de dentina nos seres humanos: dentina primária, secundária, terciária e pré-dentina.

Outras variações que podemos reconhecer na dentina seriam a dentina cariada, desmineralizada, remineralizada e hipermineralizada que também refletem alterações dos componentes fundamentais da estrutura como seu arranjo e composição química (Marshall *et al*,1997).

2.1.3.1 Dentina Primária

A maior parte do dente é formada por dentina primária, que contorna a câmara pulpar e que se desenvolve durante a dentinogênese. É também denominada de dentina de desenvolvimento. Essa pode ser subdividida em dois tipos: dentina do manto e dentina circumpulpar. A dentina do manto é a primeira dentina formada, localizada imediatamente adjacente ao esmalte e cemento. Ela é composta por fibras colágenas espessas em forma de leque, depositada imediatamente subjacente à lâmina basal durante os estágios iniciais da dentinogênese. A mineralização da matriz dentinária ocorre com o início do desenvolvimento da dentina do manto. Após sua formação ocorre a geração da dentina circumpulpar que constitui a maior parte da dentina primária. Pode-se dizer que a matriz da dentina do manto é ligeiramente menos mineralizada em relação à dentina circumpulpar. (Cohen & Burns, 2000; Ten Cate, 2001)

2.1.3.2 Dentina Secundária

Após a completa formação da raiz, inicia-se a formação da dentina secundária. Inicialmente acreditava-se que este tipo de dentina apenas se formava após um estímulo funcional. Porém, ela também está presente em casos de dentes não erupcionados. Dessa forma, hoje, acredita-se que essa formação está mais

relacionada com uma deposição mais lenta de dentina pelos odontoblastos. Ela possui uma estrutura tubular e um padrão incremental menos irregular em relação a dentina primária, porém contínuos com a deposição dentinária (Ten Cate, 2001). Não há uniformidade em sua deposição que normalmente apresenta-se em maior intensidade nas regiões de teto e assoalho da câmara pulpar.

2.1.3.3 Dentina Terciária

A dentina terciária, também conhecida como reparadora, é depositada em locais específicos como uma resposta à injúria e sua deposição é diretamente proporcional a sua intensidade. (Ten Cate 2001). Diferente das outras duas dentinas que são produzidas ao longo de toda a vida do elemento, a dentina terciária é produzida por células que foram afetadas diretamente pela agressão (Chaussain-Miller *et al*, 2006). Como resultado de uma rápida deposição, essas células tornam-se freqüentemente aprisionadas na matriz recentemente formada o que resulta em um padrão tubular retorcido. (Ten Cate, 2001)

2.1.3.4 Pré-dentina

A pré-dentina é a matriz orgânica não mineralizada da dentina. Sua matriz é constituída principalmente por colágeno do tipo I e II, glicoproteínas, proteoglicanos, fosforina e outros constituintes da matriz dentinária que são adicionados na frente de mineralização (Trowbridge & Kim, 2000). Ela situa-se entre a camada de odontoblastos e a dentina mineralizada, possuindo uma espessura variável (10 a 47µm), sendo maior nos locais onde a dentinogênese está mais ativa. (Cohen & Burns, 2000; Ten Cate, 2001) Acredita-se que sua presença é fundamental para manter a integridade da dentina, prevenindo a reabsorção dentinária pela polpa. (Moleri *et al.*, 2004)

2.1.4 Microestrutura da dentina primária

Estudos sobre a microestrutura dentinária podem ser datados desde o início da história da microscopia óptica, tal como o trabalho de Hanazawa (1917). Desde então, técnicas como histoquímica, imunofluorescência, microscopia de polarização, eletrônica de varredura, de contraste de fase, de interferência e microradiografia, têm sido usadas para descrever detalhadamente sua estrutura (Mjör & Nordahl, 1996).

Quando a dentina é observada microscopicamente, diversas características estruturais podem ser encontradas tais como túbulos dentinários, dentina intratubular, intertubular e interglobular.

2.1.4.1 Túbulos Dentinários

Os túbulos dentinários representam o trajeto tomado pelas células odontoblásticas da câmara pulpar à junção amelo-dentinária ou ao cimento. Na coroa, os túbulos dentinários têm um trajeto em curva suave que se assemelha a um “S” (Mjör et Nordahl, 1996). Na raiz os túbulos seguem um curso reto e mostram um alto grau de ramificações periféricas (Mjör et Nordahl, 1996). Os primeiros estudos que avaliaram o número e o diâmetro dos túbulos dentinários utilizaram dentina humana descalcificada e microscopia óptica. Autores como Meyer (1951) e Ketterl (1961) acreditavam que o diâmetro tubular poderia variar de $1.0\mu\text{m}$ perto do esmalte em um número de 9.000 a 24.000 túbulos/ m^2 . Por outro lado, perto da polpa, esse diâmetro variava de 4 ou $5\mu\text{m}$ em um número de 64.000 a 70.000 túbulos/ m^2 . Garberoglio & Brännström em 1976 contestaram tais informações, pois observaram que a dentina intratubular era dissolvida durante a descalcificação da dentina em ácido, resultando em valores de diâmetro excessivamente altos. Para esses autores o diâmetro dos túbulos mais próximos ao esmalte era de $0,9\mu\text{m}$ (20.000 túbulos/ m^2) e $2,5\mu\text{m}$ (45.000 túbulos/ m^2) próximo à polpa. O estudo, no entanto, não se concentrou apenas em uma região ou um determinado grupo de dentes. Na realidade o estudo englobou vários grupos de dentes, de vários indivíduos em variadas idades.

Tendo isto em mente, outros autores como Whittaker & Kneale (1979) e Carrigan *et al.* (1984) tentaram realizar trabalhos mais específicos. Os primeiros fizeram um levantamento do número e do diâmetro tubular de regiões específicas da raiz, variando apenas a idade. Eles concluíram que o número de túbulos diminuía no sentido coroa-ápice, porém não encontraram nenhuma relação entre idade e diâmetro tubular. Carrigan *et al.* (1984) buscaram fazer um estudo em incisivos centrais superiores, utilizando microscopia de varredura para analisar a dentina coronária e radicular e assim encontrar ou não correlação entre número de túbulos, localização e idade da amostra. A conclusão do trabalho foi que o número de túbulos dentinários diminuiu com a idade. Como Whittaker & Kneale (1979), esses autores também encontraram uma diminuição do número de túbulos no sentido coroa-ápice.

Em outro estudo, Schellenberg *et al.* (1992), também realizaram a contagem da densidade numérica dos túbulos dentinários e buscaram fazer um levantamento em sítios específicos. Porém, os autores incluíram uma maior variedade de tipos dentários. Foram inseridos no estudo sítios como as faces vestibulares, linguais, mesiais e oclusais da câmara pulpar de 1º pré-molares superiores, 2º pré-molares inferiores e 3º molares superiores e inferiores. Assim pode-se concluir que existe uma grande variedade de densidade tubular entre diferentes grupos dentários, entre indivíduos diferentes e em diferentes locais em um mesmo dente.

Um trabalho extremamente importante em relação ao mapeamento de túbulos dentinários foi realizado por Mjör & Nordahl em 1996. Através de microscopia óptica, esses autores estudaram a densidade de túbulos em amostras dentinárias desmineralizadas e coradas. Outras amostras desmineralizadas, coradas e não coradas, foram usadas para estudar as ramificações dos túbulos dentinários através de microscopia óptica e de varredura. Como Jones e Boyd em 1984, esses autores observaram um sistema de entrelaçamento de ramificações dentro da matriz intertubular da dentina. Dessa maneira, foram capazes de classificar tipos diferentes de ramificações baseados em dimensão, direção e localização dentro da dentina. As ramificações principais incluíam ramificações terminais em formato de “Y”, que normalmente possuíam uma direção similar ao do túbulo dentinário principal. Tais

ramificações tendiam a ocorrer em ângulos agudos e eram caracteristicamente encontradas na dentina periférica. Ramificações finas puderam ser visualizadas com microscopia óptica indicando diâmetros de 300-700nm. Essas eram vistas se estendendo perifericamente dos túbulos principais em ângulos de 45° e apresentavam-se abundantes, especialmente na massa dentinária radicular. Elas também poderiam ser vistas em áreas aonde os túbulos se encontravam relativamente distanciados, como na dentina periférica. Micro-ramificações, que eram visualizadas apenas por microscopia eletrônica de varredura, também foram descritas. Essas revelaram um diâmetro de 50-100nm e partiam dos túbulos dentinários em ângulos retos. Também foram visualizadas ramificações e anastomoses entre essas micro-ramificações. Similares às anastomoses descritas por Jones & Boyd em 1984, as micro-ramificações podem ser encontradas em qualquer região de dentina intertubular. Ten Cate (2001) também classificou as ramificações como maiores (500 a 1.000 nm de diâmetro), finas (300 a 700 nm) e micro (menos de 300nm). Segundo o autor, as maiores, ramificações terminais dos túbulos, ocorrem com mais freqüência na dentina radicular, onde a densidade de túbulos é mais baixa.

Um estudo minucioso do túbulo dentinário foi também realizado por outros autores (Holland, 1976; Sigal *et al.*, 1984; Holland, 1985). Esses realizaram um trabalho para demonstrar que o processo odontoblástico se estendia desde região pulpar até a periferia da dentina. De fato, Holland em 1985, sugeriu que este sistema de canalículos provavelmente desempenhava um papel principal no movimento de nutrientes.

Compreendendo a natureza tubular da dentina, Sourai (1989) argumentou em seu trabalho que tal característica lhe proporciona um grau acentuado de permeabilidade, o que revela a propriedade de acentuar processos cariosos, acelerar a resposta da polpa aos procedimentos restauradores e servir de nicho para algumas bactérias resistentes após o tratamento endodôntico causando muitas vezes o insucesso. Por outro lado, a diminuição do número de túbulos dentinários no

sentido coroa-ápice parece também favorecer uma menor contaminação e explicar a alta taxa de sucesso encontrada na endodontia.

2.1.4.2 Dentina Intratubular, Intertubular e Interglobular

O túbulo dentinário é circunferenciado por um anel hipermineralizado que muitos denominam de dentina peritubular. Porém, se analisada anatomicamente, essa denominação pode ser substituída por uma mais coerente que seria a de dentina intratubular, já que tal dentina é formada dentro do túbulo dentinário e não ao seu redor (Ten Cate, 2001).

A dentina intratubular é um exemplo de mineralização de tecido conjuntivo aparentemente sem a presença de fibras colágenas, pois até o momento somente componentes não-colágenos foram encontrados (Goldberg *et al.*,1995). Shroeder & Frank, em 1985, relataram que a fase mineral de dentina intratubular é composta por cristais isodiamétricos enriquecidos em magnésio e carbonatos. Sua matriz orgânica amorfa consiste de glicoproteínas, proteoglicanos e lipídios. Apesar de se saber pouco sobre a formação de dentina intratubular, a presença de osteonectina e a glicoproteína $\alpha 2$ HS indicam que sua matriz resulta da secreção de odontoblastos e da difusão de proteínas da membrana plasmática dos processos odontoblásticos (Goldberg *et al.*,1995).

Também encontramos entre os túbulos dentinários, ou mais especificamente entre as zonas de dentina intratubular, a dentina intertubular. De um ponto de vista estrutural, a dentina intertubular é resultado da síntese e secreção de uma matriz de colágeno pelos odontoblastos, formando assim a pré-dentina que é subseqüentemente transformada em dentina (Goldberg *et al.*,1995). Existe uma variedade de informações quanto ao grau de mineralização da dentina intratubular em relação à intertubular. Exemplos seriam os achados de Ten Cate (2001) que demonstraram que tal dentina é 40% mais mineralizada que a dentina intertubular e Bhaskar (1981) que alega que esta diferença seria de apenas 9%. De toda forma, como anteriormente esclarecido, a dentina intratubular é primordialmente constituída por cristais de apatita e possui pouca matriz orgânica, enquanto a dentina

intertubular possui uma matriz que se caracteriza pela presença de fibras colágenas do tipo I, reforçadas por apatita.

A composição mineral geral da dentina parece ser relativamente constante independente da profundidade dentinária. Isso ocorre, provavelmente, porque a quantidade de dentina intertubular rica em colágeno gradualmente decresce da dentina superficial para a profunda (próxima à polpa), enquanto o volume da dentina intratubular (peritubular) hipermineralizada aumenta na mesma intensidade que a dentina intertubular diminui (Nakabayashi & Pashley, 1998).

A dentina intratubular tem aproximadamente 44nm de largura próxima à terminação pulpar e 750nm de largura perto da junção amelo-dentinária, sendo nitidamente demarcada pela dentina intertubular. Essa por sua vez, constitui a principal massa da dentina, apesar de seu volume variar de acordo com a localização (Marshall *et al.*, 1997). Segundo Pashley (1989), a área da matriz intertubular varia de 12% próximo à pré-dentina, até 96% na junção amelo-dentinária, enquanto a dentina intratubular varia de 60% a 3%, próximo à interface com esmalte. Pode-se também dizer que a apatita encontrada na dentina intertubular possui dimensões muito menores (por volta de 5x30x100nm) do que a encontrada no esmalte, bem como uma concentração de 4 a 5% maior de carbonato. Tal redução de tamanho e maior concentração de carbonato sugere uma superfície ampla e ativa.

Em dentes de seres humanos com deficiência de vitamina D ou que receberam níveis elevados de fluoreto durante a dentinogênese, podemos observar áreas de dentina não-mineralizada ou hipomineralizada denominada dentina interglobular. Nessas situações podem-se visualizar zonas globulares de mineralização (calcosferitos) que não se fusionaram em uma massa homogênea dentro da dentina madura. No entanto, deve-se ressaltar que este se trata de um problema relacionado à mineralização e não de deposição de matriz, não afetando assim o curso normal dos túbulos (Lopes & Siqueira, 2004). A localização fisiológica de calcosferitos pode ser encontrada adjacente à pré-dentina. Essas projeções

convexas foram visualizadas no soalho da câmara pulpar em um trabalho descrito por Kijssamanmith *et al.* (2002).

2.1.5 Dentina radicular

A formação da dentina radicular ocorre a partir das células da bainha epitelial de Hertwig que irão iniciar a diferenciação de odontoblastos. Pode-se observar que a dentina radicular, produzida por esses odontoblastos, é diferente da matriz da dentina coronária. Na realidade, as mineralizações da dentina coronária e radicular são totalmente diferentes. Isto se evidencia não só no ponto de vista estrutural, mas também por sua composição (Thomas, 1995).

Um exemplo seria a própria secreção de pré-dentina. Na raiz, a matriz da pré-dentina contém uma distribuição escassa de fibrilas colágenas. Já na dentina coronária as fibras colágenas são mais espessas e densamente organizadas, normalmente orientadas paralelamente aos processos odontoblásticos (Thomas, 1995).

Entre os componentes que o odontoblasto adiciona à matriz orgânica durante a mineralização, uma fosfoproteína é de particular interesse. Essa proteína denominada fosforina está presente na dentina circumpulpar, porém ausente na pré-dentina e na dentina do manto, associando-se à mineralização. Pequenas quantidades dessa proteína são encontradas na dentina radicular que parecem estar correlacionadas com um menor grau de mineralização que ocorre na raiz (Ten Cate, 2001).

Até o presente momento, existe um número limitado de estudos sobre a morfologia radicular de maneira detalhada e focalizando a variação encontrada em diferentes indivíduos em diferentes idades, ou mesmo entre grupos dentários diferentes. Sempre houve uma maior atenção quanto à morfologia da dentina coronária uma vez que seu conhecimento sempre desempenhou um papel determinante em quase todas as operações da dentística restauradora. Um estudo interessante que deve ser citado é o trabalho de Carrigan *et al.* em 1984. Percebendo a escassez de informação quanto ao tema, os autores realizaram um

estudo de microscopia eletrônica de varredura para examinar não só a estrutura coronária, mas também a estrutura radicular. Eles perceberam que, apesar do decréscimo do número de túbulos da coroa em direção ao ápice, o número médio de túbulos presente na dentina coronária, cervical e média da raiz apresentava um número relativamente similar (coronária = 44.243/mm²; cervical = 42.360/mm²; média = 39.010/mm²). Por outro lado, o número de túbulos dentinários presentes na dentina apical foi significativamente menor (média de 8.190/mm²).

2.1.6 Propriedades mecânicas

O conhecimento das propriedades mecânicas da dentina é importante para se compreender como tensões mastigatórias são distribuídas através do dente, bem como para prever como essas tensões são alteradas por restaurações, idade e doenças (Kinney *et al.*, 1996). As propriedades mecânicas da dentina têm sido principalmente atribuídas à organização e densidade das partículas minerais a quantidade de dentina intertubular, e/ ou/ à densidade dos túbulos dentinários (Marshall *et al.*, 1997; Kinney *et al.*, 2001). Pode-se dizer que quase todas as informações quanto às propriedades elásticas e de dureza da dentina foram determinadas sem um controle quanto à orientação dos túbulos dentinários ou a determinação da densidade tubular. Dessa maneira, tem sido difícil estabelecer o papel da orientação espacial dos túbulos na morfologia e no módulo de dureza da dentina (Marshall *et al.*, 1997).

Recentemente, o estudo de Miguez *et al.* (2004) demonstrou que a matriz de colágeno contribui significativamente para a resistência coesiva da dentina. Foram investigadas as diferenças potenciais entre as propriedades da matriz de diferentes localizações. Neste caso foi testada a resistência à tração e a bioquímica do colágeno do terço cervical das raízes e da coroa dentinária de terceiros molares. Em ambas as localidades, a resistência à tração testada perpendicularmente aos túbulos dentinários foi maior do que quando testados paralelamente. Os espécimes desmineralizados revelaram uma resistência à tração significativamente maior da raiz do que da coroa. Além disso, apesar do conteúdo de colágeno ser comparável

entre as regiões, dois tipos de ligações cruzadas dentro do colágeno foram encontrados em maior abundância na raiz, a dehidrodihidroxisisonorleucina cetoamina e piridinolina.

2.1.6.1 Elasticidade

A dentina é um tecido com propriedade elástica e seu módulo de elasticidade encontra-se entre 14 e 19 GPa (Van Meerbeek *et al.* 1993; Sano *et al.* 1995; Kinney *et al.*, 1999), o que se torna importante uma vez que sua resiliência previne a fratura do frágil esmalte suprajacente. De fato, estas duas estruturas são firmemente unidas na junção amelo-dentinária. Já na raiz do dente, a dentina é coberta por cemento e, microscopicamente, esta junção é menos nítida. (Ten Cate, 2001).

2.1.6.2 Microdureza

Alguns trabalhos (Pashley, Okabe & Parham, 1985 e Van Meerbeek *et al.*, 1993), utilizando o teste de micro-dureza, foram realizados para obter dados referentes a dentina. Os valores encontrados variavam de 250 a 800 Mpa, dependendo do sítio escolhido (Craig, Gehring & Peyton, 1959; Fusayama & Maeda, 1969; Pashley *et al.*, 1985). Porém, por causa do tamanho da perfuração usada nesses estudos em relação à microestrutura da dentina, resultados pouco precisos foram obtidos. Por essa razão, esses autores erroneamente atribuíram uma redução de microdureza com o aumento de densidade tubular.

Tendo em vista as dificuldades de se obter informações quanto à dureza e elasticidade da dentina, Kinney *et al.*, em 1996, realizaram um estudo em que microscopia de força atômica foi utilizada para se medir a dureza de sítios específicos tais como a dentina intratubular e intertubular, localizados perto da junção amelo-dentinária ou polpa. Os resultados mostraram que a dentina intratubular apresentava a mesma dureza independente da localização, variando de 2,23 a 2,54 GPa. Por outro lado, a dureza da dentina intertubular foi determinada pela localização, sendo significativamente maior próximo da junção amelo-dentinária

(0,49 a 0,52 GPa) e menor próximo à polpa (0,12 a 0,18 GPa). As diferenças de microdureza encontradas estão provavelmente relacionadas à distribuição não-uniforme das fibras colágenas ou a distribuição não-uniforme da matriz mineral.

2.1.7 Efeitos de envelhecimento

Os efeitos de envelhecimento sobre as propriedades mecânicas da dentina ainda não foram bem entendidos. Estudos de Beust (1931) e Wright (1938) sugeriram que os dentes se tornavam mais duros com o envelhecimento. Isto foi contestado por Dalitz em 1962, que relacionou este maior endurecimento da dentina com a presença de dentina esclerótica. Em 1965, Pothmann observou maior dureza apenas em indivíduos com mais de 60 anos. Já Braden em 1976, concluiu que mudanças de propriedade mecânica relacionada com a idade não ocorriam na dentina, confirmando a grande discordância entre autores sobre o tema.

2.2 INTERAÇÃO ENTRE MONÔMEROS RESINOSOS E DENTINA

A primeira tentativa de se unir resina ao dente foi realizada após a Segunda Guerra Mundial pelo químico suíço Oscar Hagger que desenvolveu o ácido glicerofosfórico dimetacrilato (Hagger, 1951, 1952). Os primeiros pesquisadores que empregaram clinicamente este novo produto foram McLean e Kramer em 1952. Três anos depois, Buonocore (1955) obteve sucesso na adesão ao esmalte condicionado. Porém, em 1956 ele tentou realizar o mesmo procedimento na dentina, não obtendo sucesso. Como se conhecia muito pouco sobre o substrato dentinário, as resinas disponíveis não apresentavam boas características de umedecimento e os monômeros eram aplicados diretamente sobre a *smear-layer*, resultando em baixos valores de resistência da união (cerca de 5 MPa). Moléculas monoméricas como os ácidos fosfatados ésteres de metacrilato foram então desenvolvidos na tentativa de se melhorar a união à dentina. Através de estudos de microscopia eletrônica de varredura foi possível verificar que as falhas das amostras ocorriam coesivamente dentro da *smear-layer* (Tão *et al.*, 1988). Logo estes resultados revelaram a

necessidade de se remover ou modificar a *smear layer* para se obter maiores valores de resistência da união à dentina (Watanabe *et al.*, 1990; Watanabe & Nakabayashi, 1993).

Pashley *et al.*, em 1988 relataram que a *smear layer* apresenta lenta dissolução nos fluidos bucais e rápida dissolução em meio ácido. Em uma tentativa de simplificação, Fusayama *et al.*, em 1979 e 1980 sugeriram o uso de ácido fosfórico gel a 40% para condicionar simultaneamente o esmalte e a dentina. Esta técnica ficou conhecida como “técnica do condicionamento total”.

Naquela época as instruções de aplicação eram condicionar a superfície, lavar com água e secar com jatos de ar. Não se compreendia que a secagem da dentina desmineralizada resultava no colapso do sistema de fibrilas colágenas. Fusayama (1979) também aconselhava a escavar apenas a dentina cariada, não estendendo o preparo até a dentina sadia. Como a dentina afetada por cárie é esclerótica, ela é também menos permeável. Por isso, o tratamento ácido para remover a *smear layer* não aumentava significativamente a sua permeabilidade (Tagami *et al.*, 1992; Pashley *et al.*, 1991).

O primeiro sistema adesivo com resultados satisfatórios sobre a dentina empregando o condicionamento total foi descrito por Nakabayashi & Masuhara em 1982. Esses autores descobriram que a combinação de ácido cítrico 10% e cloreto de sódio 3% (solução 10-3) agia como um bom agente condicionante sobre esmalte e dentina. O sistema também consistia de resina 4-META/metil metacrilato-tri-*n*butil borano (MMA-TBB). A vantagem deste sistema sobre os outros desenvolvidos até então era a capacidade de remover a camada de *smear layer* e desmineralizar o tecido dentinário. Através de análise em microscopia eletrônica de varredura foi possível verificar que os monômeros resinosos penetravam em profundidade na dentina desmineralizada e polimerizavam ao redor das fibrilas colágenas, formando uma estrutura que foi denominada “camada híbrida”.

2.2.1 Sistemas adesivos convencionais

Após um intenso período de desenvolvimento dos agentes adesivos, surgiram os atuais sistemas de união que utilizam a técnica do condicionamento ácido total. Enquanto os adesivos para esmalte deveriam conter preferencialmente monômeros hidrófobos de alto peso molecular já que essa é uma estrutura primordialmente inorgânica, com pouca umidade, a dentina é um tecido naturalmente úmido. Como na maioria dos casos clínicos, a dentina é o substrato com maior área exposta a ser restaurada, torna-se inviável a aplicação de diferentes sistemas de união sobre o esmalte e a dentina. Por isso, os sistemas de união mais recentes tem adotado características hidrófilas (Carvalho *et al.*,2004).

Estes sistemas podem apresentar duas ou três etapas técnicas para sua aplicação. Os sistemas convencionais de três etapas utilizam o condicionamento da superfície do substrato com ácido fosfórico, aplicação do *primer* e, por último, o adesivo. O *primer* é constituído por concentrações balanceadas de monômeros hidrófilos e um solvente orgânico (água, acetona ou álcool). Na dentina o *primer* é responsável por revestir as fibras colágenas para a posterior infiltração dos monômeros hidrófobos, preencher completamente os espaços interfibrilares e promover o restabelecimento da energia de superfície da dentina, reduzida após o condicionamento ácido pela exposição da matriz orgânica (Van Meerbeek, 2001).

Os sistemas convencionais de dois passos, também conhecidos como de “frasco único” são apresentações mais simplificadas onde os componentes hidrófilos do primer e os componentes hidrófobos do adesivo estão balanceados quimicamente e reunidos em um único frasco. Infelizmente o equilíbrio químico entre os componentes é extremamente difícil de ser mantido (Van Meerbeek,2001).

Em ambos os casos, a aplicação dos sistemas deve ser realizada sobre a dentina úmida, uma vez que o condicionamento ácido desmineraliza a dentina intratubular e intertubular e expõe uma malha de fibrilas colágenas (Pashley *et al.*,1981,1993). No entanto, quando o substrato é excessivamente desidratado as

fibrilas colágenas colapsam formando pontes de hidrogênio e os microscópicos espaços retentivos entre elas são ocluídos (Pashley *et al.*,1993). Isso irá impedir a penetração dos monômeros resinosos e conseqüentemente a formação da camada híbrida (Nakabayashi & Pashley,1998).

2.2.2 Sistemas adesivos autocondicionante

Como descrito anteriormente, a condição de umidade adequada da dentina que possibilita a efetiva infiltração de monômeros resinosos é difícil de ser atingida clinicamente. Este problema foi minimizado por Watanabe *et al.* (1990) e Watanabe (1992), quando eles desenvolveram o primeiro sistema de união autocondicionante objetivando simplificar o procedimento técnico de aplicação dos adesivos. O sistema consistia de uma solução aquosa de fenil-P a 20% em HEMA a 30% e, por causa de sua composição química, ficou conhecido como sistema 20P-30H. Durante os anos seguintes, foram desenvolvidos vários monômeros ácidos derivados de radicais carboxílicos (4-MET, 4-metacrilóxi-etil tri-melítico; 10-MDP, 10- metacrilóxidecil di-hidrogênio fosfato, dentre outros) que além de desmineralizar, infiltram o substrato do esmalte e dentina simultaneamente. Estas formulas deram origem aos sistemas autocondicionantes utilizados atualmente.

Os adesivos autocondicionantes são compostos por monômeros hidrófilos ácidos e água, contidos em concentrações balanceadas em um frasco (*primer ácido*) e, em um outro frasco (*adesivo*), o conteúdo é formado por monômeros hidrófilos e hidrófobos. O radical fosfato ligado ao monômero hidrófilo é responsável pelo condicionamento do esmalte e dentina, enquanto que o componente metacrilato da molécula se disponibiliza para a co-polimerização com o agente de união e a resina restauradora (Watanabe, Nakabayashi & Pashley, 1994). Neste processo não é necessário lavar os produtos provenientes da reação, porque são incorporados e polimerizados juntos com o agente de união. O objetivo real desses sistemas adesivos é a promoção da desmineralização superficial da dentina, com a difusão simultânea dos monômeros na rede de fibrilas colágenas expostas em toda extensão desmineralizada. O uso dos sistemas autocondicionantes é clinicamente mais atrativo porque permite a aplicação do adesivo sobre a superfície da dentina

recém preparada e seca, evitando os problemas inerentes à técnica de adesão úmida. Na seqüência o “primer” ácido é levemente seco com jatos de ar comprimido ao invés de ser removido com água. Com isso, esses sistemas são considerados menos críticos na técnica de aplicação, com conseqüente redução na sensibilidade pós-operatória quando comparados com os adesivos que preconizam a utilização do ácido fosfórico como uma fase separada no processo de união. Em 1997, Imazato *et al.*, relataram que a incorporação de um monômero anti-bacteriano (*12-methacryloyloxy-dodecylpyridinium bromide* - MDPB) no *primer* e no adesivo do sistema autocondicionante foi capaz de inibir o crescimento bacteriano sobre a dentina por meio da ação bactericida após a polimerização, sem afetar as características de união do adesivo.

A classificação desses adesivos é realizada de acordo com o número de passos operatórios para a sua aplicação, em sistemas autocondicionantes de dois passos ou de passo único (Van Meerbeek *et al.*, 2001). Eles também podem ser subdivididos em sistemas autocondicionantes de agressividade alta ou moderada (Tay & Pashley, 2001).

A facilidade da técnica de aplicação, somada às características promissoras dos sistemas autocondicionantes em relação aos adesivos convencionais, resultaram em uma boa aceitação e crescente utilização pela comunidade odontológica (Pashley & Tay, 2001).

Vários relatos na literatura avaliam a efetividade destes condicionamentos na resistência de união de sistemas adesivos à dentina coronária (Toledano *et al.*, 2001; Chaves *et al.*, 2002; Giannini *et al.*, 2002). Diferenças em relação aos valores de resistência de união e características morfológicas da interface de união são atribuídas, além de outros fatores, às variações regionais como morfologia e permeabilidade do substrato dentinário.

2.2.3 Hibridização da dentina

A hibridização da dentina é um processo que cria uma mistura, em nível molecular, de polímeros de adesivos e tecidos dentários duros (Nakabayashi & Pashley, 1998). Ela é obtida em tecidos que previamente receberam um ataque ácido e foram impregnados por monômeros resinosos seguidos por polimerização. A estrutura resultante não pode ser classificada nem como resina, nem como dente, mas sim por uma hibridização das duas (Tay *et al.*, 1994; Nakabayashi & Pashley, 1998). Este processo permitiu que tratamentos dentários, que eram previamente impossíveis com as técnicas convencionais, se realizassem na dentística adesiva moderna.

Enquanto a união ao esmalte é considerada um procedimento simples e confiável (Nakabayashi & Pashley, 1998; Kugel e Ferrari, 2000), a dentina é considerada um substrato complexo, e sua hibridização demonstra grandes dificuldades técnicas. Uma vez que a dissociação entre a hibridização do esmalte e dentina torna-se muitas vezes clinicamente impossível, as estratégias de união vem sendo desenvolvidas principalmente em função do substrato dentinário.

A interação entre os monômeros resinosos e o substrato dentinário é de fundamental importância para se entender os mecanismos de união à estrutura dental. A dentina mineral intacta não permite a difusão suficiente de monômeros resinosos em tempo clínico. Por tanto, a dentina deve ser condicionada para se criar canais entre as fibrilas de colágeno para permitir que monômeros, que tem afinidade por dentina desmineralizada, difundam através do substrato. O desafio é manter os espaços entre as fibrilas colágenas desmineralizadas após a remoção da hidroxiapatita. A matriz de dentina desmineralizada pode facilmente colabar se a matriz de peptídeos, incluindo colágeno, são desnaturados durante o condicionamento, causando uma diminuição do espaço entre fibrilas e a perda da permeabilidade para os monômeros resinosos. A função dos *primers* dentinários é manter, ou recuperar, a porosidade da dentina desmineralizada. (Nakabayashi & Pashley 1998). Outra forma de manter a permeabilidade da matriz desmineralizada para os monômeros adesivos é manter a dentina úmida. Assim, os espaços entre as

fibras colágenas são mantidos. Tais superfícies úmidas então recebem o adesivo que devem ser solúveis em solventes aquosos, recebendo em seguida a aplicação de agentes de união para completar a hibridização da dentina após polimerização. (Nakabayashi & Pashley 1998). Na realidade, o processo de hibridização nada mais é que a tentativa de mudar as características químicas e físicas da dentina após sua desmineralização e exposição de sua matriz colágena para a infiltração de monômeros resinosos.

A qualidade da camada híbrida depende, entre outros fatores, das características regionais da dentina como permeabilidade e umidade (Pashley & Carvalho, 1997; Wang *et al.*, 2006, Olsson *et al.*, 1993), número, diâmetro e direcionamento dos túbulos dentinários (Fosse, *et al.*, 1992; Giannini *et al.*, 2000; Ogata *et al.*, 2001), além do grau de mineralização do substrato (Yoshiyama *et al.*, 1996).

2.2.4 Hibridização intracanal

Pinos intra-radulares têm sido utilizados para restaurar dentes tratados endodonticamente e, com a introdução de materiais que podem se unir à estrutura dentinária, novas opções para reconstruir canais radulares que foram destruídos por cáries, trauma, desordens congênitas e reabsorções internas foram desenvolvidas (Newman *et al.*, 2003). Durante muito tempo acreditava-se que pinos metálicos fundidos e pré-fabricados teriam o efeito de reforçar o dente (Manning *et al.*, 1995). Porém, estudos clínicos retrospectivos revelaram que pinos intra-radulares não fortalecem o dente e servem apenas para melhorar a retenção da restauração (Ferrari *et al.*, 2000). Por outro lado, a combinação entre materiais resinosos, sistemas adesivos e pinos de fibra e carbono, diminui o efeito cunha visto em pinos metálicos e assim reduzem o número de fraturas radulares. Além disso, segundo Bachicha *et al.* (1998) pinos cimentados com cimentos adesivos revelam menor infiltração do que quando cimentados com cimentos de ionômero de vidro ou

fosfato de zinco, graças à formação da camada híbrida entre as paredes do canal e a resina.

Para obter uma união com qualidade dentro do canal radicular é necessário que a superfície dentinária seja preparada de forma que os monômeros resinosos possam infiltrar de maneira eficiente. De forma semelhante ao que é feito na dentina coronária para remover ou modificar a *smear layer* e desmineralizar a dentina mais superficial, na dentina radicular são usados o ácido fosfórico ou *primers* ácidos. Com o condicionamento da superfície, os túbulos dentinários são alargados, as dentinas intratubular e intertubular são desmineralizadas e uma rede de fibrilas colágenas é exposta. Gwinnett (1993) relatou que os elementos mais importantes para a resistência de união de sistemas adesivos à dentina são a formação de *tags* de resina intratubulares, a infiltração de resina dentro da matriz interdentinária desmineralizada e a adesão química na superfície. Cargidiaco *et al.* (1997) observaram que a maior área de superfície da dentina intratubular e intertubular é responsável por um aumento da resistência de união após o condicionamento da dentina. Além disso, estes autores argumentaram que nem sempre a hibridização da dentina intertubular é bem sucedida e, portanto, a infiltração de resina nos túbulos dentinários é um fator importante para a retenção micromecânica no substrato dentinário. Para Cargidiaco *et al.* (1997) e Ferrari *et al.* (2000), quanto maior a densidade tubular e quanto maior o diâmetro tubular, por causa de desmineralização ácida, maiores as chances de se obter uma união mais eficiente.

Ferrari *et al.*, 2000, também observaram variabilidade na densidade e orientação dos túbulos em regiões diferentes e dentro de cada raiz dental após o condicionamento com ácido fosfórico 32%. A área disponível para união aumentou 202% no terço cervical, 156% no terço médio e 113% no terço apical. A formação de camada híbrida nas áreas onde havia menor densidade de túbulos foi significativamente menor que nas áreas de maior densidade. Os autores sugeriram que o aumento de superfície pode estar relacionado ao aumento da resistência da união após o condicionamento.

Um dos primeiros estudos que avaliaram as diferenças entre a resistência da união entre a coroa e raiz foi realizado por Yoshiyama *et al* (1996). Com o intuito de avaliar as restaurações realizadas na dentina radicular externa por causa de defeitos tais como erosões cervicais e cáries de raiz, os autores mediram a resistência da união de resina composta à dentina radicular externa e à dentina coronária. Foi também observada a interface entre a resina e a dentina radicular usando microscopia eletrônica de varredura (MEV). O esmalte e o cimento foram removidos das superfícies vestibulares de dentes monorradiculares para formar um preparo cavitário longo dentro da dentina desde a dentina coronária média até a dentina do ápice radicular do mesmo dente. Os adesivos All-Bond 2 (técnica convencional) e Imperva Bond (autocondicionante) foram utilizados para restaurar essas superfícies seguido da utilização da resina composta Protect Liner. As amostras foram então testadas usando microtração. All-Bond apresentou valores maiores na dentina coronária e apical (23.5 MPa) mas os valores foram significativamente mais baixos na dentina radicular cervical. O adesivo Imperva Bond produziu uma resistência de união relativamente alta em todas as regiões. A camada híbrida produzida pelo All-Bond 2 na dentina radicular foi menor do que a encontrada na dentina coronária. Já a camada híbrida formada pelo Imperva Bond foi sempre menor do que 0.5 μm . Diferente de Ferrari *et al* (2000), os autores sugerem que valores altos de resistência da união podem ser obtidos mesmo com camadas híbridas menos espessas.

Um estudo que avaliou a interface de diferentes sistemas adesivos e os correspondentes cimentos utilizados para cimentar pinos de fibra de vidro à dentina do canal radicular foi realizado por Bitter *et al.* em 2004. Dentes monorradiculares foram tratados endodonticamente e pinos de fibra de vidro foram cimentados com cinco sistemas adesivos diferentes e seus cimentos correspondentes. Dos cinco sistemas, 4 utilizavam a técnica convencional de um ou dois frascos (condicionamento com ácido fosfórico) e apenas um utilizava a técnica autocondicionante (primer ácido). As interfaces foram avaliadas usando um microscópio confocal de varredura para visualizar a espessura da camada híbrida e contar o número dos *tags* de resina. Os autores concluíram, através desses

parâmetros, que o condicionamento da dentina radicular com ácido fosfórico e o uso de sistemas que utilizam um ou dois frascos apresentam uma camada híbrida mais espessa e uniforme com um número de túbulos consideravelmente maior, do que observado após o uso dos adesivos autocondicionantes. Os autores também argumentaram que tais características devem estar relacionadas à uma união mais durável do pino à dentina radicular.

Um estudo similar ao anterior foi realizado por Mannoci, Innocenti & Ferrari *et al.* (1999) em que eles observaram a morfologia das zonas de interdifusão resina/dentina radicular utilizando um sistema adesivo convencional (All-Bond 2) e outro que utiliza a técnica autocondicionante (Panavia 21). Como o trabalho de Bitter *et al.* 2004, os autores observaram que a camada híbrida formada pelo All-Bond 2 era mais homogênea do que a formada pelo Panavia 21. Os autores também compararam o comprimento dos *tags* e concluíram que *tags* maiores eram encontrados quando a técnica convencional era utilizada. No entanto, Mannocci *et al.* (2001), realizaram um estudo para complementar os achados do trabalho anterior ao utilizarem o teste de microtração para comparar as técnicas convencional (All-Bond-2) e autocondicionante (Panavia F). Nesse estudo, os valores de resistência da união foram equivalentes para ambos os grupos experimentais (17.1 MPa). Além disso, os autores ao compararem seus resultados com os de outros trabalhos em coroa, concluíram que a resistência de união dos dois sistemas à dentina radicular foi ligeiramente inferior ao obtido pelos adesivos na dentina coronária.

Burrow *et al.* (1996) observaram menores valores de resistência da união na dentina coronária em comparação com a dentina radicular para o sistema All-Bond 2 (técnica convencional), enquanto o contrário foi observado para o sistema Liner Bond II (sistema autocondicionante). Mostraram também que não havia diferenças morfológicas na camada híbrida formada para as diferentes regiões. Segundo os autores as diferenças de resistência de união estão relacionadas aos diferentes mecanismos de união de cada material, bem como a possível variação entre os substratos radicular e coronário. No caso da dentina radicular, o número de túbulos dentinários por unidade de área é menor, o que significa que a área de dentina

intertubular disponível para união é maior em relação à dentina coronária. Da mesma maneira, o número de *tags* penetrando os túbulos dentinários é menor o que pode significar uma redução da resistência da união.

Mesmo considerando a dificuldade técnica de se avaliar a resistência da união em uma superfície tão pequena, Gaston *et al.* (2001) desenvolveram uma nova técnica para realizar o teste de microtração nos diferentes terços do canal radicular. Para isso, os autores prepararam o espaço para pino em dentes caninos. Esses foram lixados em um dos lados até expor o canal radicular que foi então restaurado com Panavia 21 ou C&B Metabond. Cortes transversais seriados de 1 mm de espessura foram realizados para obter amostras que foram testadas por microtração dos terços cervical, médio e apical do canal radicular. Os resultados indicaram que ambos os cimentos apresentaram altos valores de resistência da união (12 a 23 MPa), e que a resistência da união do terço apical foi significativamente maior do que do terço cervical ou médio para ambos os cimentos.

A partir dos estudos realizados em raiz utilizando diferentes sistemas adesivos, é possível observar a grande discordância entre autores. Isso se deve a vários fatores como a própria dificuldade técnica de se estudar o substrato do canal radicular que, além de heterogêneo, apresenta uma área reduzida de trabalho. Outro dado importante a ser considerado em relação à dificuldade técnica de se realizar a hibridização do canal radicular é que, por causa de sua configuração geométrica, o canal radicular apresenta um altíssimo fator-c (fator de configuração de cavidade). Este cálculo foi realizado por Tay *et al.* (2005) através de um modelo matemático teórico que obteve um valor de fator-C equivalente a 954. Os autores concluíram nesse estudo que a interação entre o fator C e o fator S (estresse de contração) inevitavelmente comprometerá a adesão de sistemas adesivos e materiais resinosos ao canal radicular.

A própria morfologia da dentina coronária (intratubular e intertubular) ou radicular também pode comprometer a difusão monomérica e afetar a resistência de união. É também importante lembrar que, teoricamente, a região disponível para a difusão de monômeros hidrófilos e hidrófobos na dentina intertubular é a área obtida

entre as fibrilas colágenas, após a desmineralização da dentina. Considerando que existe a possibilidade de um condicionamento deficiente da superfície dentinária ou o colapso das fibrilas colágenas, o valor de resistência de união pode ser equivalente apenas a 10% do valor total. Caso não haja interferência destes fatores, o valor pode ser tão alto quanto 70% (Pashley *et al.*, 1995). Isto revela que o procedimento técnico de desmineralização e difusão dos monômeros nos espaços interfibrilares é crítico em relação ao tipo de sistema adesivo utilizado.

3 PROPOSIÇÃO

O procedimento técnico de desmineralização e difusão dos monômeros nos espaços interfibrilares e a interação entre os monômeros resinosos e o substrato dentinário é de fundamental importância para se entender os mecanismos de união à estrutura dental. Em relação a isso, o tipo de sistema adesivo utilizado e a morfologia da dentina coronária (intratubular e intertubular) ou radicular podem favorecer ou comprometer a difusão monomérica e afetar a resistência de união.

Assim, o objetivo deste estudo foi:

- (a) Caracterizar, a densidade de túbulos dentinários e a morfologia da dentina coronária (profunda) e radicular (terço cervical) intactas e, após condicionamento com agentes ácidos utilizados em adesivos convencionais e autocondicionantes.
- (b) Avaliar e comparar a resistência da união e os padrões de fratura obtidos na dentina radicular (terço cervical) e coronária (profunda).

A hipótese nula deste estudo é que as dentinas coronária (profunda) e radicular (terço cervical) apresentam semelhanças na morfologia, na densidade tubular, nos valores de resistência de união e nos padrões de fratura, independente do sistema do sistema adesivo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto foi submetido ao Comitê de Ética da FOP-Unicamp, sendo devidamente autorizado (processo n: 110/ 2003).

4.1 Avaliação das superfícies radicular e coronária intactas e condicionadas:

Seis (6) dentes primeiros pré-molares superiores humanos hígidos de pacientes de 11 a 20 anos de idade, recém-extraídos, armazenados por no máximo 2 meses em água destilada a 0°C, foram selecionados para este estudo. Antes de serem utilizados os dentes foram imersos em uma solução de glutaraldeído 2,5% em Tampão Fosfato Sorensen durante 12 horas a 4° C. Em seguida, os dentes foram radiografados utilizando uma grade milimetrada e seccionados em uma máquina de corte de precisão (Isomet 1000, Bühler, USA), como mostra a Figura 1, para a obtenção de fragmentos das regiões a serem avaliadas.

Inicialmente foi feito um corte horizontal ao longo da junção cimento-esmalte (corte 1, Figura 1), separando o dente em porção coronária e porção radicular.

Na porção coronária, a radiografia com grade milimetrada foi usada como referência para realizar cortes perpendiculares ao seu longo eixo, no sentido mésio-distal, a fim de remover uma fatia da dentina coronária profunda. Para isso, o corte inferior (corte 2, Figura 1) foi realizado logo abaixo do teto da câmara pulpar e cortou a coroa completamente no sentido mésio-distal. O corte superior foi feito por clivagem (corte 3, Figura 1) e foi realizado próximo à região de cornos pulpares para servir como referencia para atingir a região de dentina coronária profunda. Para realizar essa clivagem, foi confeccionado um sulco circunferenciando toda a coroa com um disco diamantado dupla face (KG Sorensen, SP, Brasil). Com o auxílio de um cinzel posicionado dentro desse sulco e um martelo foi feita a clivagem da coroa. Utilizando novamente o cinzel, a fatia de dentina coronária profunda foi clivada em quatro pedaços (cortes 5 e 6 da Figura 1).

Na porção radicular, foi realizado um corte transversal, 3 mm abaixo da linha cimento-esmalte (corte 4, Figura1) para obter uma fatia da dentina radicular cervical. Após obtenção da fatia de dentina radicular cervical, foram realizadas duas clivagens com um cinzel paralelas ao longo eixo da raiz e perpendiculares entre si, separando os condutos radiculares (cortes 7 e 8, Figura 1). O número de espécimes radiculares resultantes foi equivalente a quatro.

Os fragmentos coronários e radiculares foram limpos em banho de hipoclorito de sódio (5,25%) sob ultra-som por 10 minutos, para remoção de detritos e remanescentes pulpares.

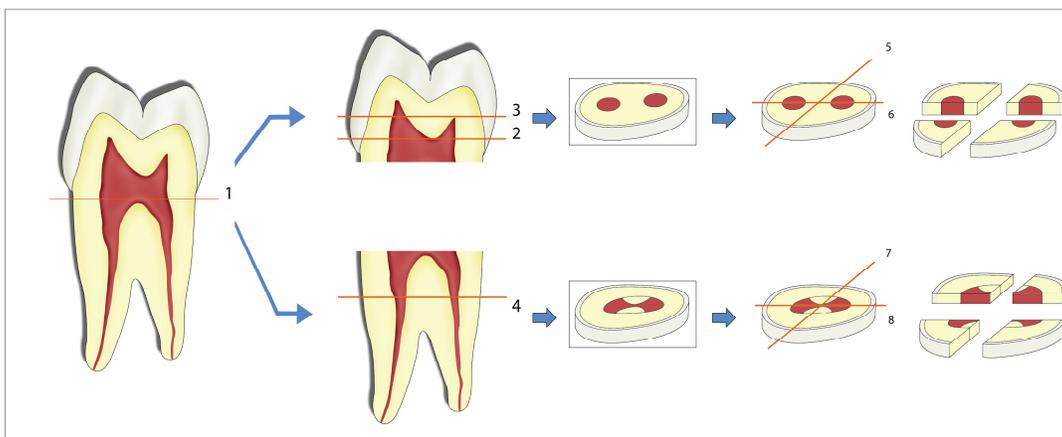


Figura 1 - Esquema de cortes para obtenção dos fragmentos. Corte 1: Transversal. Separação da porção coronária da radicular. Corte 2: Transversal. Realizado abaixo do teto da cavidade pulpar. Corte 3: Transversal. Clivagem, realizado na altura dos cornos pulpares vestibular e palatino. Corte 4: Transversal. Corte realizado 3 mm abaixo da linha cimento-esmalte. Corte 5 e 6: Longitudinais e perpendiculares entre si. Clivagem para dividir a dentina coronária em quatro partes. Corte 7: Longitudinal. Clivagem para separar raízes palatina e vestibular. Corte 8: Longitudinal. Clivagem no sentido vestibulo-palatino.

4.1.1 Distribuição dos fragmentos em grupos:

Os fragmentos foram distribuídos aleatoriamente em grupos de acordo com o tipo de condicionamento recebido.

Grupo 1: dentina coronária intacta;

Grupo 2: dentina coronária condicionada com ácido fosfórico 32%;

Grupo 3: dentina coronária condicionada com *primer* ácido;

Grupo 4: dentina radicular intacta;

Grupo 5: dentina radicular tratada com ácido fosfórico 32%;

Grupo 6: dentina radicular condicionada com *primer* ácido;

4.1.2. Tratamento dos fragmentos de dentina para análise da dentina condicionada:

Os fragmentos dentinários permaneceram intactos ou foram tratados com ácido fosfórico 32% (Uni-Etch[®] Ez-Dose[™], Bisco, EUA) ou com *primer* ácido (Clearfil Protect Bond Primer, Kuraray Co., Japão) de acordo com as recomendações do fabricante.

No caso do ácido fosfórico a 32%, a superfície de dentina clivada foi condicionada por 15 segundos, seguida por lavagem abundante com água por 15 segundos. Para o sistema autocondicionante, o Clearfil Protect Bond Primer foi aplicado e deixado sobre a superfície da dentina por 20 segundos. Em seguida, os fragmentos condicionados com o *primer* ácido receberam banhos alternados de 20 segundos em álcool e acetona.

Os materiais que foram utilizados no estudo, seus fabricantes e composições estão listados na tabela 1.

Quadro 1. Material, Composição, passos de aplicação e fabricantes.

Material	Composição	Passos de aplicação	Fabricante
Uni-Etch [®] Ez-Dose [™]	Ácido fosfórico 32%	a, b,	Bisco, Inc. Schaumburg, IL USA
Single Bond 2	- <i>Primer/Adesivo</i> : Bis-GMA, HEMA, PAA, dimetacrilatos, etanol, água e 10% Silica coloidal esférica em suspensão (5nm)	a, b, c, d, g	3M / ESPE St. Paul, MN USA.
Clearfill Protect Bond	- <i>Primer</i> : MDP, MDPB, HEMA, água e iniciador. - <i>Adesivo</i> : MDP, Bis-GMA, HEMA, dimetacrilato hidrófobo, iniciador (CQ), sílica coloidal, NaF.	e, f, g	Kuraray Co, Ltd, Osaka – Japan

Abreviações: Bis-GMA- bisfenol-glicidil metacrilato, CQ- canforoquinona, HEMA- 2-hidroxi-etil metacrilato, MDP- 10-metacriloloxi metacrilato, MDPB – 12-metacryloyloxydodecylpyridinium bromide, PAA- copolímero de ácido polialquenoico, NaF- Fluoreto de sódio.

Procedimentos – a: condicionamento ácido; b: enxágüe; c: leve jato de ar; d: aplicação do *primer/adesivo*; e: aplicação *primer* ácido; f: aplicação do adesivo; g: foto-ativação.

4.1.3 Preparo dos espécimes para microscopia eletrônica de varredura:

Os espécimes foram desidratados em concentrações ascendentes de álcool até 100% seguindo os seguintes passos: imersão em álcool 25%, 50%, 75%, por 20 minutos, álcool 95% por 10 minutos e álcool absoluto por 50 minutos. Em seguida, os espécimes foram imersos em *hexamethyldisilazane* (HMDS), por 10 minutos. Os espécimes desidratados foram colocados em recipientes forrados com papel absorvente e deixados à temperatura ambiente por 24 horas (Perdigão, 1995).

Em seguida, os espécimes foram fixados em porta amostras metálicos utilizando fita adesiva dupla face de carbono (3M), e cobertos com ouro em um metalizador (Balzers - SCD 050 Sputter Coater, BAL-TEC, Germany) para observação em um microscópio eletrônico de varredura (JSM-5600 VP, JEOL Tóquio, Japão). Para mensuração da densidade tubular foram realizadas fotografias

com aumentos de 1500 vezes, em diferentes regiões, para todas as amostras de todos os grupos. Outras imagens ilustrativas foram realizadas com aumentos superiores.

4.1.4 Análise morfológica dos espécimes:

As imagens captadas no MEV, com 1500 vezes de aumento foram transferidas para um computador equipado com um software IM50 (Leica Microsystems, Wetzlar, Alemanha), em que foram realizadas as contagens do número de túbulos por mm^2 (Figura 2).

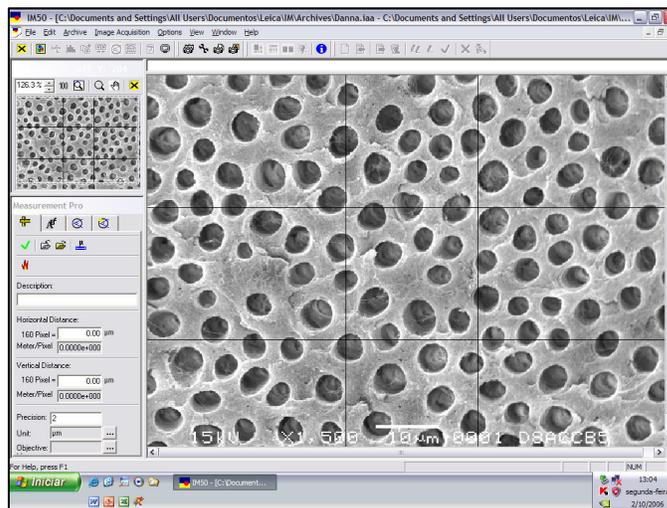


Figura 2 – Foto da imagem da tela do computador utilizando o software IM50 (Leica Microsystems Wetzlar, Alemanha) utilizado para contar a densidade de túbulos/ mm^2 .

Para calcular a densidade de túbulos/ mm^2 foi aplicada a fórmula introduzida por Schellenberg *et al.* (1992) e Cagidiaco *et al.* (1997) :

$$X = n \cdot 10^6 / z$$

onde X é o número de túbulos dentinários por mm^2 , n é o número de túbulos na área testada z , e z é a área da superfície indicada na fotografia em μm^2 .

Com o mesmo programa também foram mensuradas as áreas da secção transversal dos túbulos dentinários de cada grupo. Para cada imagem obtida, para cada espécime, foram realizadas as medidas de três áreas transversais de túbulos, obtendo assim uma média. A partir dessas médias foi obtida a área de secção transversal média dos túbulos dentinários para cada grupo.

4.2 Avaliação da resistência da união de sistemas adesivos à dentina radicular:

4.2.1 Preparo dos corpos-de-prova:

Foram selecionados 10 dentes primeiros pré-molares humanos hígidos, recém-extraídos por razões ortodônticas e armazenados em água destilada a uma temperatura de 0°C . Os dentes foram submetidos à limpeza e profilaxia utilizando curetas periodontais e escova tipo pincel em baixa rotação, associada a uma solução de pedra pomes e água. Utilizando uma máquina de corte de precisão (Isomet 1000, Bühler, USA) os dentes foram submetidos à remoção das coroas que foram armazenadas em água destilada e identificadas de acordo com o dente, para uso posterior (Figura 3, passo 1, corte 2). Foi realizado um corte, a 3 mm da linha cimento-esmalte, perpendicular ao longo eixo das raízes (figura 3, passo 1, corte 1), separando suas porções cervicais, dos outros terços radiculares. É importante notar que foram utilizados pré-molares que apresentavam a divisão das raízes apenas após o terço médio, dessa forma o terço cervical apresentava uma secção transversal com um conduto único, amplo e achatado. Os condutos das fatias de terço cervical foram alargados utilizando uma broca *FG #39* (KG Sorensen Ltda., São Paulo, Brasil) com o objetivo de criar um conduto com formato quadrado (figura 3, passo 2).

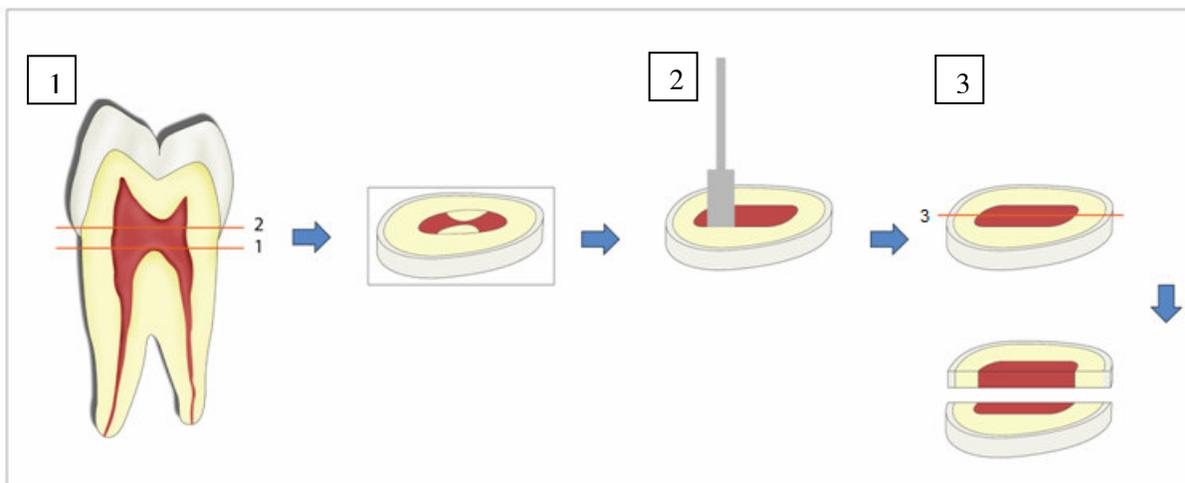


Figura 3 - Esquema de corte e preparo da raiz para o ensaio de microtração. (1) Corte 2: transversal ao longo eixo, separando coroa da raiz. Corte 1: Transversal, separando a porção cervical da raiz. (2) Ampliação do conduto radicular com broca para criar conduto com formato quadrado. (3) Corte longitudinal, divisão do disco em duas partes.

Um segundo corte (Figura 3, passo 3) foi realizado para a obtenção de dois espécimes de cada fatia. As secções dentais foram aleatoriamente divididas em dois grupos de acordo com o tipo de condicionamento a ser realizado sobre a dentina do conduto (figura 4). No grupo 7 (n=5), a dentina do conduto foi condicionada com ácido fosfórico 32% e foi aplicado o sistema adesivo Single Bond II. No grupo 8 (n=5), foi utilizado o sistema Clearfill Protect Bond. Após a aplicação dos sistemas adesivos de acordo com as recomendações do fabricante (Quadro 1), os condutos foram restaurados com resina composta Z-250 (3M ESPE) usando a técnica incremental (figura 4, passo 1).

Foi realizado um corte na parede externa da raiz paralela à parede interna do conduto para planificar a superfície da raiz. Em seguida, foi feito o ataque ácido e aplicação de adesivo Single Bond II. Após a polimerização do adesivo, foi adicionado resina composta (3mm) na parede externa e na parte interna da raiz, como mostra a figura 4 (passo 2). Este acréscimo de resina composta foi incorporado a fim de permitir o corte simétrico de amostras em forma de palito (figura 4, passo 3).

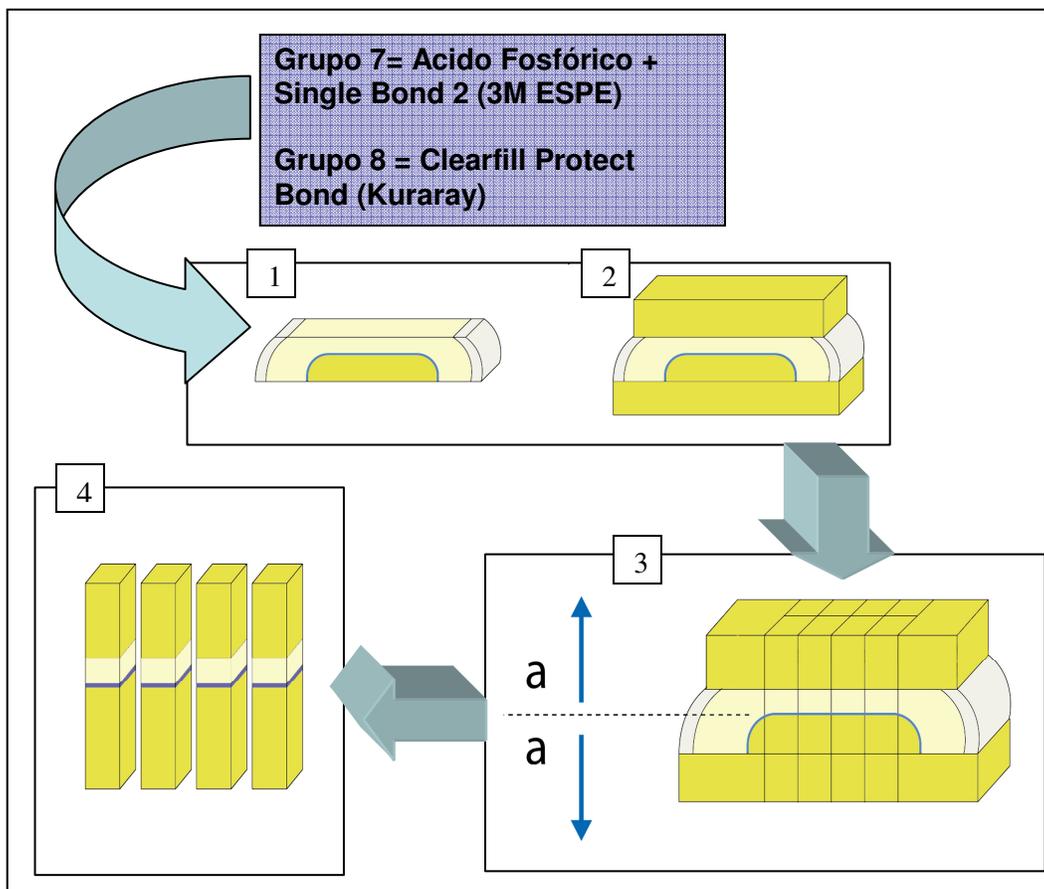


Figura 4 - Esquema de aplicação de resina composta e realização de cortes para confecção de espécimes em forma de palitos. (1) Aplicação dos sistemas adesivos de acordo com o grupo experimental e restauração com resina composta colocada em pequenos incrementos na superfície do conduto radicular. (2) Ataque ácido e união da superfície externa da raiz seguida da construção de extensões de resina composta em ambas as superfícies. (3) Confecção de palitos realizando cortes paralelos e perpendiculares, mantendo a distancia (a) equivalentes. (4) Obtenção dos palitos para o teste de tração.

Utilizando a máquina de corte (Isomet 1000, Bühler, USA), equipada com um disco de diamante, os espécimes foram seccionados com cortes perpendiculares ao longo eixo da amostra em duas direções diferentes, respeitando o ângulo de 90° e a distância de 1,2mm, como mostra o passo 3 na figura 4. As amostras foram armazenadas em água destilada por 12 horas.

Amostras em forma de palito também foram confeccionadas a partir das coroas que foram separadas e identificadas previamente. Para isso dois cortes foram realizados perpendicularmente a coroa do dente (figura 5, passo 1). O primeiro na altura da câmara pulpar (figura 5, passo1, corte 1), e o segundo um pouco acima dos cornos pulpares (figura 5, passo1, corte 2). Em seguida uma broca esférica carbide (FG # 4, KG Sorensen, SP, Brasil) foi usada para alisar a superfície interna da câmara pulpar, removendo assim qualquer remanescente pulpar no local. Foi realizado sobre essa superfície o ataque ácido e a aplicação do sistema adesivo Single Bond 2 seguido da restauração com a resina Z250 (etapa 2 - figura 5).

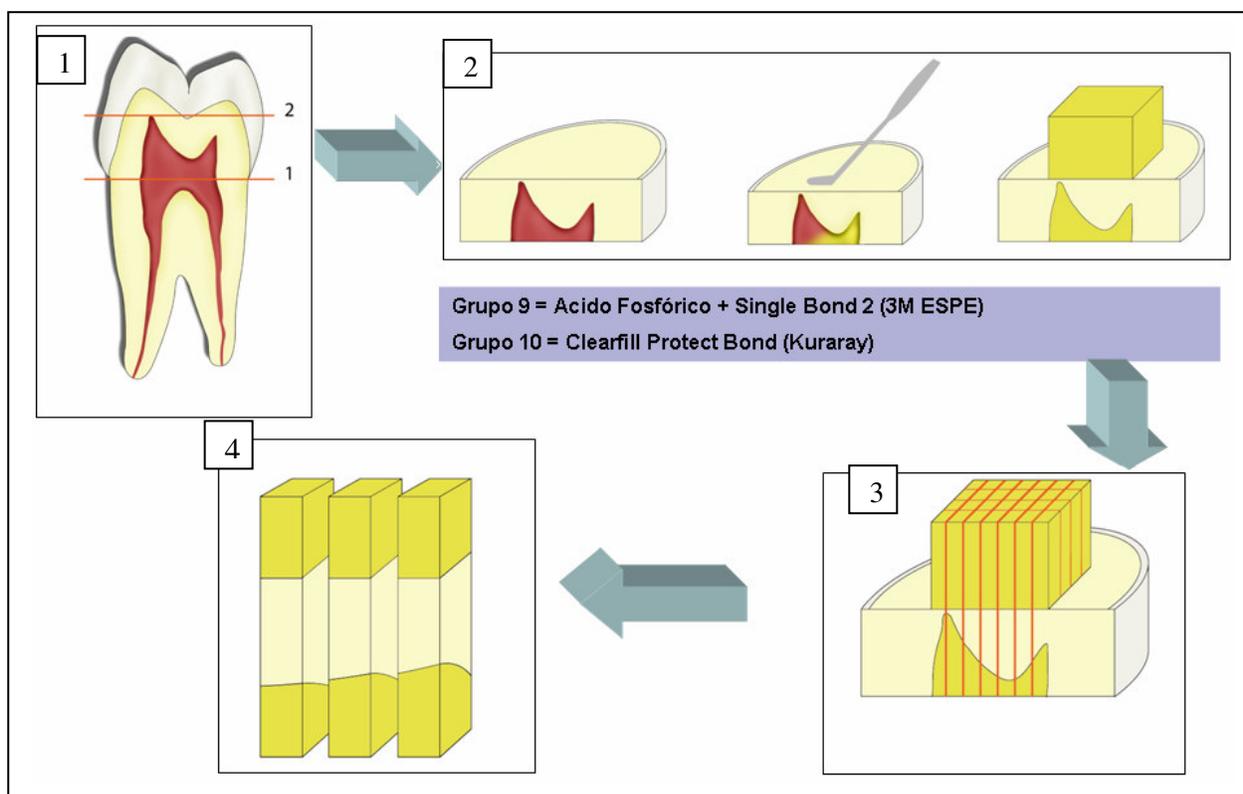


Figura 5 - Esquema de aplicação de resina composta e realização de cortes para confecção de espécimes em forma de palitos, realizada na dentina coronária. (1) Cortes transversais ao longo do eixo do dente, uma abaixo do teto da câmara pulpar a outra na altura dos cornos pulpares, expondo a dentina coronária profunda. (2) Preenchimento da câmara pulpar com resina composta. (3) Realização da técnica de adesão sobre a dentina coronária profunda, de acordo com o grupo experimental e aplicação de resina composta para posterior confecção de amostras em forma de palitos.

As coroas foram divididas em dois grupos de acordo com o tratamento que foi realizado em suas raízes respectivamente. Para o grupo 9 (n=5), foi realizado o ataque ácido e aplicação do sistema adesivo Single Bond 2 sobre a superfície de dentina obtida após o corte 2 (Figura 5, passo 1 e 2). Para o grupo 10 (n=5), foi aplicado o sistema Clearfill Protect Bond sobre a mesma superfície. Sobre as superfícies tratadas com os sistemas adesivos, foram construídas paredes de resina Z-250 usando a técnica incremental (Figura 5, passo 2). As amostras foram armazenadas em água destilada por 12 horas. Em seguida os cortes para a confecção dos palitos foram realizados perpendicularmente ao longo eixo do dente em ângulos de 90° com distância de 1,2 mm entre si (figura 5, passo 3). Os palitos foram armazenados em água destilada a 37° C até o momento de serem avaliados.

Com o auxílio de uma cola a base de cianoacrilato, os corpo-de-prova dos Grupos 1, 2, 3 e 4 foram fixados no dispositivo de tração (tipo Geraldeli) acoplado a uma máquina de ensaio universal Instron modelo 4011 (Instron Co., Canton, MA, USA). O tracionamento foi conduzido a uma velocidade de 0,5mm/min até a ruptura do corpo-de-prova. Os valores originais obtidos em quilograma-força (kgf) foram aplicados à equação matemática abaixo para obtenção dos valores de resistência da união em mega Pascal (MPa). Os valores transformados foram submetidos à análise estatística.

$$R_U = \frac{F}{A}$$

R_U = Resistência da União

F = Força

A = Área de União

$$R_U \text{ (MPa)} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (mm}^2) \times 0,01} = \frac{F \text{ (kgf)}}{A \text{ (cm}^2)} \times 0,098$$

4.2.2 Preparo dos corpos-de-prova para avaliação dos padrões de fratura em MEV:

Após o ensaio de tração, os espécimes fraturados foram coletados e armazenados em água destilada durante 24 horas. Em seguida, as partes dos espécimes fraturados foram pareadas e posicionadas em porta amostras de alumínio para cobertura com ouro/paládio e observação do padrão de fratura em microscópio eletrônico de varredura (MEV) de pressão variável (JSM-5600 VP, JEOL Tóquio, Japão).

Os espécimes analisados foram classificados da seguinte forma:

- 1- Fratura coesiva em camada híbrida (CCH): quando a fratura ocorreu no corpo ou na base da camada híbrida.
- 2- Fratura coesiva em dentina (CD): quando a fratura ocorreu no corpo da dentina.
- 3- Fratura coesiva no adesivo (CA): quando a fratura ocorreu no corpo do adesivo.
- 4- Fratura mista (M): envolvendo dois ou mais substratos diferentes; resina, dentina e/ou camada híbrida.

4.2.3 Análise Estatística:

Os dados de densidade de túbulos por mm^2 , área transversal média dos túbulos dentinários por μm^2 e resistência de união (MPa) foram submetidos à análise de variância e o teste para comparações múltiplas de médias de *Bonferroni* (nível de significância: 5%). Já os dados obtidos para os padrões de fratura foram tratados por análise não-paramétrica com os testes de Chi-quadrado, e Cochran-Mantel-Haenszel (nível de significância: 5%).

5 RESULTADOS

5.1 Análise da morfologia da dentina coronária e radicular por meio de Microscopia Eletrônica de Varredura.

A Figura 6 (A) e (B) ilustra a dentina coronária intacta, clivada transversalmente aos túbulos dentinários. A distribuição e distância entre os túbulos dentinários revelam regularidade da região avaliada. Observa-se a presença de pequenas ondulações causada provavelmente pela clivagem. Em (B) pode-se notar a região mais mineralizada ao redor do orifício do túbulo dentinário (dentina intratubular).

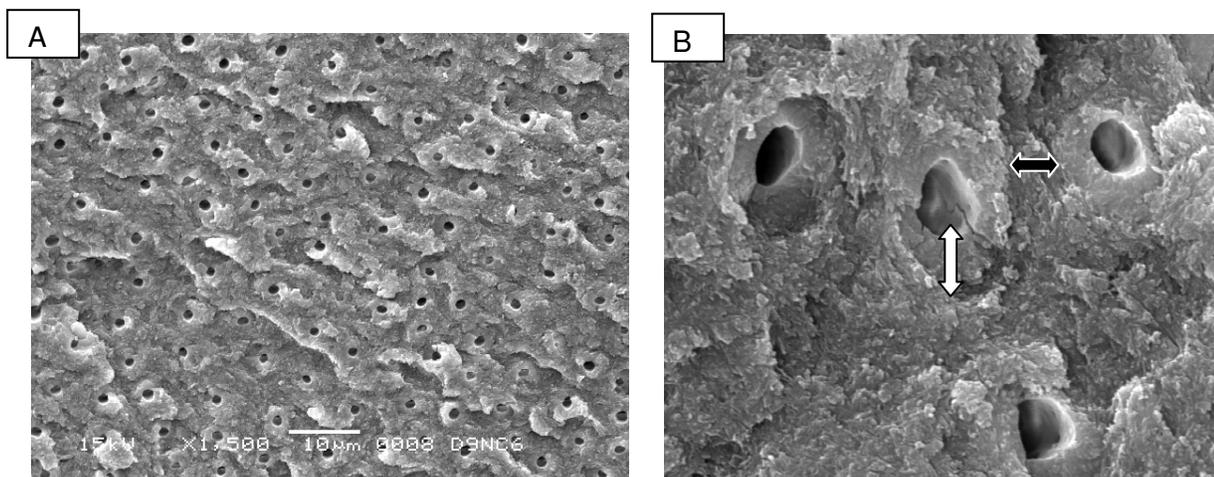


Figura 6 - Imagem em MEV da dentina coronária intacta (Grupo 1). (A) Superfície clivada transversalmente, revelando uma distribuição homogênea dos túbulos dentinários(1500X). (B) Em maior aumento a região da dentina intratubular (seta branca) ao redor do orifício do túbulo dentinário. Seta preta: dentina intertubular (10000X.).

A Figura 7 (A) e (B) revela a imagem da dentina radicular intacta. Observa-se que essa dentina apresenta uma superfície coberta por calcosferítos. Em maior aumento, (B), visualizamos a ausência da dentina intratubular facilmente identificada na dentina coronária (Figura 6 - B).

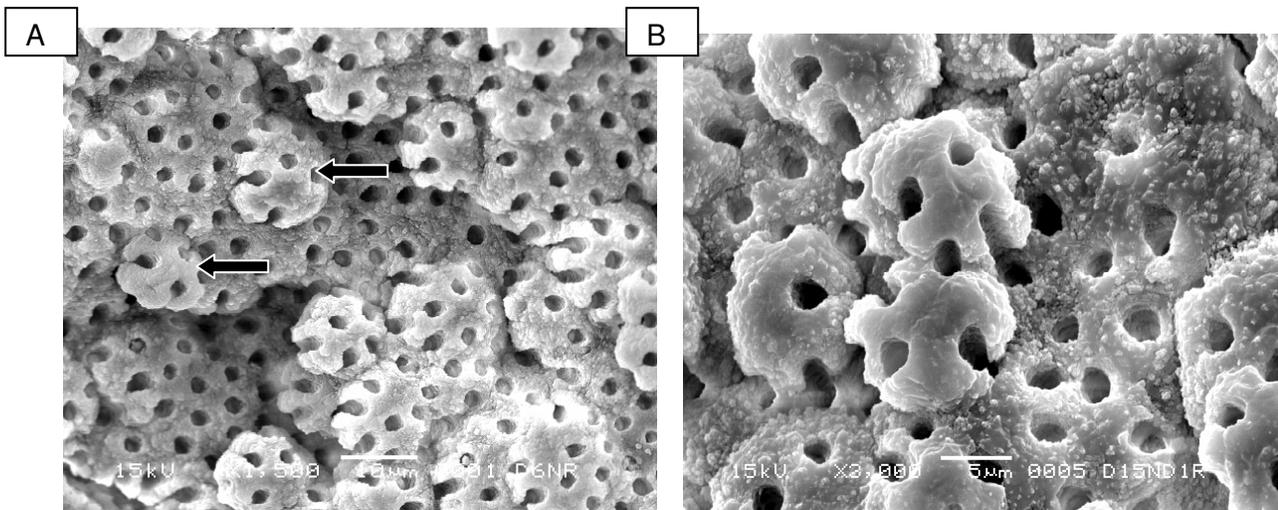


Figura 7 - Imagem em MEV da dentina radicular cervical intacta (grupo 4). (A) Superfície radicular apresentando projeções convexas de dentina denominadas calcosferitos (setas). Essas projeções, onde estão localizados os túbulos dentinários, causam ondulações sobre toda a superfície radicular. (1500X). (B) Em maior aumento as projeções convexas denominadas calcosferitos (3.000X).

A figura 8 revela a dentina coronária condicionada com ácido fosfórico. Após o tratamento observou-se uma ampliação homogênea dos túbulos dentinários e a diminuição da distância entre cada túbulo (Figura 8 (A)). Dentina desmineralizada revelando fibrilas colágenas (Figura 8 (B)). É possível notar a presença dos orifícios de entrada de diminutas ramificações dentro de um dos túbulos expostos (Figura 8B). Esses microtúbulos também são encontrados na dentina intertubular.

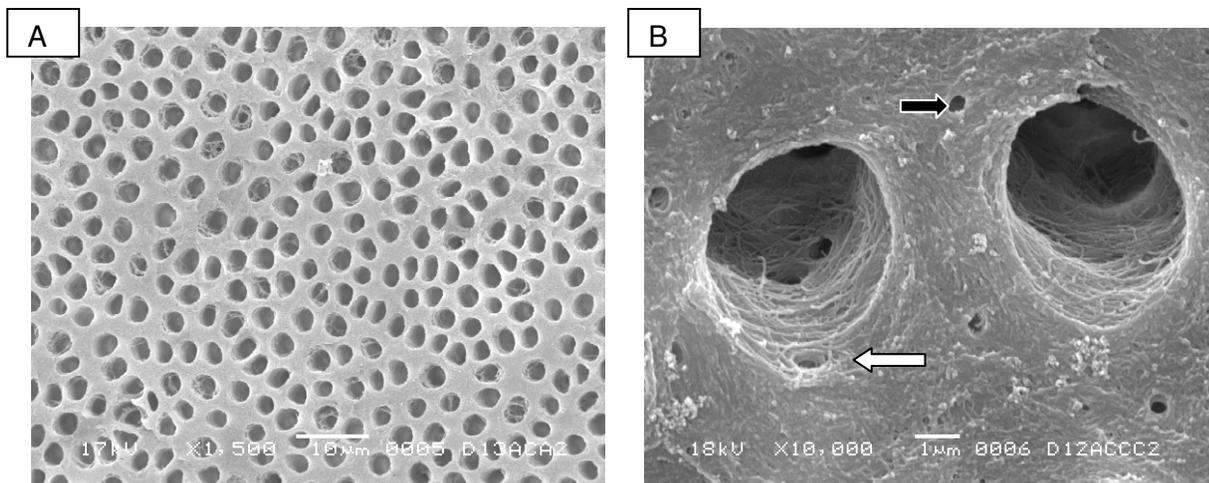


Figura 8 - Imagem em MEV da dentina coronária condicionada com ácido fosfórico (Grupo 2). (A) A imagem indica uma ampliação da secção transversal dos túbulos dentinários. Após o condicionamento, a superfície da dentina mostrou menos irregularidade. (1500 X). (B) Em maior aumento identificou-se a presença de ramificações dentro de um dos túbulos dentinários (seta branca). Microrifícios também estão presentes na dentina intertubular (seta preta). A imagem sugere que houve a desmineralização da dentina intertubular e intratubular e a exposição de fibrilas colágenas que podem ser melhor visualizadas na parte interna dos túbulos. A imagem da dentina intertubular sugere colabamento das fibrilas colágenas (10 000X.).

A Figura 9 (A) e (B) mostra a dentina radicular condicionada com ácido fosfórico. Mesmo após o tratamento a superfície manteve-se irregular. Como na dentina coronária há o aumento do diâmetro dos túbulos dentinários. Em maior aumento (8.000X) nota-se a trama de fibrilas de colágeno exposta (Figura 9 (B)).

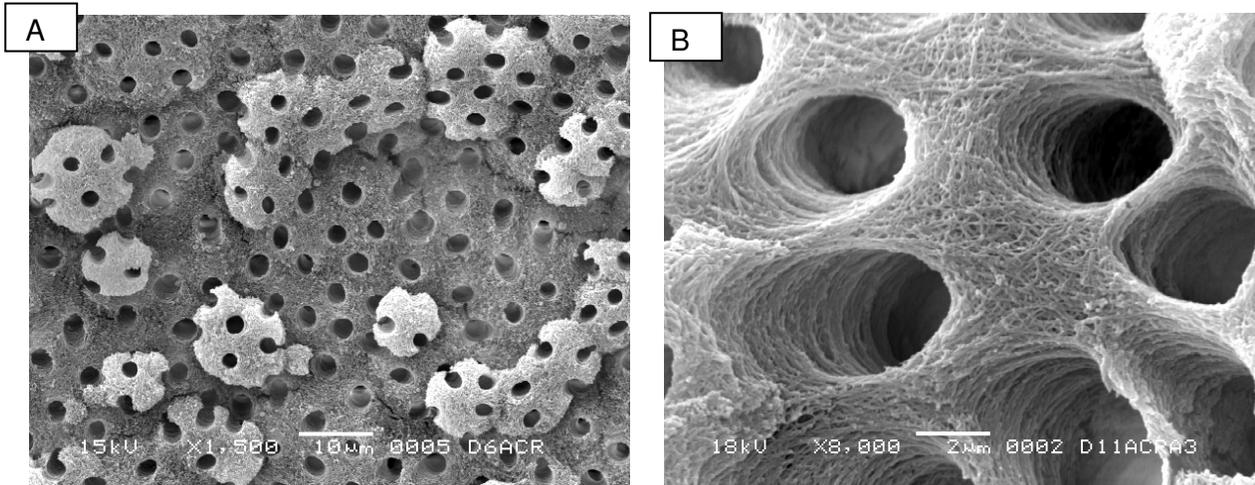


Figura 9 - Imagem em MEV da dentina radicular condicionada com ácido fosfórico (Grupo 5). (A) Após tratamento houve a ampliação do diâmetro transversal dos túbulos dentinários. Manutenção da característica irregular de superfície radicular mesmo após tratamento ácido. (1500X) e (B) A imagem revela a trama de colágeno exposta sobre toda a superfície dentinária. (8.000X.).

A figura 10 mostra a dentina coronária tratada com o primer ácido. Diferentemente do tratamento com ácido fosfórico, a desmineralização foi mais superficial em toda região (dentina intra e intertubular) (B) e (C). Em (A) observa-se que a superfície mantém a característica irregular da dentina coronária intacta.

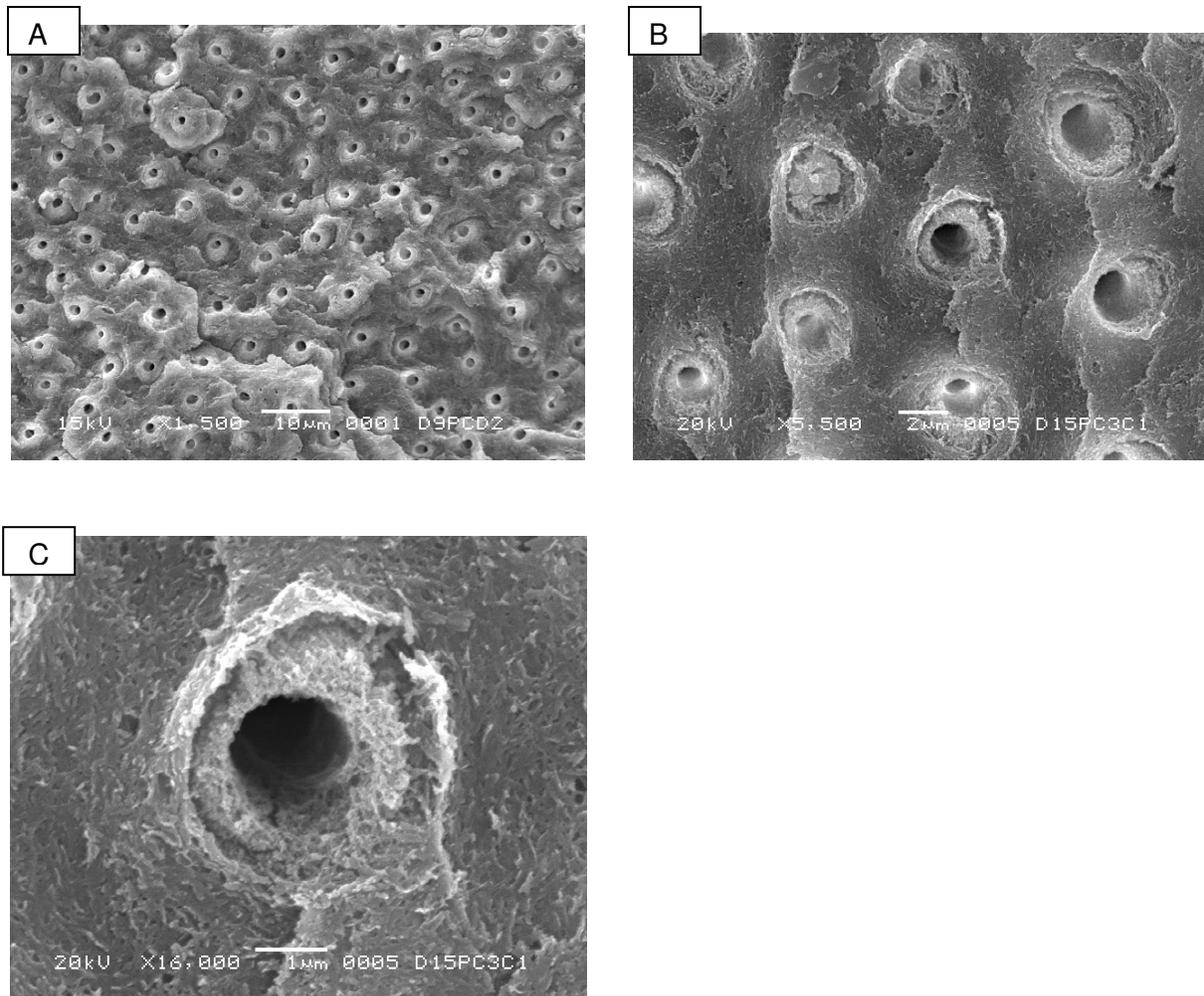


Figura 10 - Imagem em MEV da dentina coronária condicionada com primer ácido (Grupo 3). (A) superfície dentinária mesmo após condicionamento continua irregular com a presença de túbulos dentinários homogeneamente distribuídos (1500X) e (B) Imagem revela uma suave desmineralização da dentina intratubular (5.500X). A exposição das fibrilas colágenas também é mais bem visualizada em (C) na magnificação de 16.000X.

A Figura 11 (A) e (B) revela a dentina radicular tratada com o primer ácido. Observa-se a exposição da trama de colágeno bem como a ampliação do diâmetro dos túbulos dentinários em relação ao seu tamanho original (B). Esta dentina não revela presença de uma dentina intratubular (B).

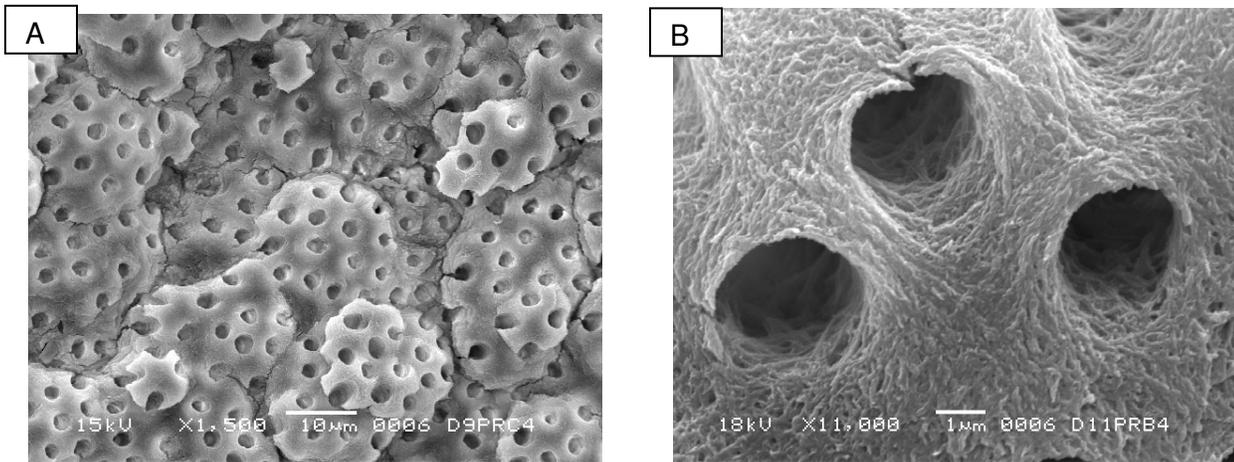


Figura 11. Imagem em MEV da dentina radicular condicionada com primer ácido (Grupo 6). (A) Após tratamento houve a ampliação do diâmetro transversal dos túbulos dentinários. Manutenção da característica irregular de superfície radicular mesmo após tratamento com o primer ácido. 1500X. (B) A imagem revela a trama de colágeno exposta sobre toda a superfície dentinária. 11 000X.

5.2 Análise da densidade do número de túbulos dentinários/mm²

Os valores de densidade de túbulos foram submetidos à análise de variância multi-fatorial para os fatores: tipo de condicionamento (ácido fosfórico ou primer ácido) e posição morfológica (dentina coronária profunda ou radicular cervical) e a interação dos dois fatores. Os dados foram casualizados em blocos, uma vez que partes de um mesmo dente (bloco), foram submetidas aleatoriamente a tratamentos diferentes. Tanto os fatores tratamento e posição como a interação dos fatores não apresentaram diferença estatística em nível de 5% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância dos valores de densidade de túbulos/ mm²

Causa de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrados médios	Valor F	Valor-p
Blocos	1	704186906	704186906		
Tratamento	2	7292026	3646013	0,04	0,9628
Posição	1	202319993	202319993	2,10	0,1610
Tratamento*Posição	2	71677914	35838957	0,37	0,6931
Resíduo	22	2115117929	96141724		
Total corrigido	28	3144046078			

*Coeficiente de Determinação= 0,327262

*Coeficiente de variação= 24,39%

*Média geral= 40191,27

* Desvio Padrão= 9805,189

A tabela 1 revelou que não houve diferença estatisticamente significativa entre a densidade de túbulos nos diferentes tipos de tratamento ou em relação à raiz ou coroa nas diferentes posições em nível de significância de 5%.

Tabela 2 indica a comparação das médias obtidas por região (dentina coronária ou radicular) para os diferentes tipos de condicionamento.

Tabela 2: Número médio de túbulos dentinários por mm².

Tratamento	Dentina Coronária	Dentina Radicular
Intacto	35.084,31 Aa (12.608,32)	43.948,68 Aa (10.509,90)
Primer ácido	40.158,71 Aa (8.371,03)	43.036,60 Aa (6.697,51)
Ácido Fosfórico	36.754,92 Aa (15.185,65)	42.733,46 Aa (10.533,76)

Letras maiúsculas iguais nas colunas e letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Bonferroni com nível de significância de 5%.

* () = Desvio padrão

* Coeficiente de variação= 24,39%

A análise das médias (tabela 2) revelou que o número médio de túbulos dentinários/ mm² tanto na dentina coronária profunda intacta (média: 35.084,31) e dentina radicular do terço cervical intacta (média: 43.948,68) não variaram após o condicionamento ácido e não apresentaram diferença estatística entre si ($p > 0,05$).

5.3 Análise da área transversal dos túbulos dentinários

Os valores originais de área transversal dos túbulos dentinários foram transformados segunda a função $y = \log(x)$ e submetidos à análise de variância multi-fatorial para os fatores: tipo de condicionamento (ácido fosfórico ou primer ácido) e posição morfológica (dentina coronária profunda ou radicular cervical) e a interação dos dois fatores. Os dados foram casualizados em blocos, uma vez que partes de um mesmo dente (bloco), foram submetidas aleatoriamente a tratamentos diferentes. Os fatores posição morfológica (raiz e coroa) e a interação Tratamento*Posição, não apresentaram diferença estatística em nível de 5% de probabilidade. Por outro lado, o fator tratamento (ácido fosfórico e primer ácido) foi estatisticamente significativo em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos pela análise de variância estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância para área transversal média dos túbulos dentinários (μm^2)

Causa de variação	GL	Soma de Quadrados		Valor F	Valor-p
		quadrados	médios		
Blocos	1	0,336	0,336		
Tratamento	2	8,095	4,047	41,89	<,0001
Posição	1	0,048	0,048	0,50	0,4865
Tratamento*Posição	2	0,581	0,290	3,01	0,0701
Resíduo	22	2,125	0,096		
Total corrigido	28	11,229			

*Coeficiente de determinação= 0,810698

*Coeficiente de variação= 19,87542%

*Média geral= 1,563955

*Desvio Padrão:=0,310843

Os valores médios de área transversal de túbulos da dentina coronária e radicular intactas e condicionadas com ácido fosfórico e primer ácido foram submetidos ao teste de Bonferroni em nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios gerais para o fator tratamento mostraram que a área transversal média dos túbulos foi maior após o condicionamento com ácido fosfórico ($8,993 \mu\text{m}^2$) seguido pelo primer ácido ($5,676 \mu\text{m}^2$), que diferiram estatisticamente entre si e quando comparados com a dentina intacta ($2,525 \mu\text{m}^2$), conforme mostra a Tabela 4 e ilustra a figura 12.

Tabela 4. Valores médios da Área Transversal Média dos Túbulos (μm^2) na dentina coronária e radicular intacta e após condicionamento.

Tratamento-	N	Média	-- Limite de Confiança(95%) --	
			superior	inferior
Intacto	10	2,525 C (0,770)	3,076	1,974
Primer	9	5,676 B (2,114)	7,301	4,051
Ácido	10	8,993 A (2,838)	11,02	6,962

*Valores médios seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$), pelo teste de Bonferroni.

* () = desvio padrão

*N = Número de amostras

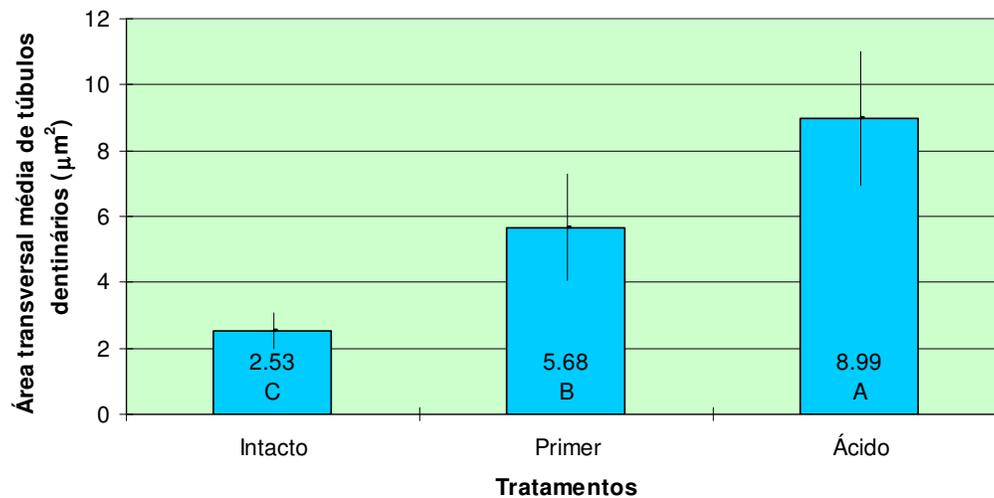


Figura 12. Comparação de médias e intervalos de confiança (95%) da área transversal média dos túbulos dentinários nos diferentes tratamentos estudados.

*Barras com letras iguais indicam médias que não diferem entre si pelo teste de Bonferroni com nível de significância de 5%.

Tabela 5 indica a comparação das médias obtidas por região (dentina coronária ou radicular) para os diferentes tipos de condicionamento.

Tabela 5: Área transversal média dos túbulos dentinários/ (μm^2)

Tratamento	Dentina Coronária	Dentina Radicular
Intacto	1,974 Aa (0,410)	3,075 Aa (0,640)
Primer ácido	5,598 Bb (2,555)	5,774 Bb (1,785)
Ácido Fosfórico	9,88 Cc (2,556)	8,106 Cc (3,103)

*Letras minúsculas iguais nas linhas indicam médias que não diferem entre si e letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença estatisticamente significante pelo teste de Bonferroni com nível de significância de 5%.

A tabela 5 mostra que a área transversal média dos túbulos dentinários foi maior após o tratamento com ácido fosfórico, seguido pelo primer ácido e a dentina intacta. As três situações foram estatisticamente diferentes entre si. A tabela também revela que o fator posição anatômica (coroa ou raiz) não apresentou diferença entre as áreas transversais obtidas.

5.4 Ensaio de Tração

Os valores originais do teste de microtração foram submetidos à análise de variância multi-fatorial para os fatores: tipo de condicionamento (ácido fosfórico ou primer ácido) e posição morfológica (dentina coronária profunda ou radicular cervical) e a interação dos dois fatores. O fator posição (coroa e raiz) foi estatisticamente significativo em nível de 5% de probabilidade. O fator tratamento e interação entre posição e tratamento, não apresentaram diferença estatística em nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos na análise de variância estão expostos na Tabela 6.

Tabela 6. Análise de variância dos valores de Resistência de união (MPa) na dentina radicular e coronária após tratamento.

Causa de variação	GL	Soma de Quadrados		Valor F	Valor-p
		quadrados	médios		
Tratamento	1	16,69	16,69	0,40	0,5354
Posição	1	264,71	264,71	6,33	0,0216
Tratamento*Posição	1	0,009	0,009	0,00	0,98
Resíduo	18	752,61	41,81		
Total corrigido	21	1027,24			

*Coeficiente de determinação = 0.267343

*Coeficiente de variação = 28,25 744%

*Média geral= 22,88

*Desvio Padrão= 6,466

Os valores médios de resistência da união na dentina coronária e radicular intactas e condicionadas com ácido fosfórico e primer ácido foram submetidos ao teste de Bonferroni em nível de 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela 7 e a figura 13, os valores médios de resistência da união para coroa foram estatisticamente diferentes e superiores em relação à dentina radicular, independente do tratamento.

Tabela 7. Valores médios da Resistência da união (MPa) da dentina coronária e radicular.

Posição Morfológica	N	Média	Desvio Padrão	-- Limite de Confiança (95%) --	
				superior	inferior
Coroa	10	26.63 A	7.73	32.16	21.09
Raiz	12	19.75 B	4.58	22.67	16.84

*Letras iguais na coluna indicam médias que não diferem entre si pelo teste de Bonferroni com nível de significância de 5%.

A Figura 13 ilustra a comparação das médias obtidas na tabela 7.

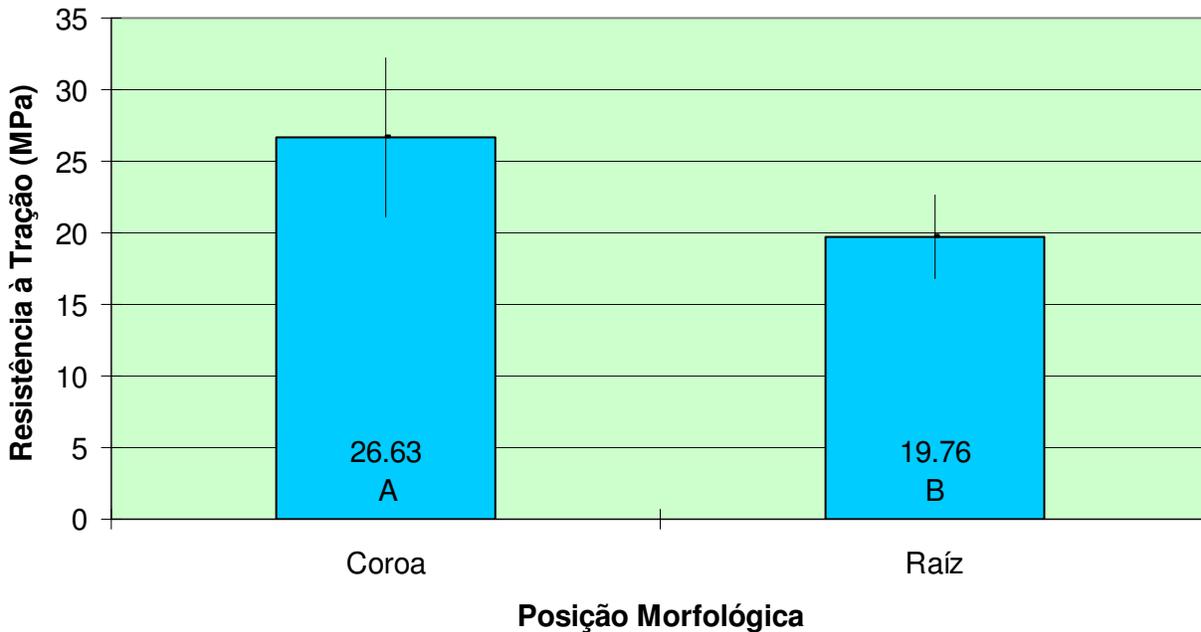


Figura 13. Média e intervalos de confiança (95%) da resistência da união (MPa) nas posições morfológicas coroa e raiz.

*Barras com letras iguais indicam médias que não diferem entre si pelo teste F com nível de significância de 5%.

5.5 Análise dos padrões de fratura

Os resultados da análise em MEV e a classificação do tipo de fratura foram submetidos ao teste não-paramétrico de Qui-quadrado e Cochran-Mantel-Haenszel ($p < 0,05$).

Foram avaliados diferentes tipos de fratura que foram considerados nos níveis dos fatores tratamento e posição.

5.5.1 Tipos de fratura e tratamento

De acordo com a classificação foram considerados quatro tipos de padrão de fratura: CA (coesiva no adesivo), CCH (coesiva na camada híbrida), CD (coesiva na dentina) e M (mista); e os dois tratamentos aplicados, ácido fosfórico e primer ácido.

Os diferentes tipos de fratura mista foram considerados em conjunto uma vez que a falha mista mais comum encontrada foi a falha coesiva no adesivo e na camada híbrida, representando 89,47% do total de falhas mistas. A porcentagem dos tratamentos dentro dos diferentes tipos de fratura está expresso na figura 14.

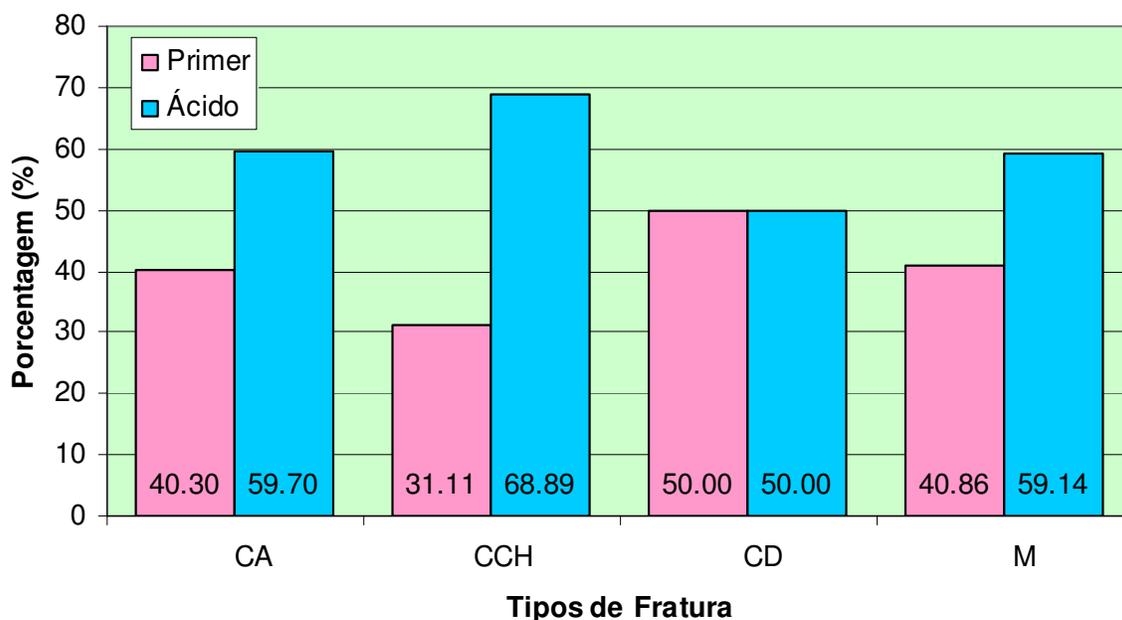


Figura 14. Porcentagens dos tratamentos dentro dos diferentes tipos de fraturas (N: 207).

De acordo com a figura 14 pode-se observar que o tipo de fratura CCH foi predominante quando se utilizou o ácido fosfórico (68,89%) em relação ao primer ácido (31,11%). Além disso, a aplicação do ácido fosfórico também produziu predominância nas fraturas do tipo adesiva e mista (CA + CCH) em relação ao primer ácido. No entanto, essa predominância não foi estatisticamente significativa. Ambos os tratamentos foram igualmente distribuídos para a fratura CD.

A figura 15 mostra a porcentagem dos diferentes tipos de fratura para as amostras do grupo tratado com primer ácido.

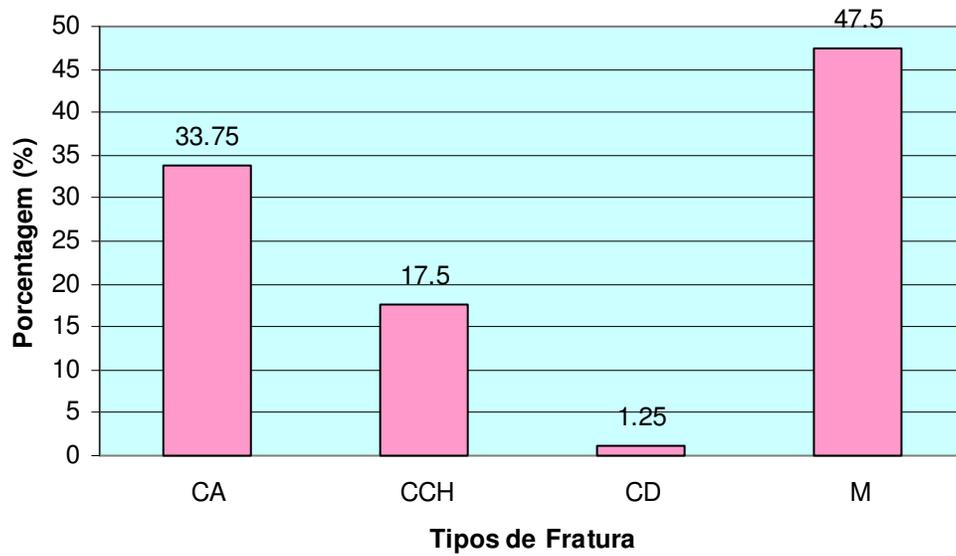


Figura 15. Porcentagens dos diferentes tipos de fraturas para as amostras do grupo tratado com primer ácido (N :80).

Foi possível observar uma predominância da fratura tipo mista (CA+CCH), seguido das fraturas CA e CCH, respectivamente.

A figura 16 mostra a porcentagem dos diferentes tipos de fratura para as amostras do grupo tratado com ácido fosfórico.

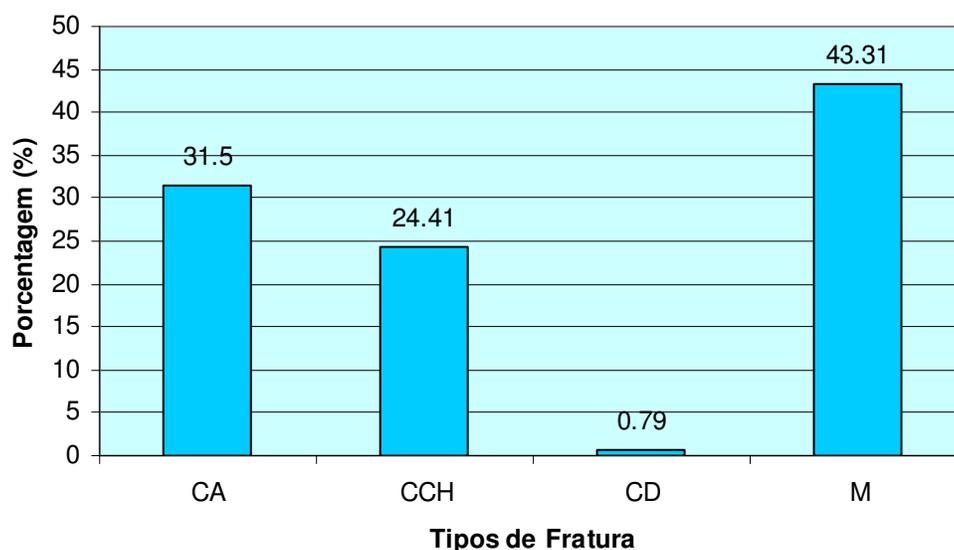


Figura 16. Porcentagens dos diferentes tipos de fraturas para as amostras do grupo tratado com ácido fosfórico (N :127).

Semelhante ao observado nas amostras com primer ácido (figura 16), foi possível observar uma predominância da fratura tipo mista (CA+CCH), seguido das fraturas CA e CCH, respectivamente.

5.5.2 Posição morfológica e padrões de fratura

De acordo com a classificação foram considerados quatro tipos de padrão de fratura: CA (coesiva no adesivo), CCH (coesiva na camada híbrida), CD (coesiva na dentina) e M (mista); e as duas posições morfológicas, coroa e raiz. A porcentagem das posições morfológicas dentro dos diferentes tipos de fratura está expressa na figura 17.

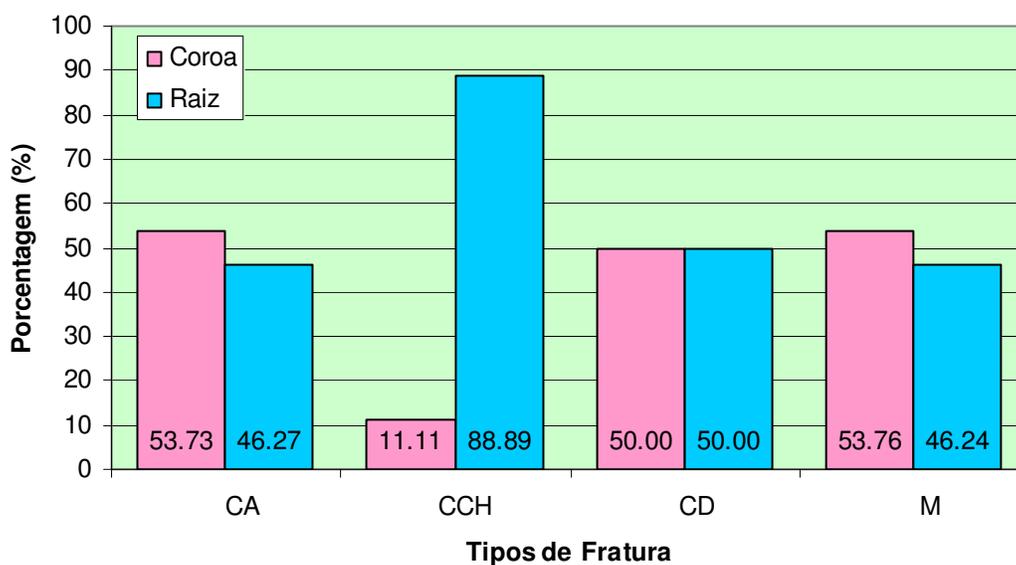


Figura 17. Percentagens da posições morfológicas dentro dos diferentes tipos de fraturas (N: 241).

Foi observada diferença estatisticamente significativa das proporções dentro das diferentes posições morfológicas, sobretudo quando avaliadas as proporções de ocorrência das fraturas do tipo CCH onde 88,89% dos casos ocorreram em corpos de prova originários na Raiz contra apenas 11,11% de corpos de prova originados na Coroa.

Este comportamento foi diferente do observado nos outros tipos de fratura, que, por sua vez apresentaram pequena diferença de proporção entre si.

A figura 18 mostra a porcentagem dos diferentes tipos de fratura para as amostras obtidas da coroa.

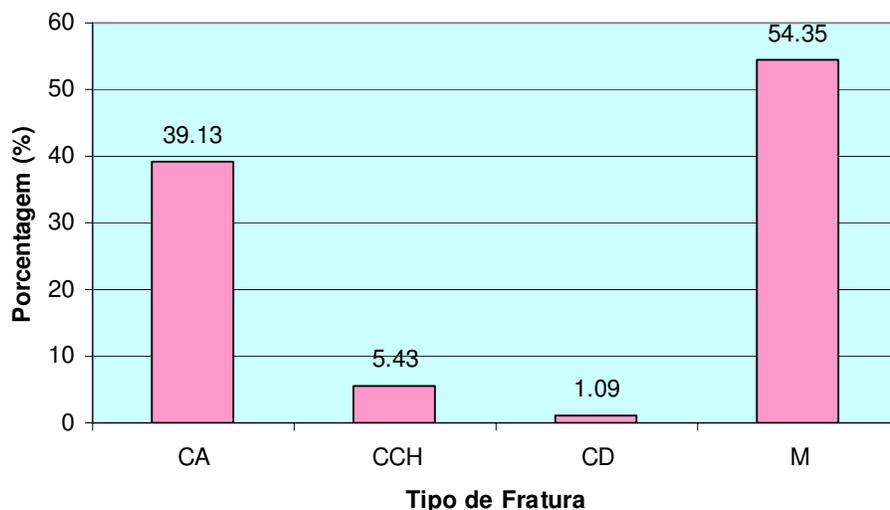


Figura 18. Porcentagens dos diferentes tipos de fraturas na coroa (N: 92).

Foi observado que o tipo de fratura mais freqüente na dentina coronária foi do tipo mista (54,35%), seguido da CA (39,13%), CCH (5,49%) e CD (1,09%), respectivamente.

A figura 19 mostra a porcentagem dos diferentes tipos de fratura para as amostras obtidas da raiz.

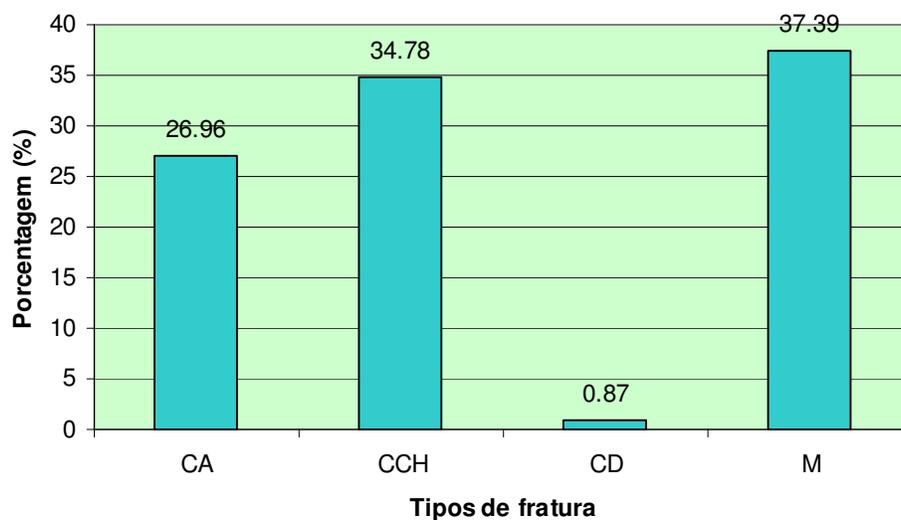


Figura 19. Porcentagens dos diferentes tipos de fraturas na raiz (N: 115).

A figura 19 mostra que, como na dentina coronária, a fratura do tipo M foi a mais frequentemente encontrada (37.39%). Por outro lado, a fratura do tipo CCH apresentou uma porcentagem muito maior em dentina radicular (34.78%) do que em dentina coronária (5.43%).

A figura 20 mostra os homólogos de um espécime que apresentou uma fratura do tipo mista.

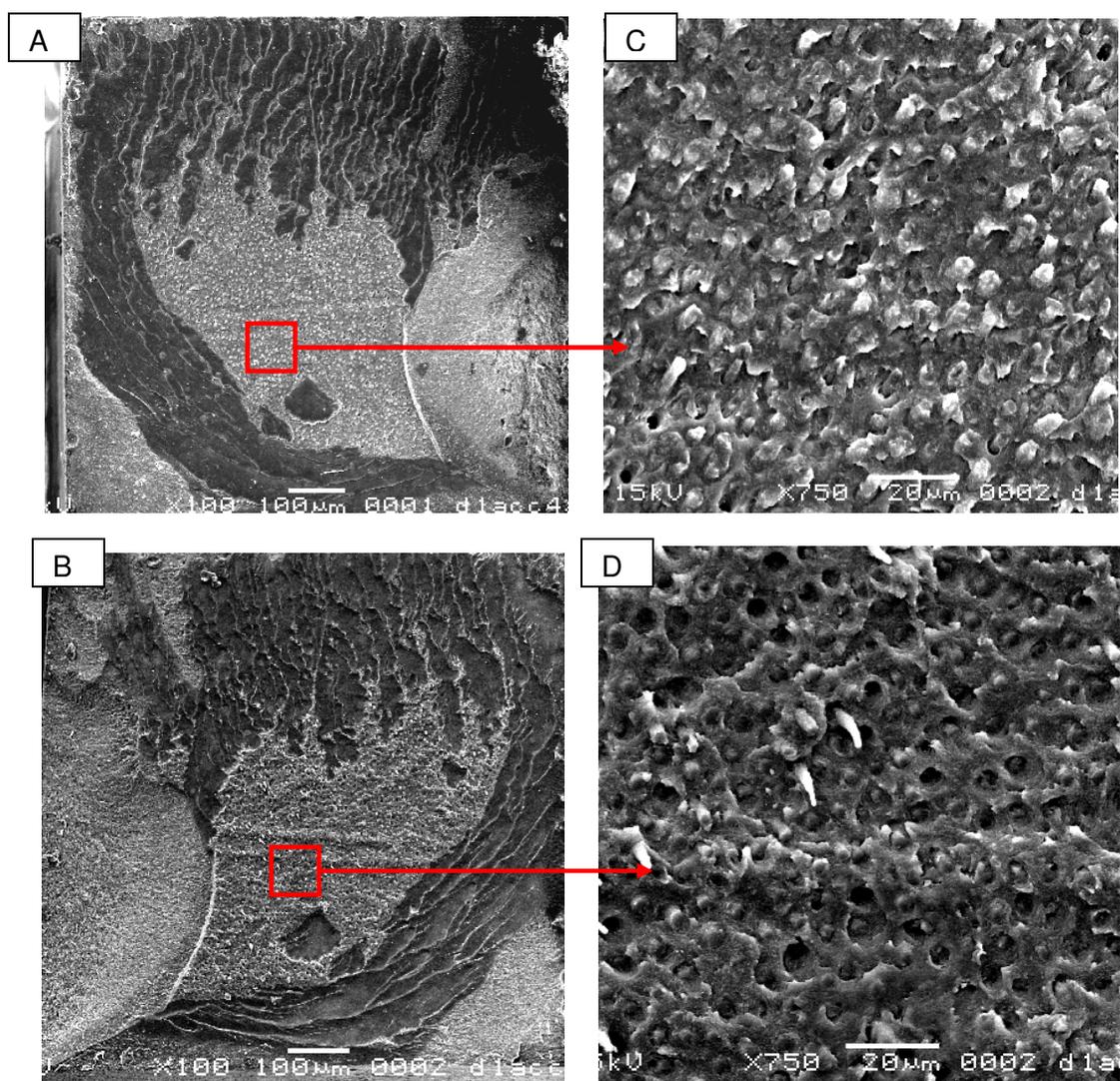


Figura 20. I(A e B) Imagens de MEV de homólogos apresentando uma fratura mista (coesiva no adesivo e na camada híbrida). Em (C) e (D) observamos a ampliação das regiões identificadas em vermelho na imagem (A) e (B) respectivamente. Em ambas, é possível visualizar tags fraturados dentro de túbulos dentinários caracterizando a fratura coesiva na camada híbrida.

Os homólogos (A) e (B) da Figura 20 foram obtidos de um espécime de coroa restaurado com o sistema adesivo Single Bond II. Observa-se dois tipos de fratura distintos. A região mais escura é referente à fratura coesiva no adesivo, enquanto as regiões mais claras, ampliadas em (C) e (D), indicam a fratura coesiva na camada híbrida. As imagens em (C) e (D) mostram *tags* fraturados dentro de túbulos dentinários.

A figura 21 mostra os homólogos de um espécime que apresentou uma fratura do tipo coesiva no adesivo.

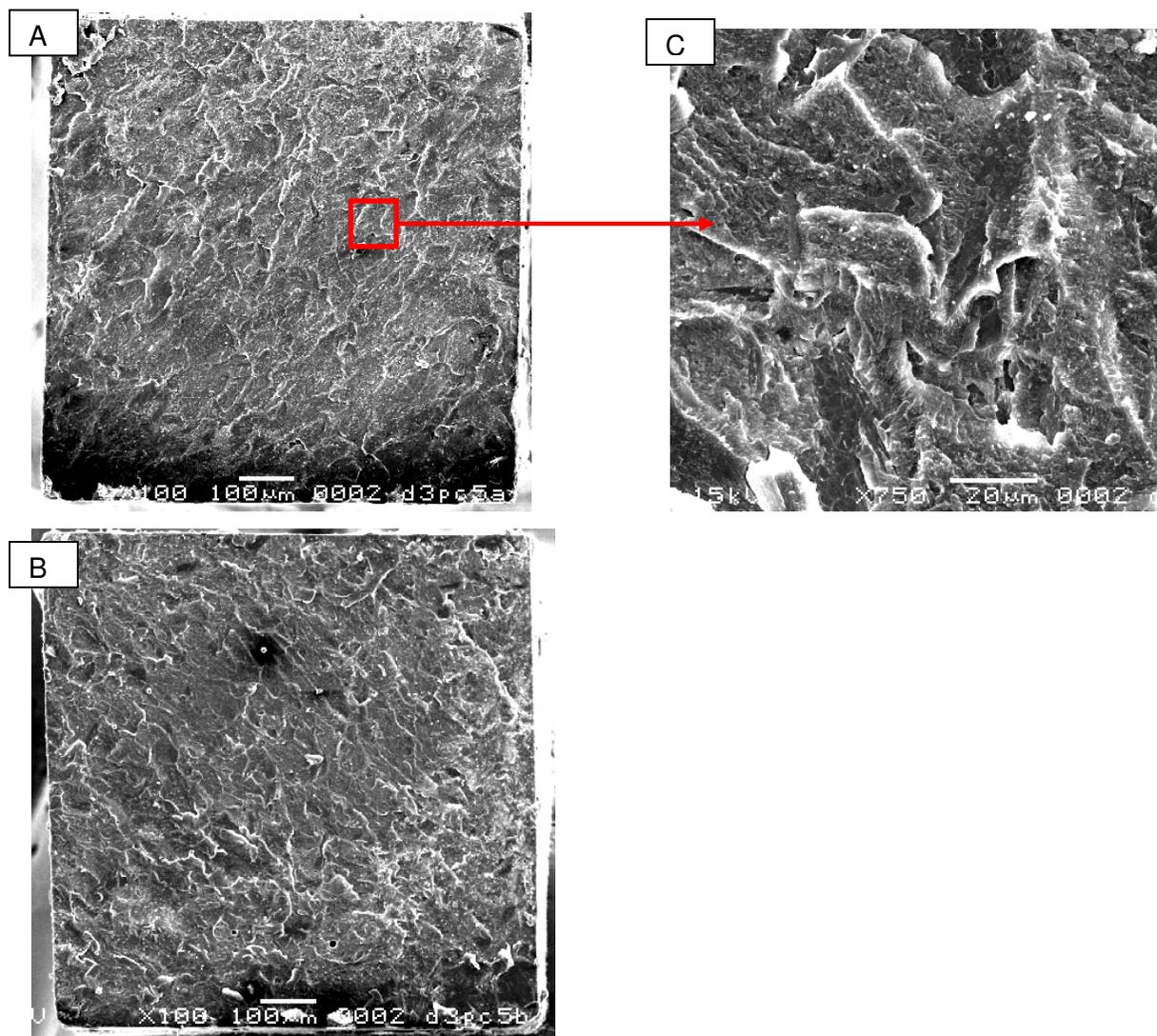


Figura 21. (A) e (B) Imagens de MEV de homólogas apresentando uma fratura coesiva no adesivo. Em (C) é possível observar a ampliação da região identificada em vermelho na imagem (A) indicando a presença do adesivo.

Os homólogos (A) e (B) na Figura 21 mostram, em ambas as superfícies, ondulações características de uma camada de adesivo. A ampliação da imagem em (C) revela essa superfície irregular com mais detalhe.

A figura 22 mostra os homólogos de um espécime que apresentou uma fratura do tipo coesiva na camada híbrida.

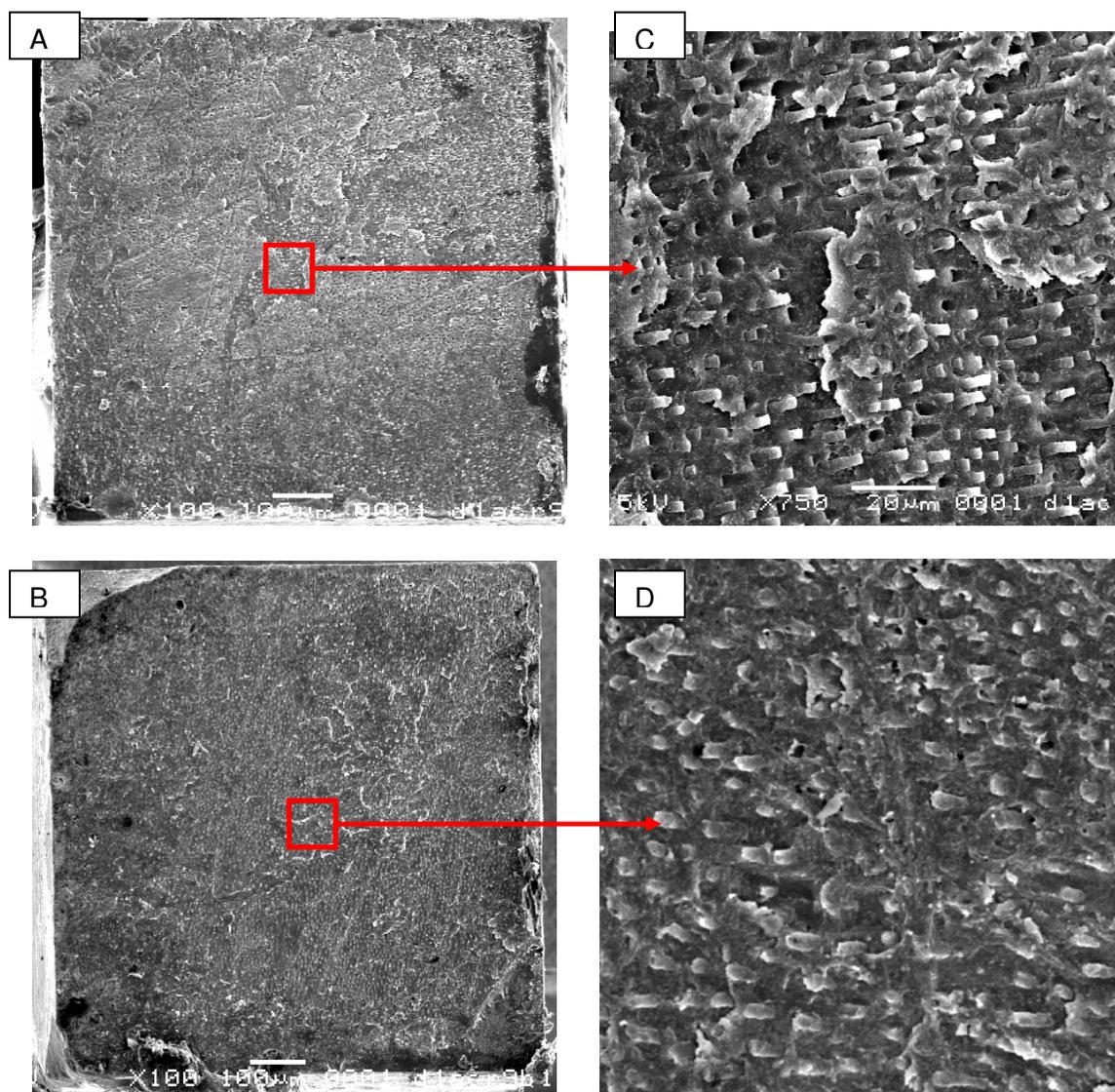


Figura 22. I(A e B) Imagens de MEV de homólogas apresentando uma fratura coesiva na camada híbrida. Em (C) e (D) é possível observar as ampliações das região identificada em vermelho nas imagens (A) e (B) indicando a presença de *tags* fraturados dentro de túbulos dentinário.

Tanto o homólogo (A) e (B) revelam uma superfície repleta de ranhuras e pequenos orifícios. Em maiores aumentos (C) e (D), é possível observar que os orifícios são túbulos dentinários onde se encontram *tags* fraturados.

6. DISCUSSÃO

A odontologia adesiva foi estabelecida pela efetiva potencialidade e real união do tecido dentinário com os materiais restauradores usando sistemas adesivos. O procedimento estabelece uma região impermeável e ácido resistente que permite a preservação biológica e morfológica do complexo dentino-pulpar (Nakabayashi & Pashley, 1982; Tay *et al.* 1994).

O conceito foi formado com base nos estudos realizados em dentina coronária nas três possíveis profundidades (Fosse *et al.*, 1992; Olsson *et al.*, 1993; Wang *et al.*, 2006). Apesar disso, a dentina que é considerada uma estrutura biológica heterogênea e complexa, formada em grande parte por água (22% em volume), material orgânico (33% em volume) e estrutura mineral (45% em volume), pode-se modificar por processos fisiológicos, patológicos, dentro de regiões e grupos dentários diferentes (Marshall *et al.*, 1997; Ten Cate, 2001,).

Neste estudo, foram utilizados primeiros pré-molares superiores hígidos de pacientes entre 11 e 20 anos. Na avaliação morfológica da região profunda da dentina coronária foi observada uma distribuição homogênea da dentina intertubular e intratubular, além da presença de microtúbulos dentro da dentina inter e intratubular (figura 6 (b)) O número médio de túbulos foi de 35.084 por mm^2 com uma média da área transversal de túbulos dentinários de $1,974\mu\text{m}^2$. A descrição morfológica da dentina coronária é semelhante àqueles feitos por estudos prévios (Garberoglio & Bränström, 1976; Schellenberg *et al.* 1992), no entanto, a densidade de túbulos dentinários é inferior às descritas por Garberoglio & Bränström (1976), Carrigan *et al.* (1984) e Pashley (1989) que encontraram os valores de 45.000, 44.243 e 43.000, respectivamente. Essa diferença pode ter ocorrido por dois motivos. Primeiro, esses estudos utilizaram diferentes grupos dentários em suas metodologias. Garberoglio & Bränström (1976) e Pashley (1989) não utilizaram grupos dentários específicos, enquanto que o Carrigan *et al.* (1984) utilizou somente incisivos centrais superiores. Além disso, a padronização da região do dente onde foi efetuada a contagem dos túbulos também não foi especificada e

anatomicamente sofre variações de acordo com o grupo dentário. Neste estudo, a referência utilizada foi a exposição dos dois cornos pulpares encontrados nos primeiros pré-molares superiores. Um segundo ponto foi à utilização de um software para calcular a área e facilitar a precisão da contagem do número de túbulos. Este tipo de instrumento não foi utilizado nos estudos mencionados. No caso da média da área transversal dos túbulos, o valor obtido neste estudo ($1,974\mu\text{m}^2$) foi semelhante ao descrito por Garberoglio & Bränström (1976), $1,9\mu\text{m}^2$, que também especificou a região da dentina coronária profunda avaliada como a 0,1 – 0,5 mm da polpa.

Na avaliação morfológica da dentina radicular foi observada a presença de projeções convexas de dentina denominadas calcosferitos (Lopes & Siqueira, 2004; Kijssamanmith *et al.* 2002). Essas projeções, onde estão localizados os túbulos dentinários, produzem ondulações sobre toda a superfície radicular (Figura- 7, letras A e B). Outra característica importante observada foi que, entre as amostras de dentina radicular avaliadas, não foi possível identificar a presença de dentina intratubular (Figura 7, letra A). A densidade de túbulos dentinários na dentina radicular cervical foi de 43.948 túbulos por mm^2 e foi numericamente semelhante ao encontrado por Carrigan *et al* (1984) que obteve o valor de 42.360 túbulos/ mm^2 . No caso da média da área transversal de túbulos para a dentina radicular, o valor obtido foi de $3,075\mu\text{m}^2$. Esse dado também está próximo daquele encontrado por Ferrari *et al.* (2000) que relatou um valor médio da área transversal para o terço coronário e médio da dentina do canal radicular de $2,5\mu\text{m}^2$.

O fato de realizar a avaliação morfológica da coroa e raiz intactos em um mesmo dente possibilitou fazer comparações entre os dois substratos. A densidade de túbulos obtida na dentina coronária profunda ($35.084\text{túbulos}/\text{mm}^2$) não revelou diferença estatisticamente significativa quando comparado ao valor obtido na dentina radicular cervical ($43.948\text{túbulos}/\text{mm}^2$). Carrigan *et al.* (1984), em um estudo que comparou dentina coronária e radicular, também não encontrou diferenças estatísticas entre as médias das densidades de túbulos dentinários da dentina coronária profunda ($44,243\text{túbulos}/\text{mm}^2$) e dentina radicular cervical ($42.360\text{túbulos}/\text{mm}^2$). De maneira semelhante, os resultados mostraram que não

há diferença estatisticamente significativa entre a área média transversal dos túbulos dentinários na dentina coronária profunda ($1,974\mu\text{m}^2$) e dentina radicular cervical ($3,075\mu\text{m}^2$).

Por outro lado, diferente da dentina coronária, a presença de um anel de dentina mais mineralizado ao redor dos túbulos dentinários (dentina intratubular) não foi observado na dentina radicular. Segundo Ten Cate (2001), durante a formação da dentina intratubular, o processo do odontoblasto contraí-se até cerca de um terço do seu diâmetro no interior do túbulo dentinário, sendo depositada dentina altamente mineralizada no espaço criado. O modo como ocorre a formação dessa dentina 40% mais mineralizada do que a dentina intertubular não é bem entendido. Acredita-se, no entanto, que a formação da dentina peritubular resulte da secreção de odontoblastos e da difusão de proteínas da membrana plasmática dos processos odontoblásticos (Goldberg *et al.*, 1995). Os fatores relacionados à estimulação da produção da dentina intratubular são os processos patológicos, como cárie, e processos fisiológicos, como o envelhecimento. Entre os fatores que poderiam explicar a presença de dentina intratubular na coroa e sua ausência na dentina superficial do canal radicular é o fato que a dentina coronária profunda é formada antes da dentina cervical do canal radicular (Thomas, 1995). Por esse motivo apresenta um envelhecimento fisiológico antecipado em relação à dentina radicular observada. Além disso, é uma região mais sujeita a sofrer agressões como trauma, agressão bacteriana etc. É também importante lembrar que os dentes selecionados para este estudo foram dentes hígidos de pacientes entre 11 e 20 anos. Logo, foram dentes jovens que nunca receberam estímulos para formar esse tipo de dentina mais mineralizada. A própria dentina que observamos na superfície do canal radicular é uma dentina recém formada, uma vez que ela está logo abaixo da pré-dentina. A dentina da superfície do canal radicular provavelmente ainda não apresenta o tempo necessário para formar a dentina intratubular. O fato da dentina radicular não apresentar dentina intratubular ressalta a característica de essa dentina ser menos mineralizada que a dentina coronária. Como apontado por Ten Cate (2001), o conteúdo de fosforina da dentina radicular é menor (quase 50% em

dentos bovinos) do que a dentina coronária e, conseqüentemente, o seu grau de mineralização também o é.

Teoricamente, substratos com diferentes composições minerais devem se comportar de maneira diferente frente à desafios ácidos. Após o condicionamento da dentina coronária com o *primer* ácido, que apresenta um pH (2.0) mais alto do que o ácido fosfórico (pH=0,6), foi possível observar apenas uma suave desmineralização da dentina intratubular e a exposição das fibrilas colágenas (Figura 10). Não foi possível observar diferença na densidade de túbulos após a aplicação do *primer* ácido. Porém, após o condicionamento com o *primer* ácido houve uma ampliação dos túbulos dentinários. A área transversal média obtida foi de $5,598 \mu\text{m}^2$, e esse valor foi estatisticamente superior ao valor obtido na dentina coronária intacta ($1,974 \mu\text{m}^2$). O condicionamento realizado com ácido fosfórico também não modificou a densidade de túbulos, no entanto, a área transversal média após o tratamento ($9,88 \mu\text{m}^2$) foi significativamente maior do que a encontrada na dentina intacta ou condicionada com *primer* ácido. Pode-se observar que o ácido fosfórico apresentou a capacidade de desmineralizar a dentina intratubular com mais eficiência do que o *primer* ácido e isso se deve ao seu pH mais baixo.

Como na dentina coronária, o uso do *primer* ácido ou do ácido fosfórico para condicionar a superfície não modificou os valores obtidos de densidade de túbulos dentinários. Novamente o uso do *primer* ácido resultou em uma área transversal média ($5,774 \mu\text{m}^2$) estatisticamente maior do que a dentina radicular intacta. No entanto, devido à ausência da dentina intratubular, a imagem da superfície condicionada pelo *primer* ácido na dentina radicular não foi semelhante à observada na dentina coronária uma vez que somente verificou-se um aumento dos orifícios de entrada dos túbulos dentinários. Esse aumento foi novamente mais expressivo e estatisticamente maior após o condicionamento com ácido fosfórico, resultando em uma área transversal média de $8,106 \mu\text{m}^2$.

Quando realizada a comparação entre região (dentina coronária profunda ou dentina radicular do terço cervical) e o tipo de tratamento (*primer* ácido ou ácido fosfórico), a análise estatística não identificou diferença entre os tipos de tratamento

e as diferentes regiões. Isso significa que, após o condicionamento com *primer* ácido ou ácido fosfórico, as dentinas coronária profunda e radicular do terço cervical parecem ter padrão único. Logo, a área transversal média dos túbulos dentinários obtida na dentina coronária ($5,598 \mu\text{m}^2$), após tratamento com o *primer* ácido não é diferente do encontrado na dentina radicular ($5,774 \mu\text{m}^2$). O mesmo acontece após o uso do ácido fosfórico na dentina coronária ($9,88 \mu\text{m}^2$) e dentina radicular ($8,106 \mu\text{m}^2$). Apenas um estudo, realizado por Ferrari *et al.* em 2000, observou a morfologia do canal radicular em termos de orientação, densidade e aumento da área de superfície após o condicionamento com ácido fosfórico. Segundo os autores, a área disponível para união aumentou 202%, no terço cervical, 156% no terço médio e 113% no terço apical. Para obter os valores relativos ao aumento de área de superfície após o condicionamento, o autor lançou mão de um modelo matemático experimental. Porém, para facilitar as equações, os autores consideraram a superfície do canal radicular como uma superfície plana. Como este estudo foi apenas realizado na dentina radicular, os resultados obtidos foram utilizados para a finalidade de comparação entre os terços cervical, médio e apical do canal radicular. Por mais que uma comparação entre os diferentes aumentos de área após o condicionamento com diferentes agentes, o mesmo modelo utilizado por Ferrari *et al.* (2000) não poderia ser utilizado no estudo presente para comparar a dentina coronária e radicular, já que a superfície da dentina nessas duas regiões é morfologicamente diferente.

Apesar dos dados semelhantes em relação à densidade de túbulos e área transversal média tanto na dentina coronária profunda quanto na dentina radicular cervical, o valor médio para a resistência da união na dentina radicular foi 19,76 MPa e o valor para a dentina coronária foi significativamente mais alto, 26,63 MPa. Quando analisamos estes dados devemos também levar em consideração que eliminamos outras variáveis que poderiam afetar a resistência da união na raiz, como o alto fator C (Tay *et al.*, 2005) e a dificuldade técnica da hibridização desta região. Isso sugere que, independente dessas variáveis, a dentina radicular apresenta algum fator inerente a ela que prejudica sua hibridização e união à resina composta.

A idéia de que a dentina radicular é menos mineralizada e que essa característica pode comprometer a resistência de união é corroborada pelos diferentes tipos de fratura encontrados neste trabalho. De fato, tanto na coroa como na raiz o tipo de fratura mais comum foi a fratura mista, que nada mais é do que uma fratura simultaneamente coesiva no adesivo e na camada híbrida. Por outro lado, quando verificamos que 88,89% das fratura coesiva na camada híbrida foram obtidas na dentina radicular, e que o uso de ácido fosfórico esteve associado a 68,89% desse tipo de fratura, podemos questionar se o substrato analisado não possa estar interferindo em tal resultado. Pode-se sugerir que a dentina radicular, por ser menos mineralizada, é mais susceptível à desmineralização pelo ácido fosfórico. Como sugerido por Pashley *et al.* (1995), a desmineralização agressiva pode resultar em uma penetração deficiente do *primer* entre as fibrilas colágenas, ou essas podem colabar dificultando a proteção das fibrilas expostas. É criada então uma região de colágeno desprotegida após a remoção da hidroxiapatita pelo ácido, o que a torna um local capaz de ceder durante os testes de microtração, caracterizando a fratura coesiva na camada híbrida.

Além disso, de acordo com Gwinnett (1993), os elementos mais importantes para a resistência de união de sistemas adesivos à dentina são a formação de *tags* de resina intratubulares, a infiltração de resina dentro da matriz interdentinária desmineralizada e a adesão química na superfície. Se for considerado que o número de túbulos, e, portanto, o número de *tags* encontrados na dentina coronária profunda e dentina radicular cervical não se diferem, então os fatores que podem estar afetando os valores de resistência da união devem estar relacionados a uma menor infiltração de resina dentro da matriz desmineralizada e/ou a adesão química na superfície.

Diferente do que foi observado por Cargidiaco *et al.* (1997) e Ferrari *et al.* (2000), os resultados deste estudo não revelaram que uma maior área de superfície da dentina intratubular e intertubular foi responsável por um aumento da resistência da união após o condicionamento da dentina. Isso pôde ser constatado após observar que mesmo uma desmineralização menos agressiva com o *primer* ácido e,

portanto, produzindo um menor aumento de superfície, os valores de resistência da união continuaram semelhantes.

Além disso, Cargidiaco *et al.* (1997) argumentaram que nem sempre a hibridização da dentina intertubular é bem sucedida e portanto, a infiltração de resina nos túbulos dentinários é um fator importante para a retenção micromecânica no substrato dentinário. Por outro lado, a alta incidência de fraturas coesivas na camada híbrida após o uso do ácido fosfórico no estudo atual, sugere que a falha de uma boa hibridização da dentina desmineralizada afetará negativamente a união, independente da formação de *tags* mais numerosos, ou de uma camada híbrida mais espessa.

O presente estudo não observou a camada híbrida ou o número de *tags* formados utilizando um sistema adesivo convencional e autocondicionante. No entanto, o estudo realizado por Mannoci, Innocenti & Ferrari *et al.* em 1999 concluiu que a camada híbrida e o número de *tags* formada em dentina radicular, pelo All-Bond 2 (convencional) era mais homogênea e maior do que a formada pelo Panavia 21 (autocondicionante). Dois anos depois, Mannocci *et al.* (2001), realizaram microtração para comparar o All-Bond-2 e Panavia F. Como os resultados obtidos nesse estudo, os valores de resistência da união foram equivalentes para ambos os grupos experimentais (17.1 MPa). Os autores também compararam seus resultados com os de outros trabalhos em coroa também concluíram que a resistência da união dos dois sistemas à dentina radicular foi ligeiramente inferior ao obtido pelos adesivos na dentina coronária.

Além disso, os trabalhos de Yoshida *et al.* (2004) e Inoue *et al.* (2005) revelaram que o monômero 10-MDP, presente na composição do sistema adesivo Clearfill Protect Bond (Quadro 1), interage quimicamente com a hidroxiapatita que permanece dentro da camada híbrida. Se considerarmos que a dentina radicular é menos mineralizada do que a dentina coronária, e por esse motivo apresenta uma concentração menor de hidroxiapatita, então, possivelmente, a capacidade do monômero 10-MDP de criar adesão química a esse substrato se torna proporcionalmente reduzido. Essa suposição é corroborada pelos resultados

obtidos no atual estudo uma vez que os valores da resistência de união obtidos utilizando o sistema Clearfil Protect Bond foram estatisticamente menores na dentina radicular do que na dentina coronária.

O elemento chave para o melhor desempenho dos procedimentos de união depende da íntima relação entre o sistema adesivo e o substrato dentinário (Marshall *et al.*, 1997). Os sistemas adesivos são usados na dentina radicular por três motivos: (1) para selar o espaço endodôntico como um material obturador, (2) para cimentar pinos em combinação com cimentos resinosos apropriados (Goldman *et al.*, 1984; Ferrari *et al.*, 2000) e (3) para reforçar com resina as paredes internas de um canal radicular fragilizado com a perda de estrutura. Após este estudo ter constatado as diferenças morfológicas entre a dentina coronária profunda e a dentina radicular do terço cervical de pré-molares humanos, torna-se necessário estudos futuros que avaliem as diferenças de composição química dessas diferentes regiões. Além disso, o fato de termos optado por condicionar superfícies intactas, que não foram submetidas a nenhum tipo de instrumentação ou irrigação com substâncias químicas auxiliares, permitiu que apenas a influência dos agentes condicionadores fosse abordada. Estudos futuros devem então associar outros tipos de tratamento realizados na dentina radicular aos procedimentos restauradores analisando, por exemplo, o uso de substâncias químicas auxiliares, utilizadas durante o tratamento endodôntico. Dessa forma será possível compreender melhor o comportamento desse substrato frente às técnicas restauradoras que visam recuperar dentes tratados endodonticamente.

7. CONCLUSÃO

(a) A dentina radicular intacta do terço cervical apresentou uma superfície irregular formada por calcosferítos, o que a difere estruturalmente da dentina coronária. Por outro lado, a densidade e a área transversal dos túbulos dentinários não foi diferente ($p>0,05$) da encontrada na coroa, mesmo após o condicionamento com ácido fosfórico ou o primer ácido.

(b) Os valores de resistência da união foram mais altos na dentina coronária do que na dentina radicular. O padrão de fratura mais frequentemente encontrado para ambas as regiões foi a fratura mista (CA + CCH).

(c) A hipótese nula deste estudo foi parcialmente rejeitada uma vez que as dentinas coronária (profunda) e radicular (terço cervical) apresentaram diferenças morfológicas e de valores de resistência da união, porém apresentaram semelhanças quanto à densidade de túbulos e padrões de fratura.

REFERÊNCIAS

1. Akkayan B, Med Dent DR, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *The J. Prosthet Dent.* 2002; 87(4): 431-7.
2. Bachicha W.S., et al. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J. Endod.* 1998; 24: 703-708.
3. Beust RB. Physiological changes in the dentine. *J Dent Res.* 1931; 11: 267-273.
4. Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A confocal laser scanning Microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J.* 2004; 37: 840-48.
5. Bhaskar SN. *Histologia e embriologia oral de Orban* 10 ed. São Paulo: 1981; Artes Médicas: 501.
6. Bourd-Boittin k, Friedman R, Fanchon S, Septier D, Goldberg M, Menashi S. Matrix metalloproteinase inhibition impairs the processing, formation and mineralization of dental tissues during mouse molar development. *Exp Cell Res.* 2005; 304:493-505.
7. BOX,G.E.P, Hunter; W.G. and Hunter, J.S. (1978), *Statistics for Experimenters*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
8. Braden M. Biophysics of the tooth. Em: *Frontiers of oral Physiology*, Vol.2: *Physiology of Oral Tissues*, ed Y. Kawamura, Karger, Basel. 1976: 1-37.
9. Burrow, M.F. et al. Bond strength to crown and root dentine. *Am J Dent.*1996; 9(5): 223-229.
10. Buonocore, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J. Dent Res.* 1955; 34(6): 849-53.
11. Buttler, W.T. Dentine matrix proteins. *Eur. J. Oral Sci.* 1998; 106(1): 204-10.

12. Cardigiaco, M.C. et al. Mapping of tubule and intertubule surface areas available for bonding in class V and class II preparations. *J Dent.* 1997; 25(5): 379-389.
13. Carrigan, PJ, Morse DR. A scanning electron Microscopic Evaluation of Human Dentinal Tubules According to Age and Location. *J Endod.* 1984; 10(8): 359-363.
14. Carvalho RM, Tay FR, Giannini M, Pashley DH. Effects of pre- and post bonding hydration on bond strength to dentine. *J Adhes Dent.* 2004; 6(1):13-7.
15. Chaussain-Miller C., Fioretti F, Goldberg M., Menashi S. The role of matrix metalloproteinases (MMps) in human caries. *J. Dent Res.* 2006; 85: 22-32.
16. Chaves P, Giannini M, Ambrosano GM. Influence of smear-layer pretreatments on bond strength to dentine. *J. Adhes Dent.* 2002; 4(3):191-6.
17. Cohen, S. & Burns, R.C. *Caminhos de Polpa. Cap 11. 7ª edição.* Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2000.
18. Craig, R. G.; Gehring, P.E.; and Peyton, F.A. Relation of Structure to the microhardness of human dentine. *J. Dent Res;* 1959; 38: 624-630.
19. Dalitz GP. Hardness of dentin related to age. *Aust Dent J.* 1962; 7: 463-464.
20. Eisenman DR, Glick PL. Ultrastructure of initial crystal formation in dentine. *J. Ultrastruct Res.* 1972; 41: 18-21.
21. Ferrari, M. et al. Bonding to root canal: Structural characteristics of the substrate. *Am J Dent.* 2000; 13(5): 255-260.
22. Fosse G, Saele PK, Eide R. Numerical density and distributional pattern of dentin tubules. *Acta Odontol Scand.* 1992; 50: 201-10.

23. Fusayama T, Maeda T. Effect of pulpectomy on dentin hardness. *J. Dent Res.* 1969; 48(3): 452-60.
24. Fusayama T. et al. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. *J. Dent Res.* 1979; 58(4): 1364-70.
25. Garant PR. The fine structure of the mouse odontoblast. *Arch Oral Biol.* 1968; 13: 857-77.
26. Garberoglio, B. & Bränström M.. Scanning electron Microscopy investigation of human dentinal tubules. *Archs oral Biol.* 1976; 21: 355-362.
27. Gaston B, West LA, Fredrick RL, Fernandes C, Pashley DH. *J. Endod* 2001; (27) 5: 321-4.
28. Giannini M, Carvalho RM, Martins LR, Dias CT, Pashley DH. The influence of tubule density and area of solid dentin on bond strength of two adhesive systems to dentine. *J. Adhes. Dent.* 2000; 3(4): 314-24.
29. Gianinni M, Paulillo LA, Ambrosano GM. Effect of surface roughness on amalgam repair using adhesive systems. *Braz Dent J.* 2002; 13(3): 179-83.
30. Goldberg et al. Dental mineralization. *Int. J. Dev. Biol.* 1995; 39: 93-110.
31. Gwinnett, A.J. Quantitative contribution of resin/hybridization to dentine bonding. *Am J Dent,* 1993; 6: 7-9.
32. Hagger O. Patente sueca 278946. 1951
33. Hagger O. Patente britânica 687299, 1952.
34. Hanazawa K. A study of the minute structures of dentine, especially the relationship between dentinal tubules and fibrils. *Dent. Cosmos.* 1917; 59: 374-405.

35. Hão, J. et al. Differential expression patterns of the dentin matrix proteins during mineralized tissue formation. *Bone*. 2004; 34 (6): 921-32.
36. Holand, GR. The extent of the odontoblast process in the cat. *J. Anat.* 1976; 121: 133-149.
37. Holand G.R. the odontoblast process: form and function. *J. Dent Res.* 1985; 64 (espec. Issue): 499-514.
38. Imazato S. et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with posts. *J. Dent Res.* 1997; 76: 768-72.
39. Inuoe S., Koshiro K., Yoshida, Y, De Munk J., Nagakabane K., Suzuki K., Sano H. e Van Meerbeck B. Hydrolytic Stability of Self-etch Adesives Bonded to Dentin. *J. Dent Res.* 2005; 84(12): 1160-1164.
40. Jones S.J, Boyd A. Ultrastructure of dentine and dentinogenesis. *Dentine and Dentinogenesis* (Ed. Linde A.) , CRC press, Boca Raton: 1984: 81-134.
41. Ketterl, W. Studien über das dentin per permanenten zähne des menschn. *Stoma*. 1961; 14: 79-76 e 148-163.
42. Kijssamanmith K, Timpawat S, Hamirattisai C, Messer HH. Microtensile bond strength of bonding agents to pulpal floor dentine. *Int. Endod J.* 2002; 35: 833-839.
43. Kinney JH, Balooch M, Marshall SJ, Marshall GW, Wehs TP. Hardness and Young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 9-13.

44. Kinney JH, Balooch M, Marchall GW, Marshall SJ. A micromechanics model of the elastic properties of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1999; 44(10): 813-22.
45. Kinney JH, Popley JA, Marshall SJ. Collagen orientation and crystallite size in human dentine: a small angle X-ray scattering study. *Calcif Tissu Int.* 2001; 69: 31-37.
46. Kugel G, Ferrari M. The science of bonding from first to sixth generation. *J. Am Dent Assoc.* 2000; 131: 20S-25S. Review.
47. Linde, A.. Dentin matrix proteins: composition and possible functions in calcification. *Anat. Rec.* 1989; 224(2): 154-66.
48. Lopes, H.P. & Siqueira J.F.. *Endodontia – Biologia e Técnica.* 2^a Edição. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro. 2004.
49. Manning et al. Factors to consider for predictable post and core build-ups of endodontically treated teeth. Part I: Basic theoretical concepts. *J Can Dent Assoc.* 1995; 61: 685-695.
50. Mannoci F, Innocenti M, Ferrari M, et al. confocal and scanning electron microscopic study of teeth endodontically treated and restored with fiber posts, metal posts and composite resins. *J. Endod.* 1999; 25: 789-794.
51. Mannoci F, Martyn S, Ferrari M, Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. *J. Dent.* 2001; 14(4): 200-4.
52. Marshall, Jr. G.W. et al. The dentine substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent, Vol.25, No. 6, pp.441-458.* 1997.

53. Mclean, JW e Kramer IRH. A clinical and pathological evaluation of a sulphuric acid activated resin for use in restorative dentistry. *Br dent J.* 1952; 93: 255.
54. Meyer, W. Lehrbunch der nomalen Histoloie und Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. Erlag Carl Hansen München. 1951.
55. Miguez PA, Pereira, PNR, Atsawasuwan P, Yamauchi M. Collagen Cross-linking and ultimate tensile strength in dentine. *J. Dent Res* 2004; 83 (10): 807-10.
56. Mjor A, Nordahl I, The density and branching of dental tubules in human teeth. *Arch Oral Biol.* 1996; 41: 401-412.
57. Nakabayashi, N. K., K. Masuhara, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J. Biomed Mater Res.* 1982;16: 265-273.
58. Nakabayashi, N, Pashley DH. *Hybridization of Dental Hard Tissue.* Berlin: Quintessence,1998.
59. Newman, M. et al. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent.* 2003; 89(4): 360-367.
60. Ogata M, Okuda M, Nakajima M, Pereira PNR, Sano H, Tagami J. Influence of the direction of tubules on bond strength to dentin. *Oper Dent.* 2001; 26: 27-35.
61. Olsson S, Öilo G, Adamczak E. The structure of dentin surfaces exposed for bond strength measurements. *Scand J. Dent Res.* 1993; 1001:180-4.
62. Pashley DH. Nelson R, Williams EC. Dentin Haudraulic Conductance: changes produced by red blood cells. *J Dent Res.* 1981; 60: 1797-1802.
63. Pashley DH, Okabe A, Parham P. The relationship between dentin microhardness and tubule density. *Endod Dent Traumatol.* 1985; 1: 176-9.

64. Pashley DH, Tao L, Boyd L, King GE, Horner JA. Scanning electron microscopy of the substance of smear layer in human dentine. *Arch oral Biol.* 1988; 33 (4): 265-70.
65. Pashley DH. Dentine: a dynamic substrate-a review. *Scanning Microscopy.* 1989; 3: 161-176.
66. Pashley DH. Dentine Bonding: Overview of the substrate with respect to adhesive materials. *J. Esthet Dent.* 1991; 3: 46-50.
67. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, et al. Permeability of dentine to adhesive agents. *Quintessence Int.* 1993; 24: 618-631.
68. Pashley, D.H. et al. Bond Strength versus dentine structure: A modeling approach. *Arch Oral Biol.* 1995; 40(12): 1109-1118.
69. Pashley D.H. Carvalho R.M. Dentine permeability and dentine adhesion. A Review. *J Dent.* 1997; 25(5): 355-372.
70. Perdigão J.P. et al. Field emission SEM comparison of four postfixation drying techniques for human dentin. *J Biomed Mater Res.* 1995; 29: 1111-1120.
71. Pothmann C. Measuring the hardness of dentin in human teeth. *Stoma.* 1965; 18: 182-8.
72. Rivera EM, Yamauchi M. Site comparison of dentine collagen cross-links from extracted human teeth. *Arch Oral Biol.* 1993; 38(7): 541-6.
73. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner JA, Mathews W G, Pashley DH. Nano Leakage: Leakage within the hybrid layer. *Oper Dent.* 1995; 20: 18-25.

74. Schellenberg U., Krey G, Bosshardt, D, Nat D, Nair PNR. Numerical density of dentinal tubules at the pulp wall of human permanent premolars and third molars. *J. Endod.* 1992; 18(3):104-109.
75. Seltzer, S, Bender IB. *The dental pulp.* 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott: 1975; 39-42.
76. Sigal MJ, Pitaru S, Aubin J E , Ten Cate AR. A scanning electron microscopy and immunofluorescence study demonstrating that the odontoblast process extends to the dentinoenamel junction in human teeth. *Anat Rec.* 1984; 210: 453-462.
77. Shroeder L, Frank RM. High-resolution transmission electron microscopy of adult peritubular dentine. *Cell Tissue Res.* 1985; 242: 449-451.
78. Sourai PG. Microbial permeability of dentin. *Stomatologia (Athenai).* 1989; 46(6): 359-72.
79. Tagami J, Hosoda H, Burrow MF, Nakajima M. Effect of aging and caries on dentin permeability. *Proc Finn Dent Soc.* 1992; 88(11): 149-54.
80. Tão L, Pashley DH. Shear bond strengths to dentine: effects of surface treatments, depth and position. *Dent Mater.* 1988; 4(6): 371-8.
81. Tay FR, Gwinnett AJ, Pang KM, Wei SH. Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *J. Dent Res.* 1994; 73(3):629-36.
82. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etch adhesives I: Depth of penetration beyond dentin smear-layers. *Dent Mater.* 2001; 17(4): 296-308.

83. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechets P, Weller N, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J Endod.* 2005; 31(8): 584-9.
84. Ten Cate A.R. *Histologia Bucal – Desenvolvimento, Estrutura e função.* 5ª edição, Editora Guanabara Koogan S.A Rio de Janeiro, 2001.
85. Thomas, H.F. Root Formation – *Int J Dev Bio.* 1995; 39: 231-237.
86. Toledano M, Osorio R, de Leonardo G, Rosales-Leal JI, Ceballos L, Cabrerizo-Vilchez MA. Influence of self-etching primer on the resin adhesion to enamel and dentin. *Am J Dent.* 2001; 14(4):205-10.
87. Trowbridge HO, Kim S. Desenvolvimento, estrutura e função da polpa . *In:* COHEN S, BURNS RC. *Caminhos da Polpa.* 7.ed., Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A. ,2000.
88. Van der Graaf & Ten Bosch, -The uptake of water by freeze-dried human dentine sections.- *Arch Oral Biol.* 1990; .35: 731-739.
89. Van Meerbeek et al. Morphological aspects of the resin dentine interdiffusion zones with different adhesive systems. *J Dent Res.* 1992; 71: 1530-1540.
90. Van Meerbeek B, Dhem A, Goret-Nicaisi M, et al. Comparative SEM and TEM examination of ultrastructure of the resin-dentin interdiffusion zone. *J Dent Res* 1993; 72: 495-501.
91. Van Meerbeek B et al. Adhesives and cements to promote preservation dentistry. *Oper Den.* 2001; 6: 119-144.

92. Van Meerbeek B. et al. Adhesives and Cements to Promote Preservation Dentistry. Oper Dent. Vol. 6 pp. 119-144. 2001.
93. Wallwork, M.L., et al. Binding of dentin noncollagenous matrix proteins to biological mineral crystals: an atomic force microscopy study. Calcify Tissue Int, 2002. 71 (3): 249-55.
94. Wang, Y; Spencer P; Hager C; Bohaty B. Comparison of interfacial characteristics of adhesive bonding to superficial versus deep dentine using SEM and staining techniques. J. Dent. 2006; (34): 26-34.
95. Watanabe I, Nikaido T, Nakabayashi N. Effect of adhesion promoting monomers on adhesion to ground dentin. J Jpn Dent Mater. 1990; 9: 888-893.
96. Watanabe I. Photocure bonding agents to ground dentin. J Jpn Dent Mater. 1992; 11: 955-973.
97. Watanabe I, Nakabayashi N. Bonding durability of photocured Phenyl-P in TEGDMA to smear-layer retained bovine dentin. Quintessence Int. 1993; 24: 335-342.
98. Watanabe I., Nakabayashi N., Pashley DH. Bonding to ground dentin by a phenil-P self-etching primer. J Dent Res 1994; 73(6):1212-1220.
99. Whittaker, DK; Kneale, MJ. The dentine-predentine interface in human teeth. Br Dent J; 1979; 146: 43-6.
100. Wright HN, Fenske EL. Factors involved in variability in hardness of tooth structure. J Dent Res. 1938; 17: 297.

101. Yamauchi M., Chandler GS, & Katz EP. Collagen cross-linking and mineralization. Em: The chemistry and biology of mineralized tissues. 2^a edição. Elsevier Science, Amsterdam. 1991.
102. Yamauchi, M. Collagen: the major matrix molecule in mineralized tissues. Calcium and phosphorous in health and disease, ed. J.A. a S.G. editors. Boca Raton, Fl: CRC Press. 1996; 127-145.
103. Yoshida Y. Nagakane K., Okazaki M., Shintani H., Inoue S., Tagawa K., Suzuki K., De Munk J., Van Meerbeek B. Comparative Study on Adesive Performance of Functional Monomers. J Dent Res. 2004; 83(6) 454-458.
104. Yoshiyama, M. et al. Regional bond strengths of resin to human root dentine. J Dent. 1996; 24(6):.435-442.

ANEXOS

Anexo I- Dados Brutos da Estatística

Ensaio de microtração
Tabelas de contingência

The FREQ Procedure

Summary Statistics for trat by pfc

Cochran-Mantel-Haenszel Statistics (Based on Table Scores)

Statistic	Alternative Hypothesis	DF	Value	Prob
1	Nonzero Correlation	1	0.1155	0.7340
2	Row Mean Scores Differ	1	0.1155	0.7340
3	General Association	9	5.1625	0.8199

Effective Sample Size = 207

Frequency Missing = 2

Table of trat by pfr

trat(Tratamento) pfr(Padrão de Fratura (resumido))

Frequency					
Percent					
Row Pct					
Col Pct	CA	CCH	CD	M	Total
Primer	27	14	1	38	80
13.04	6.76	0.48	18.36	38.65	
33.75	17.50	1.25	47.50		
40.30	31.11	50.00	40.86		
Ácido	40	31	1	55	127
19.32	14.98	0.48	26.57	61.35	
31.50	24.41	0.79	43.31		
59.70	68.89	50.00	59.14		
Total	67	45	2	93	207
32.37	21.74	0.97	44.93	100.00	

Frequency Missing = 2



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "**Caracterização morfológica da dentina radicular tratada com sistemas adesivos autocondicionantes**", protocolo nº **110/2003**, dos pesquisadores **MÁRIO FERNANDO DE GOES, ANA CAROLINA MACHADO ROCHA LIMA e JULIANA MALACARNE** satisfazem as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 11/03/2004.

The Research Ethics Committee of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that project "**Morphological evaluation of root dentin treated with self-etching adhesive systems**", register number **110/2003**, of **MÁRIO FERNANDO DE GOES, ANA CAROLINA MACHADO ROCHA LIMA and JULIANA MALACARNE**, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for researching in human subjects and was approved by this committee at 11/03/2004.

Piracicaba-SP, Brasil, 27/04/2005.

Cynthia Pereira Machado Tabchouy
Cynthia Pereira Machado Tabchouy

Secretária
CEP/FOP/UNICAMP

Jacks Jorge Júnior
Jacks Jorge Júnior

Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.