

**MANOEL MARTIN JUNIOR**

*Sistemas adesivos convencional e  
autocondicionante: análise  
micromecânica tridimensional da  
interface dentina-adesivo.*

ARAÇATUBA – SP  
2008

**MANOEL MARTIN JUNIOR**

**Sistemas adesivos convencional e  
autocondicionante: análise micromecânica  
tridimensional da interface dentina-adesivo.**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia do  
Câmpus de Araçatuba - Unesp - para obtenção do  
grau de “Doutor em Odontologia” – Área de  
concentração Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Ass. Dr. Eduardo Passos Rocha

**ARAÇATUBA – SP  
2008**

## **DEDICATÓRIA**

### **DEUS**

*F*elizes os que confiam no SENHOR [...] São como árvores plantadas às margens de um rio, cujas raízes alcançam águas profundas. Tais árvores não são afetadas pelo calor e nem se preocupam com longos meses de seca. Suas folhas permanecem verdes e produzem frutos deliciosos. Jeremias 17. 7, 8; nlt

### **MEUS PAIS**

*P*elas orações e paciente compreensão de minha ausência em suas vidas, tanto no Mestrado como no Doutorado.

*V*ocês são o objetivo maior de minha vida e de minhas vitórias.

*D*e todo meu coração, **MUITO OBRIGADO**

### **MINHA IRMÃ**

*P*elo sentimento que nos une e incentivo no período de concretização deste estudo.

**AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

**PROF. DR. EDUARDO PASSOS ROCHA,**

*P*ela orientação segura e atenção dedicada em todos os trabalhos realizados.

**Meus sinceros agradecimentos.**

**HELOISA FONSECA MARÃO,**

*P*essoa que conquistou meu amor e admiração por toda a sua determinação e força de vontade. Obrigado.

**CARLOS MARCELO ARCHANGELO,**

*A*migo, companheiro e sócio pelo convívio e por todo auxílio nos períodos estágio, especialização, mestrado, doutorado e atualmente nas instituições de ensino que trabalhamos.

“A vida é construída com boas parcerias” Prof. Wilson R. Poi.

**IRACY**

*P*elos conselhos e orientação nos momentos decisivos ocorridos no longo desta jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, na pessoa do seu diretor, Prof. Tit. Pedro Felício Estrada Bernabé, e de seu vice-diretor, Prof<sup>a</sup>. Adj. Ana Maria Pires Soubhia, pelas condições oferecidas para a realização desta pesquisa.

Ao coordenador do curso de Pós-Graduação em Odontologia Prof. Dr. Idelmo Rangel Garcia Júnior, pelo empenho, dedicação e respeito com que desenvolve sua atividade de coordenador.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Prótese Dentária e demais áreas de concentração (2006/2009), nível de Mestrado e Doutorado, pela convivência e alegria com que ajudaram a vivenciar o curso e pelo apoio nos momentos oportunos.

Aos docentes do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, Prof. Dr. Eduardo Passos Rocha, Prof. Dr. Eduardo Piza Pellizzer, Prof. Dr. Paulo Renato Junqueira Zuim, Prof. Dr. Alício Rosalino Garcia, Prof. Dr. Marcelo Coelho Goiato, Prof. Dr. Wirley Gonçalves Assunção, Prof. Dr. Renato Salviato Fajardo, Prof. Dra. Débora Barros Barbosa, Prof. Dr. Humberto Genari Filho, Prof. Dr. Cícero Eleutério da Silva Filho, Prof. Dr. Eulália Maria Martins da Silva, Prof. Dr. Adriana Cristina Zavanelli, Prof. Dr. Stefan Fiúza de Carvalho Dekon, Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos, que possibilitaram uma convivência agradável junto ao departamento.

À todos os funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pelo carinho, atenção e cordialidade em servir da melhor forma possível.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação, pela competência, disponibilidade e atenção.

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba, pela gentileza com que sempre me trataram e o esforço que sempre tiveram para atender minhas solicitações tão prontamente.

Aos meus amigos Fabrício José Álvares, João de Oliveira Jr., Luciano Ricardo Emygdio, João Luiz Ribeiro, Diego Sucena Pita, Murillo Sucena Pita, pela atenção e palavras de força e incentivo; **em especial** para Rodolfo Bruniera Anchieta, Amilcar Chagas Freitas Júnior, Erika Oliveira de Almeida que me acolheram e trabalharam ao meu lado demonstrando a significado da palavra “equipe”.

Aos meus amigos de trabalho em curso de especialização Leonardo Peres de Almeida Magalhães, José Norberto Garcia Nesello, Paulo Rodrigo Albino Lucchesi e à Integrale.

Sandra Neres secretária e amiga. Pelo incentivo e competência de gerenciamento do consultório na minha ausência nestes anos de dedicação a especialização, mestrado e doutorado.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**“O mérito é um reconhecimento que devemos a todos”.**

**“MEU MUITO OBRIGADO”**

**EPÍGRAFE**

Fale a sua verdade calma e claramente e escute aos outros, mesmo os estúpidos e ignorantes; também eles têm sua história.

Seja você mesmo. Não finja afeição, nem seja cínico sobre o amor.

Não faça do hábito um estilo de vida. Seja criativo.

Desfrute suas conquistas.

Ame a novidade. Busque novos amigos.

Tente novos amores. Ame muito, cada vez mais, de modos diferentes.

Lembre-se que a vida é uma só.

Mude. Experimente coisas novas. Você certamente conhecerá coisas melhores e coisas piores do que as já conhecidas. Só o que está morto não muda!

Esteja em paz com Deus, qualquer que seja sua forma de concebê-lo e seja qual for a sua vida e suas aspirações.

Com todos os enganos, penas e sonhos desfeitos, este é ainda um mundo maravilhoso.

A vida é construída nos sonhos e concretizada no amor.

Empenhe-se em ser feliz.

MARTIN JUNIOR M. Sistemas adesivos convencional e autocondicionante: análise micromecânica tridimensional da interface dentina-adesivo [tese]. Araçatuba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; 2008.

### **RESUMO**

**OBJETIVO:** Avaliar a distribuição das tensões na interface dentina-adesivo variando o sistema adesivo, convencional e autocondicionante, através do método dos elementos finitos tridimensional.

**MATERIAL E MÉTODO:** Foram elaborados 4 modelos no programa Solidworks 2007, sendo: Mc - representação de um espécime em dentina (41x41x82  $\mu\text{m}$ ) restaurado com resina composta (RC), apresentando camada de adesivo, camada híbrida (CH), TAGs, dentina peri-tubular, dentina intertubular parcialmente desmineralizada, dentina intertubular e prolongamento odontoblástico, simulando a formação da CH segundo o sistema adesivo convencional; Mr - idêntico ao Mc, com ramificações laterais do infiltrado do adesivo; Ma – idêntico ao Mc, sem TAGs, e com “smear plug”, simulando o sistema adesivo autocondicionante; Mat – idêntico ao Ma, com TAGs. Os modelos foram considerados isotrópicos, homogêneos e linearmente elásticos e a análise numérica foi realizada no ANSYS Workbench 10.0 para obtenção da máxima tensão principal ( $\sigma_{\text{MAX}}$ ) após aplicação de força de tração de 0,03 N perpendicular à superfície da RC. A base de todos os modelos foi fixada nos eixos x, y e z.

**RESULTADOS:** A  $\sigma_{\text{MAX}}$  foi maior para o sistema convencional. A presença da ramificação lateral aumentou a  $\sigma_{\text{MAX}}$  na CH para o sistema convencional. Os TAGs modificaram a distribuição da  $\sigma_{\text{MAX}}$  na camada de adesivo para o sistema autocondicionante.

**CONCLUSÃO:** A CH para o sistema convencional apresentou maior  $\sigma_{\text{MAX}}$  em comparação ao sistema autocondicionante. A presença das ramificações laterais do adesivo aumentaram a tensão na CH para o sistema convencional.

**PALAVRAS-CHAVES:** Análise numérica assistida por computador, adesivos dentinários, análise por elementos finitos.



MARTIN M. JUNIOR Adhesive systems total-etch and self-etching: three-dimensional analysis of micromechanical dentin-adhesive interface by finite element analysis [Thesis]. Aracatuba: Faculty of Dentistry of São Paulo State University, 2008.

## **ABSTRACT**

**OBJECTIVE:** The aim of this study was to evaluate the stress distribution in the hybrid layer varying the adhesive system (total each and self-etching systems) using three-dimensional finite element analysis (FE).

**METHODS:** 4 FE models (M) were developed in Solidworks 2007: Mc - representation of a specimen of dentin (41x41x82  $\mu\text{m}$ ) restored with composite resin (RC), showing the adhesive layer, hybrid layer (HL), TAGs, peri-tubular dentin, intertubular dentin in order to simulate simulating the HL according to the total-etch adhesive system; Mr - similar to Mc, with lateral branches of the adhesive; Ma – similar to Mc, without TAGs and showing the "smear plug" in order to simulate the environment for the self-etching adhesive system; Mat – similar to Ma, with TAGs. The models were considered isotropic, homogeneous and linearly elastic and numerical analysis was performed in ANSYS Workbench 10.0 to obtain the maximum principal stress ( $\sigma_{\text{MAX}}$ ) after application of a tension force of 0.03N perpendicular to the surface of the RC. The bottom of all models was fixed in x, y and z axis.

**RESULTS:** The highest  $\sigma_{\text{MAX}}$  in HL was observed in the total etching system. The lateral branches increased the  $\sigma_{\text{MAX}}$  in HL. The TAGs had a little influence on the stress distribution in self-etching system.

**CONCLUSION:** The HL for the total-etch system showed  $\sigma_{\text{MAX}}$  higher in comparison with the self-etch system. The presence of TAGs increased the  $\sigma_{\text{MAX}}$  in the HL for the total-etch system.

**KEYWORDS:** Computer-assisted numerical analysis, adhesives system, finite element analysis.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Visão do espécime em dentina: 1A - RC; 1B - camada de adesivo; 1C - CH; 1D- dentina intertubular parcialmente desmineraliza; 1E - dentina intertubular; 1F - TAG; 1G - túbulo dentinário; 1H - conteúdo intratubular 2 - ramificações laterais do adesivo; 3 – base fixada como condição de contorno; 4 - carregamento, em tração, aplicado no topo da RC. .... 38

Figura 2 - Em A, representação de um dente 1° molar maxilar humano; B – espécime em dentina restaurada com RC no formato de ampulheta, com dimensão de 4x2mm; C – micro espécime retirado do interior do espécime em ampulheta, fundamentando as dimensões dos modelos citados no presente estudo; em D - visão aproximada do micro espécime; E – dimensões finais do micro-modelo..... 39

Figura 3 – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a dentina peritubular, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat. .... 44

Figura 4 – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a dentina intertubular, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat. .... 45

Figura 5 – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a camada de adesivo, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat. .... 46

Figura 6– Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a camada híbrida, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat. .... 47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dimensões e propriedades mecânicas dos modelos estudados. .... 37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valor da  $\sigma_{MAX}$  para estruturas individualizadas, em MPa, para todos  
modelos estudados. .... 43

## LISTA DE ABREVIATURAS

D/A = Dentina adesivo.

Mc = Modelo representando sistema adesivo convencional sem ramificações laterais adesivo.

Mr = Modelo representando sistema adesivo convencional com ramificações laterais do adesivo.

Ma = Modelo representando sistema adesivo autocondicionante sem TAG.

Mat = Modelo representando sistema adesivo autocondicionante com TAG.

TAG = Infiltrado de adesivo entre a dentina intertubular desmineralizada.

TAGs = Infiltrados de adesivo entre a dentina intertubular desmineralizada.

MEF = Método dos elementos finitos.

A = Adesivo.

RC = Resina Composta.

CH = Camada Híbrida.

HL = Hybrid Layer.

MPa = Mega Pascal.

GPa = Giga Pascal.

$\sigma_{MAX}$  = Máxima tensão principal.

Fig = Figura.

N = Newton.

$\mu\text{m}$  = Micrômetros.

mm = Milímetros.

$\text{mm}^2$  = Milímetros ao quadrado.

E = Módulo de elasticidade.

$\nu$  = Coeficiente de Poisson.

% = Porcentagem.

MEV = Microscopia eletrônica de varredura.

MET = Microscopia eletrônica de transmissão.

MDP = Monômero hidrofílico (10-ácido fosfórico metacrilóiloxidecametileno).

UTS = Carga de Ruptura. (do inglês Ultimate tensile strength)

RU = Resistência de união.

---

## SUMÁRIO

### Sumário

<b>1. Introdução</b> .....	28
<b>2. Proposição</b> .....	32
<b>3. Material e Método</b> .....	34
<b>4. Resultados</b> .....	41
4.1 Dentina peritubular e dentina intertubular .....	41
4.2 Camada de adesivo .....	41
4.3 Camada Híbrida .....	42
<b>5. Discussão</b> .....	49
<b>6. Conclusão</b> .....	54
Referências:.....	56
<b>Anexo</b> .....	63

## 1. Introdução

A eficiência do sistema adesivo sobre dentina depende principalmente da retenção micromecânica promovida pelo condicionamento ácido do substrato dentinário, permitindo a penetração de monômeros resinosos hidrofílicos por entre as fibras de colágeno formando um biopolímero, a camada híbrida de adesão (CH), e, eventualmente, prolongamentos resinosos (TAG). Para responder a estes requisitos existem duas estratégias: técnica úmida e a técnica autocondicionante [1, 2, 3].

A “técnica úmida de adesão”, ou “etch & rinse protocol”, é empregada com os adesivos dos sistemas convencionais. A característica da CH formada por estes sistemas evidencia a formação de uma CH com espessura entre 4.2 e 7.4  $\mu\text{m}$ , com padrão regular e uniformemente distribuído de prolongamentos resinosos (TAGs) em sua superfície. Os TAGs possuem comprimento relativamente longo (25  $\mu\text{m}$ ), com um aspecto de funil, observando-se várias ramificações laterais, como demonstrado através de estudos com microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia eletrônica de transmissão (MET) para o sistema adesivo Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, St Paul, USA) [4, 5].

No entanto, a técnica úmida pode ser considerada uma técnica crítica e muito sensível, pois a dentina demasiadamente seca promove o colapso das fibras colágenas desmineralizadas e permite baixa difusão dos monômeros entre as fibras dificultando a formação de uma CH funcionalmente adequada. Por outro lado, a presença excessiva de umidade pode provocar a degradação do polímero de resina da CH pela absorção de água provocada pelo monômero hidrofílico (hidrólise) [6, 7].

Os sistemas autocondicionantes, denominados de “self-etch”, foram introduzidos no mercado odontológico com a intenção de controlar a sensibilidade da técnica úmida e simplificar os procedimentos clínicos de aplicação do adesivo [8].



---

Os sistemas adesivos autocondicionantes de 2 frascos (um frasco com primer-ácido e outro frasco com resina hidrofóbica) são menos ácidos e menos agressivos ao substrato dental [9, 10], podendo alterar a “smear layer”, formando CH delgadas com 0,5 a 1,2  $\mu\text{m}$  de espessura [5, 11]. Para este sistema, os TAGs formados são curtos (16  $\mu\text{m}$ ) e estreitos [5, 12], podendo ser observada a presença de “smear plug” na abertura dos túbulos [11], limitando a hibridização da dentina peritubular. Entretanto, apesar de formar CH delgada, este sistema adere quimicamente ao substrato dentinário pelas ligações iônicas entre o monômero e os íons cálcio da hidroxiapatita, a exemplo do Clearfil SE Bond (Kuraray Medical Inc, Tokyo, Japan) a base de monômero hidrofílico MDP (10-ácido fosfórico metacrilóiloxidecametileno), cujos valores de resistência de união tem se mostrado semelhantes aos sistemas convencionais [13, 14, 15, 16, 17].

Apesar do aprimoramento dos sistemas adesivos, estes ainda apresentam incidência de falhas, sejam dos tipos mista, adesiva ou coesiva [18, 19, 20, 21], sendo que, alguns estudos envolvendo ensaios de tração, cisalhamento convencional ou micromecânicos não apontam o plano exato onde a falha ocorre [22, 23, 24].

O uso do método dos elementos finitos (MEF) permite observar o comportamento mecânico da estrutura dental em detalhes, analisar quantitativa e qualitativamente a tensão e sua distribuição [25, 26, 27], bem como qual sistema pode favorecer a redução das tensões na interface D/A.

A respeito dos estudos envolvendo o MEF na análise da interface dentina – adesivo (D/A), são prevalentes os estudos bidimensionais que investigam a influência do módulo de elasticidade na propagação de falhas adesivas pela CH considerando a adesão dos TAGs na parede do canal dentinário imperfeita [28, 29, 30]. Outro estudo bidimensional analisou a variação da espessura da CH e do comprimento dos TAGs no

túbulo dentinário, desconsiderando a influência das ramificações laterais do adesivo na distribuição interna das tensões [31].

Entretanto, a literatura não apresenta dados sobre a representação numérica da interface D/A através de modelos tridimensionais comparando os sistemas adesivos convencional e autocondicionante. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi comparar o comportamento mecânico do sistema adesivo convencional, com ou sem a presença das ramificações laterais, e do sistema autocondicionante, com ou sem a presença de TAGs, no método dos elementos finitos tridimensional diante de carregamento vertical em tração.

## **2. Proposição**

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise micromecânica tridimensional da distribuição interna das tensões na interface D/A através do MEF comparando um sistema adesivo convencional e um sistema adesivo autocondicionante, variando:

- Presença das ramificações laterais no interior dos túbulos dentinários para o sistema convencional - Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, St Paul, USA).
- Presença de TAG no interior dos túbulos dentinários para o sistema autocondicionante - Clearfil SE Bond (Kuraray Medical Inc, Tokyo, Japan).

### 3. Material e Método

Para realização deste estudo um espécime de dentina restaurado com resina composta (RC) (41x41x82  $\mu\text{m}$ ) (Figuras 1 e 2) foi elaborado no programa de modelagem sólida Solidworks 2007 (SolidWorks Corporation, Concord, MA, USA) [29, 31]. As dimensões de cada estrutura foram obtidas através da literatura específica, bem como as propriedades mecânicas necessárias para considerar o estudo linear, isotrópico e linearmente elástico (Tabela 1).

Baseado neste espécime, quatro modelos geográficos foram confeccionados:

- Modelo 1 (Mc) - representação de um espécime em dentina restaurado com RC, camada de adesivo (A) com 8  $\mu\text{m}$  de espessura, CH com 4  $\mu\text{m}$  de espessura, TAGs de 19  $\mu\text{m}$  de comprimento, dentina peri-tubular, dentina intertubular parcialmente desmineralizada, dentina intertubular, conteúdo intratubular e túbulo dentinário, conforme estabelecido para o Scotchbond Multipurpose (3M ESPE, St Paul, USA)(31).
- Modelo 2 (Mr) - idêntico ao Mc, com a representação das ramificações laterais na camada de adesivo em contato com os túbulos dentinários.
- Modelo 3 (Ma) – idêntico ao Mc, com a camada de adesivo de 6  $\mu\text{m}$  de espessura, CH com 1  $\mu\text{m}$  de espessura, e “smear plug”, conforme estabelecido para o Clearfil SE Bond (Kuraray Medical Inc, Tóquio, Japan).
- Modelo 4 (Mat) – idêntico ao Ma, com a presença de TAGs com 17  $\mu\text{m}$  de comprimento.

O infiltrado adesivo por entre as fibras colágenas (TAG e ramificação lateral) foi considerado em total e em íntima relação com as estruturas adjacentes e subjacentes, com módulo de elasticidade de 5 GPa [29].

---

A respeito do grau de rigidez das estruturas, o módulo de elasticidade da dentina peritubular foi de 28,6 GPa e dentina intertubular de 20 GPa. Entretanto, próximo à interface da CH, o módulo de elasticidade da dentina é menor em função do condicionamento ácido, sendo estimado em 13 GPa [29]. Devido a isso, foi criada uma camada de 4  $\mu\text{m}$  de dentina intertubular abaixo da CH para o Mc e Mr, estratificada em 4 subcamadas, com 1  $\mu\text{m}$  de espessura cada. Para a primeira camada, o E adotado foi de 4 GPa, com 3 GPa para a segunda, 2 GPa para a terceira, e 1 GPa para a quarta camada [29].

Para os modelos Ma e Mat, somente uma CH com 1  $\mu\text{m}$  de espessura foi estabelecida, com E de 4GPa, com a intenção de simular o sistema adesivo autocondicionante, que apresenta menor espessura de CH quando comparado ao sistema convencional [4, 5, 11]. O Ma simulou a camada de adesivo incorporada à camada de “smear layer” com a manutenção do “smear pulg”, com 1  $\mu\text{m}$  de espessura [12]. Já o Mat apresentou-se idêntico ao Ma, com a presença de TAGs mais finos em relação ao sistema adesivo convencional com 17  $\mu\text{m}$  de espessura [12].

Elementos tetraédricos foram utilizados para a geração da malha de elementos finitos, cujo refinamento foi guiado pela convergência da análise (6%) [32]. A base de todos os modelos foi fixada nas direções x, y e z.( Fig 1).

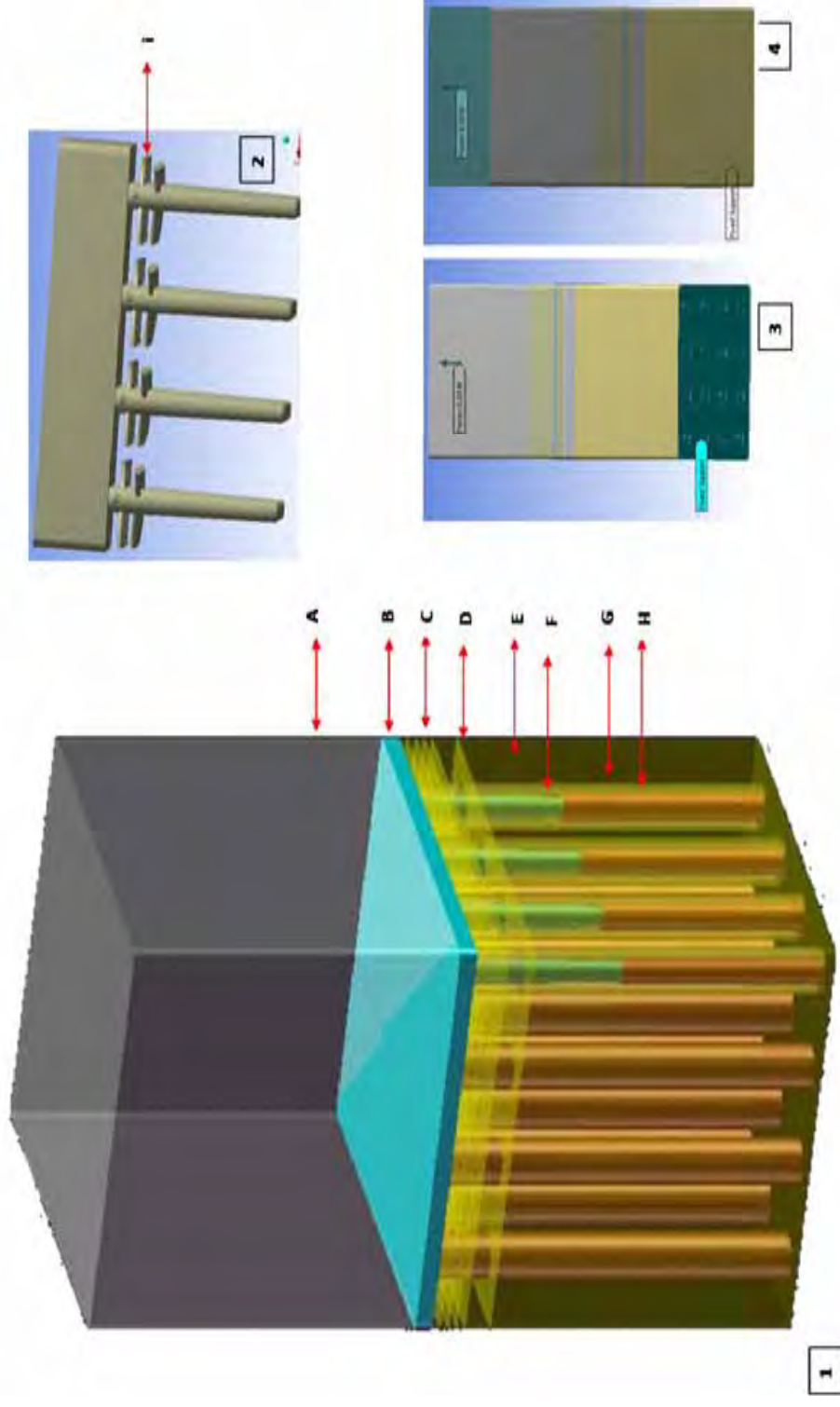
Para a definição do carregamento, um macro espécime em dentina, em forma de ampulheta, e restaurado com RC, com 4x2 mm de dimensão, e interface adesiva com área de 1,1mm<sup>2</sup>, foi construído para gerar na interface adesiva uma tensão equivalente a 46 MPa, após 20N de carregamento em tração no topo da resina composta [33]. Levando em consideração a relação entre a área de superfície, a força aplicada e a tensão obtida entre o macro modelo em forma de ampulheta e os micro-modelos do

presente estudo, um carregamento vertical e distribuído, em tração, com valor de 0,03N foi determinado para aplicação no topo da resina composta (Fig 2).

Para a análise numérica dos modelos, utilizou-se o programa de elementos finitos ANSYS Workbench 10.0 (Swanson Analysis System, Canonsburg, PA, USA).

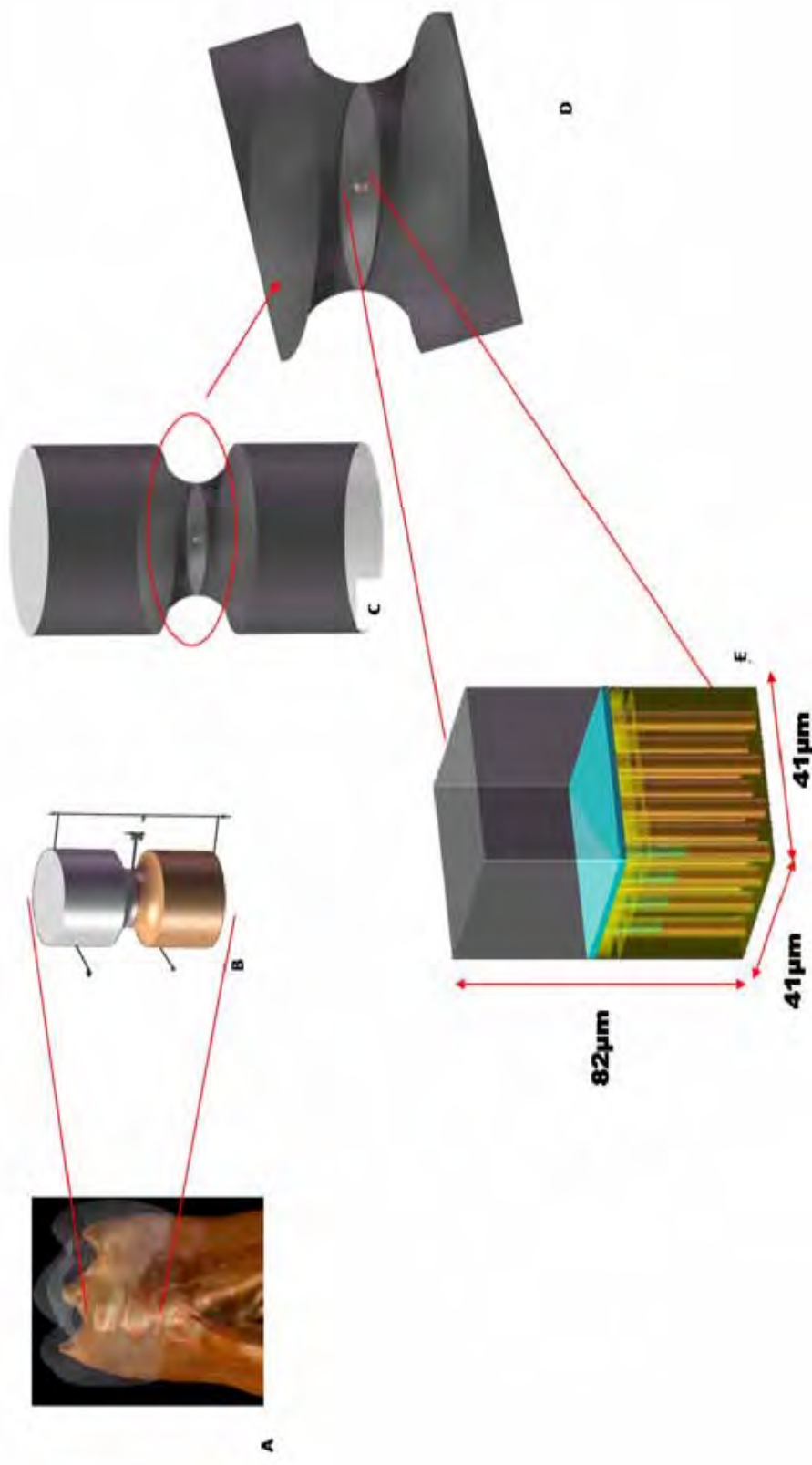
Tabela 1- Dimensões e propriedades mecânicas dos modelos estudados.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>Módulo de elasticidade (GPa)</b>	<b>Coefficiente de Poisson</b>	<b>DIMENSÕES (µm)</b>	<b>AUTORES</b>
<b>Base do espécime</b>			41	-
<b>Altura do espécime</b>			82	-
<b>Resina Composta</b>	30	0.3	41	[25,29]
<b>Abertura do túbulo</b>			2.5	[34]
<b>TAGs</b>	5	0.28	<u>19</u> 17	[25, 35, 36]
<b>Ramificações Laterais</b>	5	0.3	1.2	[36]
<b>Dentina intertubular remanescente</b>	20	0.3	36	[25, 29]
<b>Dentina intertubular Parcialmente desmineralizada</b>	13	0.3	3	[25, 29]
<b>Dentina peritubular</b>	28.6	0.3	41	[29]
<b>Camada Adesivo Dentinário</b>	5	0.3	6	[25, 29]
<b>Camada Híbrida</b>	4	0.28	1	[25, 29]
		0.28	1	[25, 29]
		0.28	1	[25, 29]
		0.28	1	[25, 29]
<b>Polpa</b>	0.002	0.3	<u>27</u> 25	[31, 37]
<b>Smear plug</b>	1	0.28	2,5 x 1,0	[25]



**Figura 1** – Visão do espécime em dentina: 1A - RC; 1B - camada de adesivo; 1C - CH; 1D- dentina intertubular parcialmente desmineraliza; 1E - dentina intertubular; 1F - TAG; 1G - túbulo dentinário; 1H - conteúdo intratubular 2 - ramificações laterais do adesivo; 3 – base fixada como condição de contorno; 4 - carregamento, em tração, aplicado no topo da RC.





**Figura 2** - Em A, representação de um dente 1º molar maxilar humano; B – espécime em dentina restaurada com RC no formato de ampulheta, com dimensão de 4x2mm; C – micro espécime retirado do interior do espécime em ampulheta, fundamentando as dimensões dos modelos citados no presente estudo; em D - visão aproximada do micro espécime; E – dimensões finais do micro-modelo.

---

## 4. Resultados

Os resultados foram analisados sob o critério da máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), pois esta atua como um bom índice para identificar falhas que podem se iniciar de pequenos defeitos [29].

A dentina peritubular, intertubular, a camada de adesivo, e a CH foram analisadas individualmente (Gráfico 1).

### 4.1 Dentina peritubular e dentina intertubular

Em todos os modelos analisados, a concentração da  $\sigma_{MAX}$  localizou-se na porção superior da dentina peritubular próxima à CH, sendo que o Mr concentrou maior  $\sigma_{MAX}$  (156,33 MPa), seguido dos modelos Mc (109,22 MPa), Ma (72,57 MPa) e Mat (57,18 MPa) (Fig 3).

Para a dentina intertubular intacta, à semelhança da dentina peritubular, o Mr apresentou maior  $\sigma_{MAX}$  (55,2 MPa), seguido do modelo Mc (55MPa), Ma (54,4 MPa), Mat (54,3 MPa). A máxima concentração de tensão localizou-se na base do espécime dental (Fig 4).

No entanto, a  $\sigma_{MAX}$  na dentina intertubular parcialmente desmineralizada localizou-se próximo à CH, com o Mc apresentando a maior  $\sigma_{MAX}$  (59,5 MPa), seguido dos modelos Mr (55,2 MPa), Ma (23 MPa) e Mat (21 MPa) (Fig 4).

### 4.2 Camada de adesivo

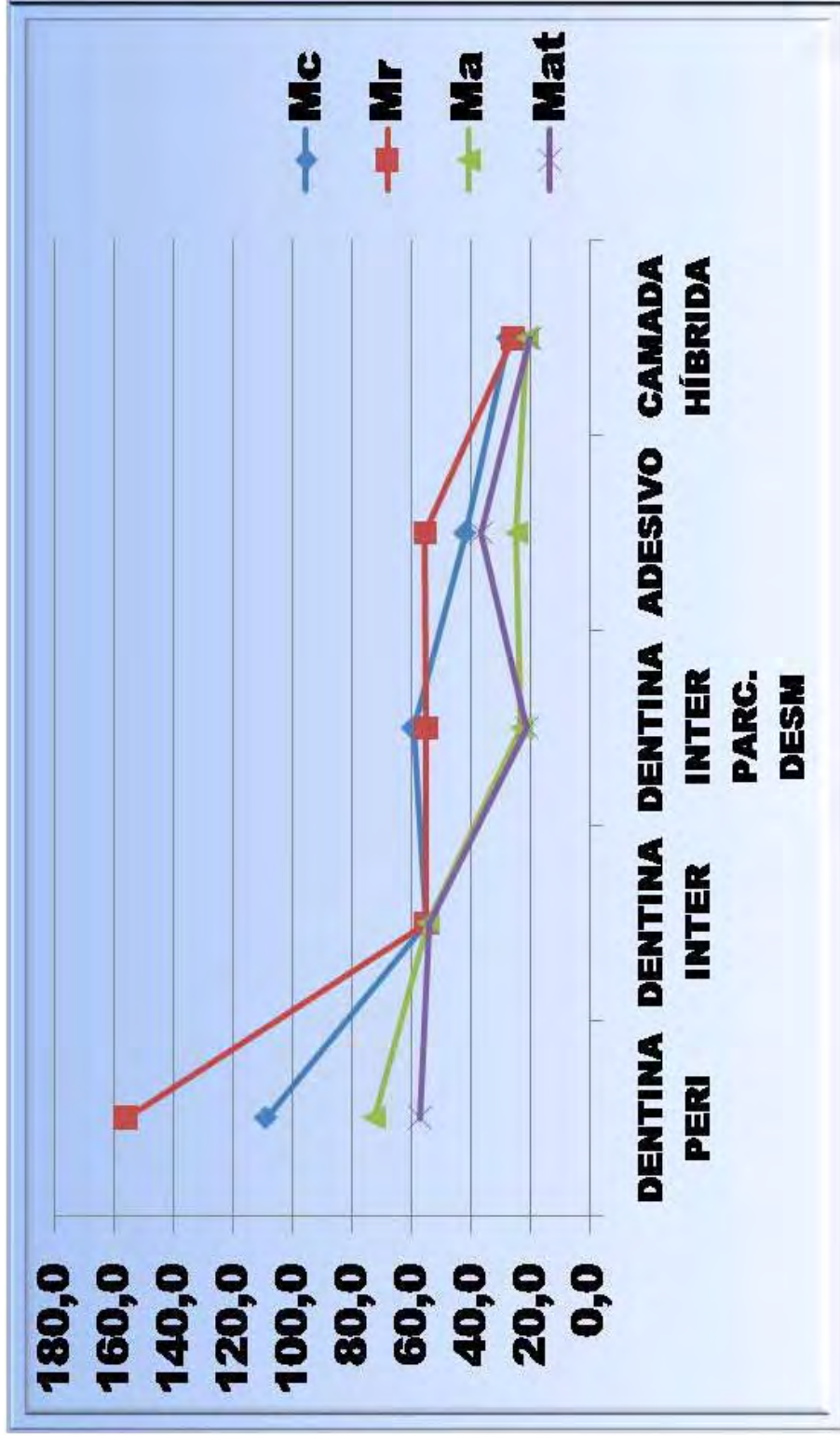
Semelhante à dentina peritubular, o pico de  $\sigma_{MAX}$  para a camada de adesivo ocorreu próximo à CH, com o Mr apresentando a maior  $\sigma_{MAX}$  (55,5 MPa), seguido do Mc (41,8 MPa), Mat (36,5MPa) e Ma (24,6 MPa) (Fig 5).

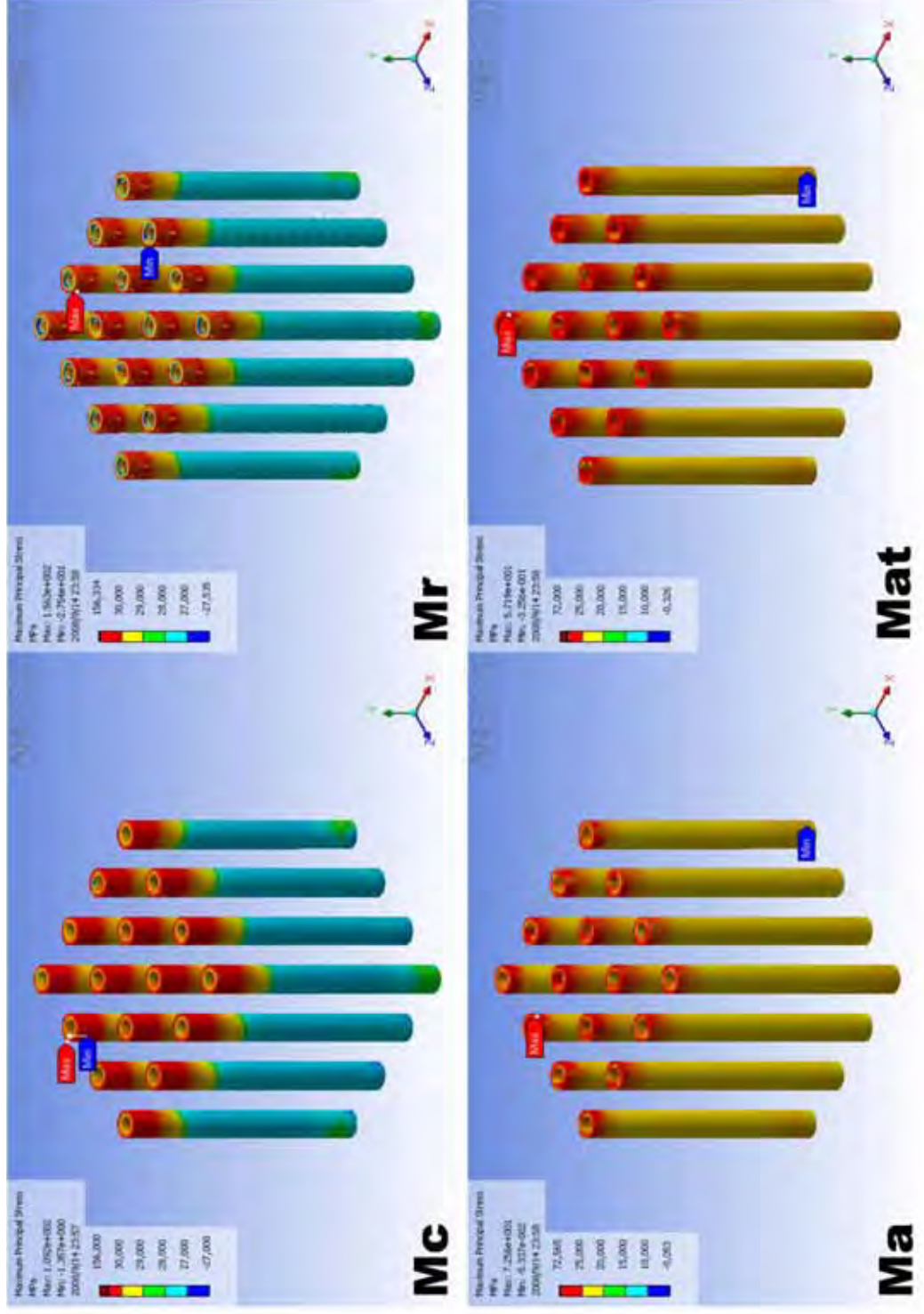
---

### 4.3 Camada Híbrida

A CH foi a estrutura que apresentou as menores tensões dentre todas as estruturas analisadas. O pico da  $\sigma_{MAX}$  localizou-se na parte superior da CH em contato com a camada de adesivo, com valores entre 19,8 MPa a 27,4 MPa sendo: Mc (27,4 MPa), Mr (25.8 MPa), Ma (21 MPa) e Mat (19.8 MPa) (Fig 6).

Gráfico 1 - Valor da  $\sigma_{MAX}$  para estruturas individualizadas, em MPa, para todos modelos estudados.





**Figura 3** – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a dentina peritubular, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat.

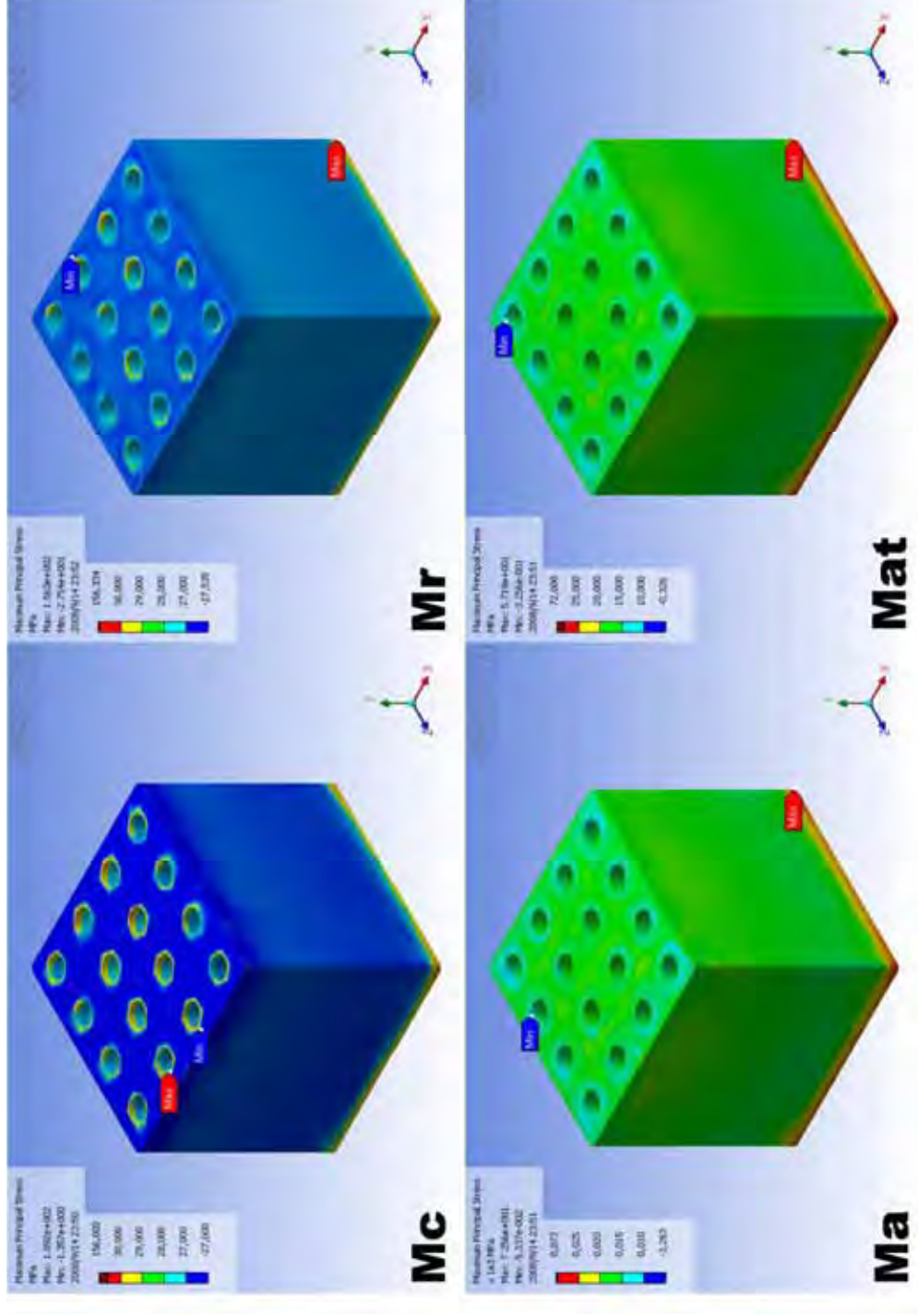


Figura 4 – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a dentina intertubular, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat.



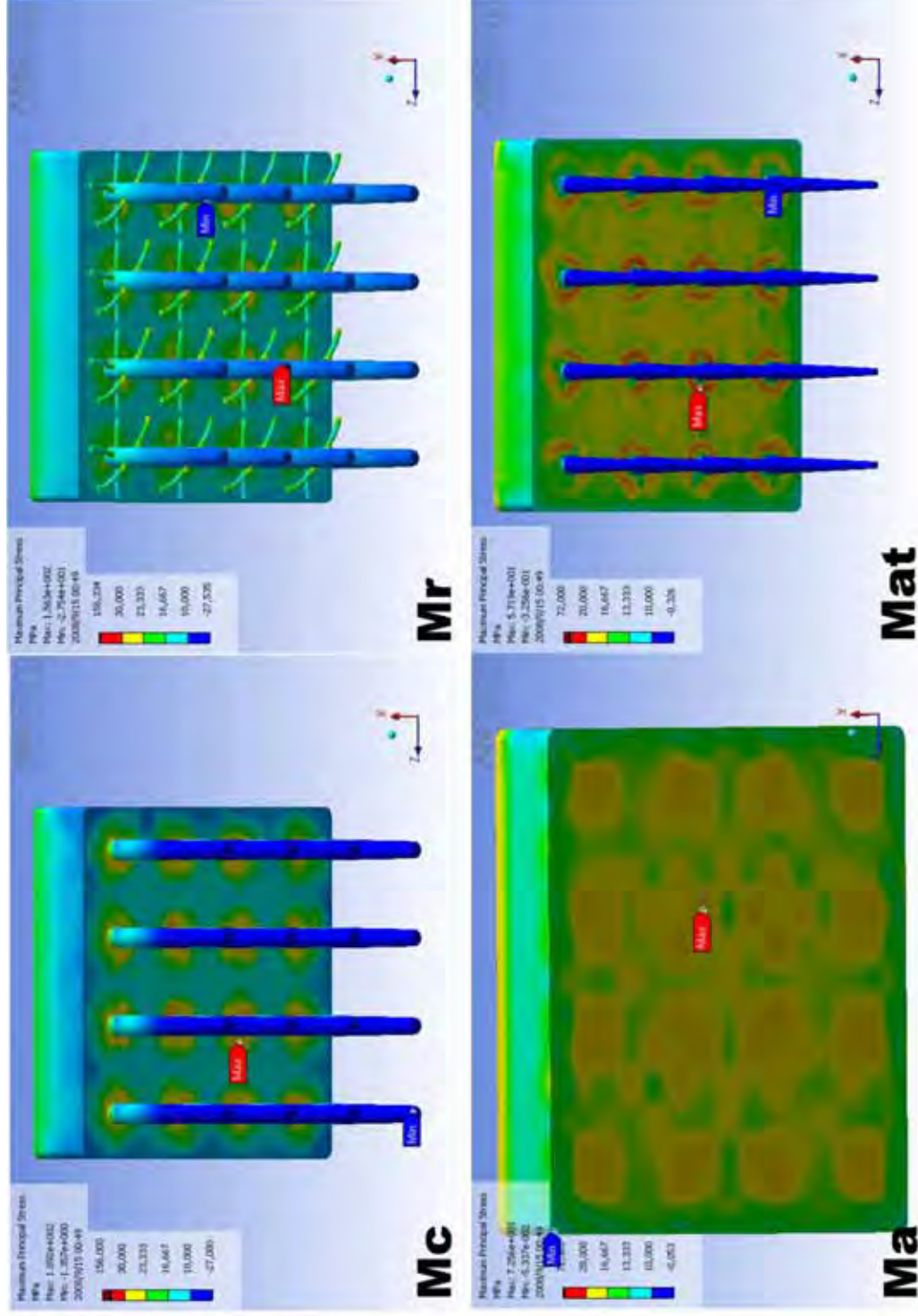


Figura 5 – Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a camada de adesivo, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat.

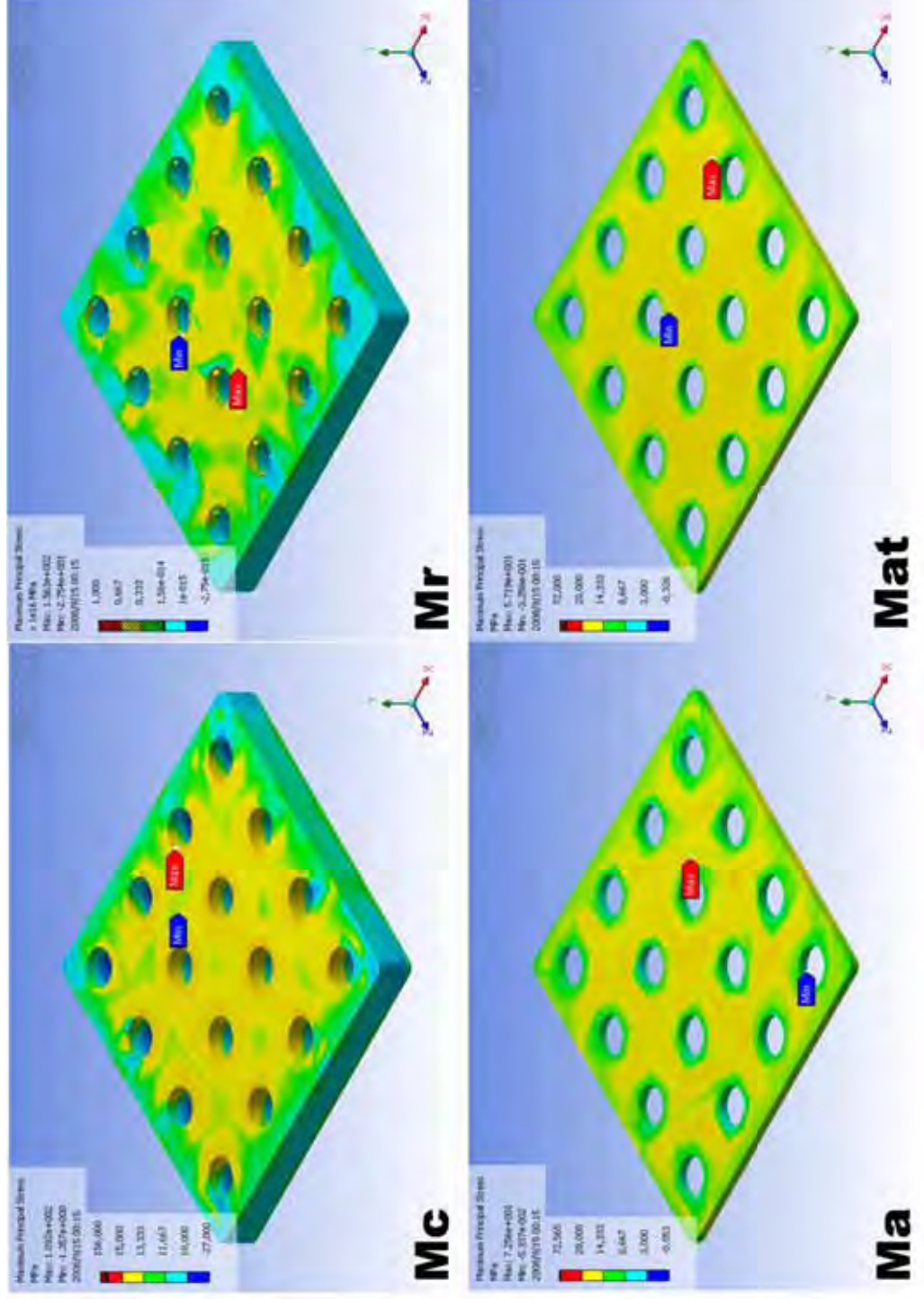


Figura 6– Máxima tensão principal ( $\sigma_{MAX}$ ), em MPa, para a camada híbrida, nos modelos Mc, Mr, Ma, Mat.



---

## 5. Discussão

Os ensaios de tração, cisalhamento convencional ou micromecânicos não permitem uma análise da dentina intertubular e peritubular separadamente. Observam-se, porém, que os valores de resistência à tensão máxima reportados pela literatura para a dentina profunda (49 a 120 MPa) encontram-se próximos dos valores obtidos neste estudo [38, 39, 40]. No entanto, mais importante que correlacionar os valores do presente estudo com o risco de falha estrutural, é entender a dinâmica de distribuição das tensões nas estruturas da interface adesiva, interpretando individualmente o comportamento mecânico da dentina peritubular e intertubular, frente aos sistemas adesivos utilizados neste estudo e suas variáveis.

Quando observados os valores de  $\sigma_{MAX}$  para a dentina peritubular, comparando os modelos do sistema convencional (Mc e Mr), notou-se uma alteração nos valores de tensão da ordem de 43%. Esta alteração foi influenciada pela presença das ramificações laterais do adesivo no Mr, que neste estudo foi considerado com adesão perfeita às estruturas adjacentes. Este dado pode ser explicado pelo aumento da área retentiva micromecânica, como demonstrado para o sistema adesivo convencional em diferentes profundidades de dentina através de cálculos matemáticos [41], porém, divergindo dos estudos laboratoriais que consideram as ramificações laterais dos túbulos dentinários apenas com uma forma de permeabilidade dentinária, com pouca relevância para a capacidade retentiva da CH, devido ao seu baixo valor de união [42, 43].

Para o sistema autocondicionante (Ma e Mat), observaram-se valores de  $\sigma_{MAX}$  próximos entre si, indicando que a presença dos TAGs não alterou a  $\sigma_{MAX}$  na dentina peritubular de forma diferenciada. Embora o Ma apresente valor de tensão maior que o Mat, Lohbauer et al [44], em 2008, demonstrou, em estudo laboratorial,

---

que a formação de TAG no sistema autocondicionante não contribui para a adesão à dentina, uma vez que apresenta baixos valores de resistência a união (RU).

Quando comparado a  $\sigma_{MAX}$  da dentina peritubular entre os sistemas convencional e autocondicionante (Mc e Mat), observou-se uma diferença da ordem de 52% nos valores de tensão do sistema convencional, com valores maiores em relação ao sistema autocondicionante. Esta diferença de valores pode ser explicada pela menor espessura da CH produzida pelos sistemas autocondicionantes. A influência da espessura da CH e o aumento de tensão na dentina peritubular envolvendo o MEF estão concordes com os dados obtidos em estudos prévios [29, 31] onde a tensão na dentina peritubular aumenta quando a espessura da CH é aumentada.

Com relação à dissipação das forças na dentina peritubular que ocorreu no sentido apical, esta reforça a influência do módulo de elasticidade das estruturas, em que a força é dissipada da estrutura com maior módulo de elasticidade para de menor módulo [26] [tabela 1].

O comportamento da distribuição da tensão na interface D/A para a dentina intertubular foi semelhante à distribuição de tensão na dentina peritubular. Ressalta-se que umas das regiões de maior interesse para a análise foi a área de dentina intertubular subjacente à CH, onde ocorreu concentração de tensão próximo à dentina intertubular, por ser uma área de provável ocorrência de falhas coesivas próxima aos os túbulos dentinários [45, 46].

A CH não foi influenciada pela presença da ramificação lateral do adesivo no sistema convencional, e nem pela presença de TAGs no sistema autocondicionante (Fig 6). Porém, a distribuição de tensão para a dentina intertubular ocorreu de forma

---

concentrada no sistema convencional, e de forma difusa para o sistema autocondicionante, devido ao aumento da espessura da CH, como já discutido anteriormente.

Quando analisados os valores de  $\sigma_{MAX}$  para a CH e comparados com os valores para a carga de ruptura (UTS), observamos que os valores de  $\sigma_{MAX}$  encontrados no sistema convencional ( $M_c = 27.4$  MPa;  $M_r = 25.8$  MPa) encontraram-se próximos aos valores para estabelecer a falha estrutural reportados pela literatura, entre 20 e 30 MPa [40]. O pico da  $\sigma_{MAX}$  para o  $M_r$  localizou-se nas ramificações laterais, o que novamente evidência a influência das ramificações laterais no aumento da  $\sigma_{MAX}$ , pois não há relatos na literatura sobre a influência das ramificações laterais na distribuição das tensões envolvendo o MEF.

Estudos evidenciaram a superfície da CH próxima à camada de adesivo como a área para possíveis falhas coesivas e adesivas (38, 47) com valores de UTS e RU entre 19 e 38 MPa para o sistema convencional [6, 10, 16, 19, 45, 48] e entre 18 e 27 MPa para o sistema autocondicionante [10, 16, 19, 45]. O presente estudo aponta a camada de adesivo como a região de provável falha estrutural, por apresentarem valores de  $\sigma_{MAX}$  acima do reportado pela literatura (gráfico 1). Porém não existe um consenso na terminologia das falhas no que se refere à localização, no entanto, a maioria dos estudos [6, 10, 16, 19, 45, 48] demonstra através de imagens por microscopia eletrônica ou de varredura a região da camada do adesivo em contato com substrato dental como local de falhas, a semelhança do presente trabalho.

Observou-se que o sistema convencional produziu maiores tensões em comparação com o sistema autocondicionante, porém, não é possível afirmar que um sistema adesivo é mais efetivo que o outro, uma vez que, a literatura também reporta

através de teste micromecânicos valores UTS próximos aos encontrados neste estudo para a camada de adesivo [10, 19]. Além disso, os dados envolvendo ensaios de RU ainda mostram-se controversos em relação ao melhor desempenho para o sistema convencional ou para o autocondicionante [2, 13, 14, 15, 16, 17, 47, 49].

A dinâmica da distribuição das tensões no presente estudo, através de modelos tridimensionais analisados no MEF, possibilitou a imediata visualização da  $\sigma_{MAX}$ , assim como a área para a provável falha estrutural, no caso, a camada de adesivo. Uma vez que estudos laboratoriais apontam a presença de ramificações laterais do adesivo apenas como uma forma de permeabilidade dentinária e com baixo valor de união, as perspectivas futuras de trabalhos com modelos de comportamento não linear, e cada vez mais refinados em relação ao modelo físico, podem trazer dados adicionais aos aqui apresentados, agregando informações importantes ao estudo da adesão dentinária.

## 6. Conclusão

- ✓ A presença de ramificações laterais aumentou a concentração de tensão no sistema convencional.
- ✓ A presença de TAG no sistema autocondicionante promoveu pequena alteração nos valores de  $\sigma_{MAX}$ .
- ✓ O estudo demonstrou menor  $\sigma_{MAX}$  para o sistema autocondicionante em comparação ao sistema convencional.
- ✓ A dentina peritubular foi a estrutura com maior  $\sigma_{MAX}$  em todos os modelos analisados.

---

Referências:

- 1) Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 2003; 28(3):215–35.
- 2) Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*, 2005; 21(9):864–881.
- 3) Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 2007; 28(26):3757-85.
- 4) Ferrari M, Davidson CL. In vivo resin-dentin interdiffusion and tag formation with lateral branches of two adhesive systems. *J Prosthet Dent*, 1996; 76(3):250-3.
- 5) Arrais CAG, Giannini M. Morphology and thickness of the diffusion of resin through demineralized or unconditioned dentinal matrix. *Pesqui Odontol Bras*, 2002; 16(2): 115-120.
- 6) Hashimoto M, Ohno K, Endo K, Kaga M, Sano H, Ogushi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of hybrid layer. *Dent Mater*, 2000; 16(6): 406-411.
- 7) Hashimoto M, Tay FR, Svizero NR, GEE AJ et al. The effects of common erros on sealing ability of total-etch adhesives. *Dent Mater*, 2006; (22): 560-568.
- 8) Sundfeld RH, Valentino TA, Alexandre RS, Briso ALF, Sundefeld MLMM. Hybrid layer thickness and resin tag length of a self-etching adhesive bonded to sound dentin. *J Dent*, 2005; 33(8):675-681.

- 
- 9) Pashley DH, Tay FR. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater*, 2001; 17(5):430–444.
  - 10) Reis A, Grandi V, Carlotto L, Bortoli G, Patzlaff R, Accorinte MLR, Loguercio AD. Effect of smear layer thickness and acidity of self-etching solutions on early and long-term bond strength to dentin. *J Dent*, 2005; 33(7):549–559.
  - 11) Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems I: depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater*, 2001; 17(4):296–308.
  - 12) Kenshima S, Francci C, Reis A, Loguercio AD, Rodrigues Filho LE. Conditioning effect on dentin, resin tags and hybrid layer of different acidity self-etch adhesives applied to thick and thin smear layer. *J Dent*, 2006; 34(10):775-783.
  - 13) Kwong SM, Cheung GSP, Kei LH, Itthagarun A, Smales RJ, Tay FR, et al. Micro-tensile bond strength to sclerotic dentin using self-etching and a total-etching technique. *Dent Mater*, 2002; 18(5):359-369.
  - 14) Yoshida Y, Nagakane K, Fukuda R, Nakayama Y, Okazaki M, Shintani H, et al. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res*, 2004; 83(6):454-458.
  - 15) Waidyasekera PGK, Nikaido T, Weerasinghe DDS, Tagami J. Bond of acid etch and self-etch adhesives to human fluorosed dentin. *J Dent*, 2007; 35(12):915-922.

- 
- 16) Susin AH, Vasconcellos WA, Saad JRC, Oliveira Junior OB. Tensile bond strength of self-etching versus total-etching adhesive systems under different dentinal substrate conditions. *Braz Oral Res*, 2007; 21(1): 81-86.
  - 17) Vaidyanathan J, Vaidyanathan TK, Kerrigan JE. Evaluation of intermolecular interactions of self-etch dentin primer molecules with type 1 collagen: computer modeling and in vitro binding analysis. *Acta Biomater*, 2007; 3(5): 705-714.
  - 18) Tanumiharja M, Burrow MF, Tyas MJ. Microtensile bond strength of seven dentin adhesive systems. *Dent Mater*, 2000; 16(3):180-187.
  - 19) Bouillaguet S, Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin C, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent*, 2001; 29(1):55-61.
  - 20) Kinney JH, Marshall SJ, Marshall GW. The mechanical properties of human dentin: A critical review and re-evaluation of the dental literature. *Crit Rev Oral Biol Med*, 2003; 14(1): 13-29.
  - 21) Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, Dorigo ES. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*, 2008; 24(1):90-101.
  - 22) Jacques P, Hebling J. Effect of dentin conditioners on the microtensile bond strength of a conventional and self-etching primer adhesive system. *Dental Materials* 2005;(21):103-119.
  - 23) Landuyt KLV, Kanumilli P, De Munck M, Peumans M, Lambrechts P, Meerbeek BV. Bond strength of mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *Journal of Dentistry* 2006;34:77-85



- 
- 24) Uekusa S, Tsubota K, Tonegawa M, Tsushiya H, Iwasa M, Kawamoto R, et al. Microtensile bond strengths of single step self-etch adhesive systems to bovine dentin. *Journal of Oral Science* 2007; 49:183-9.
- 25) Le SY, Chiang HC, Huang HM, Shih YH, Chen HC, Dong DR, et al. Thermo-debonding mechanisms in dentin bonding systems using finite element analysis. *Biomaterials*, 2001; 22:113-123
- 26) Ausiello P, Apicella A, Davidson CL. Effect of adhesive layer properties on stress distribution in composite restorations-a 3D element analysis. *Dent Mater*, 2002; 18:2002.
- 27) Santis RD, Mollica F, Prisco D, Rengo S, Ambrosio L, Nicolais L. A 3D analysis of mechanically stressed dentin-adhesive-composite interfaces using X-ray micro-CT *Biomaterials*, 2005; 26: 257-270.
- 28) Van Noort R, Cardew GE, Howard IC, Noroozi S. The effect of local interfacial geometry on the measurement of the tensile strength to dentin. *J Dent Res*, 1991; 70(5):889-893.
- 29) Misra A, Spencer P, Marangos O, Wang Y, Katz JLA. Micromechanical analysis of dentin/adhesive interface by the finite element method. *J Biomed Mater Res*, 2004; 70(1):56-65.
- 30) Misra A, Spencer P, Marangos O, Wang Y, Katz JL. Parametric study of the effect of phase anisotropy on the micromechanical behavior of dentin-adhesive interfaces. *J R Soc Interface* 2005; 2(3):145-57.
- 31) Anchieta RB, Rocha EP, Ko CC, Sundfeld RH, Martin Junior M, Archangelo CM. Localized mechanics of dentin self etching adhesive system. *J Appl Oral Sci*, 2007; 15(4):321-6.

- 
- 32) Huang HL, Hsu JT, Fuh LJ, Tu MG, Ko CC, Shen YW. Bone stress and interfacial sliding analysis of implant designs on an immediately loaded maxillary implant: A non-linear finite element study. *Journal of Dentistry*, 2008; (36):409-417.
- 33) Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The effect of dentine location and tubule orientation on the bond strengths between resin and dentin. *Journal of Dentistry*, 1999; (27):265-274.
- 34) Nanci A. Ten Cate's oral histology. 6<sup>a</sup> ed. St Luis: Mosby; 2006.
- 35) Ito S, Hashimoto M, Wadgaonkar B, Svizero N, Carvalho RM, Yiu C, et al. Effects of resin hydrophilicity on water sorption and changes in modulus of elasticity. *Biomaterials*, 2005; 26(33):649–659.
- 36) Dourda AO, Moule AJ, Young WG. A morphometric analysis of the cross-sectional area of dentine occupied by dentinal tubules in human third molar teeth. *Int Endod J* 1994; 27(4):184- 189.
- 37) Seymour KG, Cherukava GP, Samarawickrama DYD. Stress within porcelain veneers and composite lute using different preparation designs. *J Prosthodontic* 2001; 10:16-21.
- 38) Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Russel, CM, Pashley DH. Tensile properties of resin-infiltrated demineralized human dentin. *J. Dent Res.* 1995; 74: 1093-1102.
- 39) Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dent Mater*, 1995;(11):117-125.
- 40) Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissues. Tokyo: Quintessence; 1998.

- 
- 41) Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Carvalho RM, Russell CM. Bond strength versus dentine structure: A modeling approach. *Archs Oral Biol*, 1995;40(12):1109-1118.
  - 42) Mjör IA, Nordahl I. The density and braching of dentinal tubules in human teeth. *Arch Oral Biol*, 1996; 41:401-412.
  - 43) Nakabayashi N, Hiranuma K. Effect of etchant variation on wet and dry dentin bonding primed with 4-META/acetone. *Dent Mater*, 2000; 16:274–279.
  - 44) Lohbauer U, Nikolaenko SA, Petschelt A, Frankenberger K. Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives. *J Adhes Dent* 2008; (10):97-103.
  - 45) Rocha PI, Borges AB, Rodrigues JR, Arrais CAG, Giannini M. Effect of dentinal surface preparation on bond strength of self-etching adhesive systems. *Braz Oral Res*, 2006; 20(1):52-58.
  - 46) Toledano M, Osorio R, Ceballos L, Fuentes MV, Fernandes CAO, Tay FR, et al. Microtensile Bond strength of several adhesive systems to different dentin depths. *American Journal of Dentistry*, 2003;16:292-8.
  - 47) Burrow MF, Harada N, Kitasako Y, Nikaido T, Tagami J. Seven-year dentin bond strengths of a total and self-etch sytem. *Eur J Oral Sci*, 2005; (113): 265-270.
  - 48) Cho BH, Dickens SH. Effects of acetone content of single solution dentin bonding agents on the adhesive layer thickness and the microtensile bond strength. *Dent Mater*, 2004;20:107-15.
  - 49) Gregoire G, Gugnes P, Millas A. Effect of self-etching adhesives on dentin permeability in a fluid flow model. *J Prosthet Dent*, 2005; 93(1):56-63.

---

**Anexo**

Normas de publicação para envio do artigo para revista Dental Materials

## DENTAL MATERIALS

---

Official Publication of the [Academy of Dental Materials](#)

### Guide for Authors

#### Guide for Authors

Authors are requested to submit their original manuscript and figures via the online submission and editorial system for Dental Materials. Using this online system, authors may submit manuscripts and track their progress through the system to publication. Reviewers can download manuscripts and submit their opinions to the editor. Editors can manage the whole submission/review/revise/publish process. Please register at:

<http://ees.elsevier.com/dema>.

Dental Materials now only accepts online submissions.

The Artwork Quality Control Tool is now available to users of the online submission system. To help authors submit high-quality artwork early in the process, this tool checks the submitted artwork and other file types against the artwork requirements outlined in the Artwork Instructions to Authors on [www.elsevier.com/artworkinstructions](http://www.elsevier.com/artworkinstructions). The Artwork Quality Control Tool automatically checks all artwork files when they are first uploaded. Each figure/file is checked only once, so further along in the process only new uploaded files will be checked.

#### Manuscripts

The journal is principally for publication of **Original Research Reports**, which should preferably investigate a defined hypothesis. Maximum length 6 journal pages (approximately 20 double-spaced typescript pages) including illustrations and tables.

**Systematic Reviews** will however be considered. Intending authors should communicate with the Editor beforehand, *by email*, outlining the proposed scope of the review. Maximum length 10 journal pages (approximately 33 double-spaced typescript pages) including figures and tables.

Three copies of the manuscript should be submitted: each accompanied by a set of illustrations. The requirements for submission are in accordance with the "Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals", *Annals of Internal Medicine*, 1977,126, 36-47. All manuscripts must be written in American English. Authors are urged to write as concisely as possible.

The Editor and Publisher reserve the right to make minimal

literary corrections for the sake of clarity. Authors for whom English is not the first language should have their manuscripts read by colleagues fluent in English. If extensive English corrections are needed, authors may be charged for the cost of editing. For additional reference, consult issues of *Dental Materials* published after January 1999 or the Council of Biology Editors Style Manual (1995 ed.).

All manuscripts should be accompanied by a *letter of transmittal*, signed by each author, and stating that the manuscript is not concurrently under consideration for publication in another journal, that all of the named authors were involved in the work leading to the publication of the paper, and that all the named authors have read the paper before it is submitted for publication.

**Always keep a backup copy of the electronic file for reference and safety.**

Manuscripts not conforming to the journal style will be returned. In addition, manuscripts which are not written in fluent English will be rejected automatically without refereeing.

### **Format**

#### *General*

- number all pages consecutively.
- type double-spaced on A4 or 8.5 x 11-inch bond paper, with margins of 30 mm.
- double-space references.
- indent or space paragraphs.
- arrange article in the following order: Title, Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, Conclusion, Acknowledgements, References, Tables, Figures, Captions.
- start each section on a separate page.

#### *Title page*

- Title (capitalize the first letter of the first word) e.g. Comparison of the color stability of ten new composites.
- Authors (first name, middle initial, surname) e.g. Kenneth J. Anusavice 1, Victoria Marker 2
- Authors' addresses (abbreviated) e.g.  
1 Department of Biomaterials, University of Florida, Gainesville, Florida, USA  
2 Department of Biomaterials Science, Baylor College of Dentistry, Dallas, Texas, USA
- Short Title (45 characters) e.g. Color stability of composites
- **Corresponding Author details (essential): Name, complete address, phone, fax, and E-mail numbers**

*Abstract* (structured format)

- 250 words or less.
- subheadings should appear in the text of the abstract as follows: Objectives, Methods, Results, Significance. (For Systematic Reviews: Objectives, Data, Sources, Study selection, Conclusions). The Results section may incorporate small tabulations of data, normally 3 rows maximum.

#### *Keywords*

Up to 10 keywords should be supplied e.g. dental material, composite resin, adhesion.

#### *Introduction*

This must be presented in a structured format, covering the following subjects, although actual subheadings should not be included:

- succinct statements of the issue in question;
- the essence of existing knowledge and understanding pertinent to the issue (reference);
- the aims and objectives of the research being reported relating the research to dentistry, where not obvious.

#### *Materials and methods*

- describe the procedures and analytical techniques.
- only cite references to published methods.
- include at least general composition details and batch numbers for all materials.
- identify names and sources of all commercial products e.g. "The composite (Silar, 3M Co., St. Paul, MN, USA)..."  
"... an Au-Pd alloy (Estheticor Opal, Cendres et Metaux, Switzerland)."
- specify statistical significance test methods.

#### *Results*

- refer to appropriate tables and figures.
- refrain from subjective comments.
- make no reference to previous literature.
- report statistical findings.

#### *Discussion*

- explain and interpret data.
- state implications of the results, relate to composition.
- indicate limitations of findings.
- relate to other relevant research.
- suggest directions for future research.

#### *Conclusion (if included)*

- must NOT repeat Results or Discussion
- must concisely state inference, significance, or consequences

#### *Acknowledgements*

As appropriate, e.g.:

"Based on a thesis submitted to the graduate faculty, University of Virginia, in partial fulfilment of the requirements for the M.S. degree."

"This investigation was supported in part by Research Grant DE 00000 from the National Institute of Dental Research, Bethesda, MD 20892."

*References* - must now be given **according to the following numeric system:**

Cite references in text in numerical order. Use square brackets: in-line, not superscript e.g. [23]. All references must be listed at the end of the paper, double-spaced, without indents. For example:

1. Moulin P, Picard B and Degrange M. Water resistance of resin-bonded joints with time related to alloy surface treatments. *J Dent*, 1999; 27:79-87.

2. Taylor DF, Bayne SC, Sturdevant JR and Wilder AD.

Comparison of direct and indirect methods for analyzing wear of posterior composite restorations. *Dent Mater*, 1989; 5:157-160.

Avoid referencing abstracts if possible. If unavoidable, reference as follows:

3. Demarest VA and Greener EH . Storage moduli and interaction parameters of experimental dental composites. *J Dent Res*, 1996; 67:221, Abstr. No. 868.

**Tables and figures**

All tables and figures must be thoroughly discussed in the text of the manuscript.

*Tables*

- one table to a page, each with a title.
- number tables in order of mention using Arabic numerals.
- must be able to "stand alone" apart from text.
- when appropriate, standard deviations of values should be indicated in parentheses; (do NOT use  $\pm$  notation).
- results of statistical analysis must be included, use superscript letters to indicate significant differences.
- for explanatory footnotes, use symbols (\*, #, \*\*, ##).

*Figures*

- Do not import the figures into the text file but, instead, indicate their approximate locations directly in the electronic text. Images to be supplied separately in jpg, gif or other graphics file.
- only black and white photographs for print publication.
- omit titles and other information contained in the figure caption.
- maximum of 6 figures per manuscript.
- figures grouped together should have similar dimensions and be labelled "a, b, c", etc.
- place magnification markers directly on the micrographs.
- authors should consider that the majority of figures will be

---

reduced to the width of a single column (approximately 85 mm). Preferably figures should exactly match, or be no more than 1.5 times that width.

- authors can indicate if they feel a figure should be full page width.

*Dental Materials* has been selected for inclusion in a new 'colourful e-products' workflow. Figures that appear in black and white in the printed version of the journal can be IN COLOUR, online, in ScienceDirect. Authors wishing to make use of this facility should ensure that 1. the artwork is in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and at the correct resolution 2. RGB colourspace is used and 3. for colour online and black and white in print, both colour and black and white artwork (file and/or hardcopy) is provided. **There will be no charges to the authors for colour figures online.**

#### *Graphs*

- unique, concise axis labels; do not repeat the Figure caption.
- uniform size for graphs of similar type.
- type size that will be easily read when the graph is reduced to one column width.
- lines that are thick and solid (100% black).

#### *Captions to tables and figures*

- list together on a separate page.
- should be complete and understandable apart from the text.
- include key for symbols or abbreviations used in Figures.
- individual teeth should be identified using the FDI two-digit system.

#### **General Notes on Text**

*Abbreviations and acronyms:* terms and names to be referred to in the form of abbreviations or acronyms must be given in full when first mentioned.

#### *Correct Usage*

- use S.I. units (International System of Units). If non-SI units must be quoted, the SI equivalent must immediately follow in parentheses.
- use correct symbols for  $\mu$ , L (as in  $\mu\text{m}$ , mL, etc.)
- put leading zeros in all numbers less than 1.0
- write out number of ten or fewer (ten rats) except when indicating inanimate quantities (10 mL)
- always use digits for dates, dimensions, degrees, doses, time, percentages, ratios, statistical results, measurements, culture cells, and teeth.
- the complete names of individual teeth must be given in the text.

#### **General Policy**

- receipt of manuscripts will be acknowledged.



- after initial review, authors will be notified of status.
- every effort is made to obtain timely reviews; please remember that the referees and the editor are volunteers.
- a list of revisions and responses to reviewers' critiques must accompany resubmitted revised manuscripts.

On Submission: Agreement, by the act of ticking a box, to the statement, "This paper has been compiled with the knowledge, input and approval of all the named authors."

On acceptance, authors will be required to sign a *transfer of copyright agreement*. If figures, tables, or other excerpts, are included from copyrighted works the author is responsible for obtaining written permission from the copyright holder prior to submitting the final version of the paper. Full credit must be given to such sources.

*Offprints and page charges*: no page charges are levied on articles published in *Dental Materials*. Each corresponding author receives 25 offprints of their article free of charge after it has been published; they will also have the opportunity to order additional copies.

**Submission Package Checklist:**

- *letter of transmittal* signed by all authors.
- One electronic copy of the manuscript.
- One electronic copy of each image and table, all labelled.

For further guidance on electronic submission, please contact Author Services, Log-In Department, Elsevier Ltd, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB, UK. E-mail: [authors@elsevier.co.uk](mailto:authors@elsevier.co.uk), fax: +44 (0)1865 843905, tel: +44 (0)1865 843900.