

Rodolfo Bruniera Anchieta

Sistemas adesivos autocondicionantes. Estudo micromecânico da interface de união através do método dos elementos finitos tridimensional.

ARAÇATUBA - SP
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Rodolfo Bruniera Anchieta

Sistemas adesivos autocondicionantes. Estudo micromecânico da interface de união através do método dos elementos finitos tridimensional.

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNESP, para a obtenção do Grau de “Mestre em Odontologia” – Área de Concentração em Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Adj. Eduardo Passos Rocha

Co-Orientador: Prof. Titular Renato Herman Sundfeld

ARAÇATUBA - SP

2010

Catálogo-na-Publicação

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

Anchieta, Rodolfo Bruniera
A539s Sistemas adesivos autocondicionantes. Estudo
micromecânico da interface de união através do método dos elementos
tridimensional / Rodolfo Bruniera Anchieta. - Araçatuba : [s.n.], 2010

70f. : il. ; tab.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Odontologia, Araçatuba, 2010

Orientador: Prof. Eduardo Passos Rocha

Coorientador: Prof. Renato Herman Sundfeld

1. Adesivos dentinários 2. Método dos elementos finitos
3. Dentina

Black D3
CDD 617.69

Dados Curriculares

Rodolfo Bruniera Anchieta

- Nascimento: 19.08.1985 – SÃO JOSÉ DO RIO PRETO
- Filiação: Geraldo Alves Anchieta Filho
Eugênia Luiza Lucas Bruniera Anchieta
- 2004-2007: Curso de Graduação em Odontologia
Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP
- 2007- 2007: Curso de Aperfeiçoamento em Periodontia
Associação Brasileira Odontologia – ABO
- 2009 – 2009: Curso de Atualização em Prótese sobre implante
Faculdade de Odontologia de Araçatuba-UNESP
Curso de Atualização em Prótese Sobre Implante
- 2009 – 2011: Especialização de Implantodontia
Centro de Odontologia Estética/ Sindicato dos Odontologistas da Região de São José do Rio Preto - SP
- 2008 – 2010: Mestrado em Odontologia, área de Prótese Dentária
Faculdade de Odontologia de Araçatuba - UNESP

Dedicatória

Dedicatória

Aos meus pais, Geraldo e Eugênia:

Pai e Mãe,

Obrigado por fazerem parte da minha vida e estarem sempre presentes em todos os momentos! Obrigado pelo amor, carinho, afeto, pelos ensinamentos e pela dedicação na minha criação e das minhas irmãs.

Obrigado pelos esforços diários e de uma vida inteira para me proporcionar a mais rica das heranças, o conhecimento e a oportunidade de estudar.

Vocês são exemplos de honestidade e perseverança e me orgulho muito de ser filho de vocês.

Desculpe se estive ausente neste tempo e se, às vezes, não consegui retribuir todo o amor que sinto por vocês.

As minhas irmãs, Marina e Leticia:

Má e Lê,

Obrigado por fazerem parte da minha vida! Agradeço vocês por estarem presentes em nossa família enquanto estive ausente neste período.

Obrigado pelo amor e incentivo.

A vocês dedico esta conquista

Amo muito vocês!

A Deus,

Companheiro fiel e inseparável.

Obrigada pela oportunidade de viver.

Obrigada por me mostrar os melhores caminhos.

Obrigada por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas.

Agradeço eternamente pela oportunidade de aprender todos os dias.

Agradecimentos

Especiais

Agradecimentos Especiais

Aos meus familiares, nas pessoas dos meus avós,

Werther e Nazira:

A vocês agradeço pelas palavras que me incentivaram em todos os momentos da minha vida. Pelos sábios ensinamentos que apenas os verdadeiros professores da vida podem ensinar!

Obrigado também pela companhia e amor. Vocês contribuíram e estiverem sempre presentes em toda minha formação!

“In Memoriam”

Avós Geraldo (avô Dino) e Nagib (avó Odete)

Muito obrigado por terem feito parte da minha vida! Serei sempre grato pelo carinho, amor, pelos incomparáveis momentos que passamos juntos, aos sábios ensinamentos transmitidos e aos incentivos nos estudos! Para mim Vocês sempre serão espelhos de como conduzir a vida!

Aos meus padrinhos, Tio Paulo e Tia Eloisa:

Obrigado pelos incentivos, orientações e educação transmitidos ao longo dos anos!

Ao meu orientador, Prof. Eduardo Passos Rocha:

Agradeço aos incentivos e cobranças que despertaram meu interesse, e modelaram meu senso crítico me motivando a ser diferente e a crescer profissionalmente!

Muito obrigado pelos ensinamentos, orientações, oportunidades únicas oferecidas e principalmente pela amizade e confiança criada nestes anos!

Ao Professor Renato Herman Sundfeld,

Agradeço pela confiança, amizade, pelo convívio e pelas oportunidades compartilhadas. Aos grandes ensinamentos científicos e principalmente aos maravilhosos ensinamentos sobre a vida! Admiro sua honestidade, sinceridade e dedicação!

Aos Amigos Murillo e Diego,

Pela amizade verdadeira e sincera e por todos estes anos de agradável convívio e companheirismo. Desejo há vocês muito sucesso profissional e realizações pessoais!

A minha namorada, Naiara Reis Gil,

Meu amor, obrigado pelo carinho, compreensão, nosso excelente convívio, por compartilhar comigo os momentos maravilhosos e difíceis. Pelas palavras de incentivo que dá forças para o dia-a-dia longe das pessoas que amamos. Agradeço aos seus pais por terem te colocado no mundo e a Deus por cruzar os nossos caminhos. Obrigado por tudo! Você é uma pessoa especial!

Te amo

*Assim como viver sem ter amor não é viver,
Não há você sem mim e eu não existo sem você...*

Tom Jobim e Vinicius de Moraes

Agradecimentos

A minha sincera gratidão. . .

À Faculdade de Odontologia de Araçatuba – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. **Pedro Felício Estrada Bernabé** pela oportunidade da realização deste curso de pós-graduação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, na pessoa de seu Coordenador Prof. Dr. **Idelmo Rangel Garcia Júnior,** pela valiosa contribuição em minha formação.

Aos Professores do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pelos essenciais ensinamentos durante o curso de graduação e pós-graduação, e agradável convivência. Que Deus os abençoe!

Em especial...

Aos amigos: Amílcar, Erika, Manoel e Carlos.

Pelos momentos que passamos juntos no qual construímos uma amizade sólida e produtiva. Obrigado pela parceria e companheirismo nestes anos em Araçatuba. Com vocês aprendi o real significado da palavra “Equipe”.

Ao prof. Wirley Gonçalves Assunção. Pelos ensinamentos e orientações, tão essenciais a minha formação como cirurgião dentista, futuro professor e como ser humano. Obrigado pela amizade e confiança ao longo destes anos.

Ao prof. Paulo Henrique dos Santos. Obrigado pelos ensinamentos científicos e clínicos desde o começo da Faculdade até os dias de hoje. Obrigado também pela ajuda e incentivos diários na realização de novos estudos!

Ao prof. José Eduardo Rodrigues. Pelos ensinamentos clínicos e principalmente pela amizade e alegria compartilhados nestes anos.

A todos das Famílias Bruniera e Anchieta

Pelo apoio, companhia, incentivo e compreensão. Vocês foram essenciais por tudo que conquistei!

Aos Professores do Departamento de Odontologia Restauradora, em especial ao Prof. André Luiz Fraga Briso, pelos essenciais ensinamentos durante o curso e agradável convivência. Que Deus os abençoe!

*A todos os meus amigos de Pós-graduação, em especial: **Murillo, Lucas Machado, Amilcar, Erika, Fernanda e Ana Paula*** por tudo o que pude aprender com vocês e pelas alegrias e desafios compartilhados.

*Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese desta Faculdade: **Ana Lúcia, Maria Lúcia, Jander, Ana Marcelina, Zé, Eduardinho, Carlão, Serginho, Rose, Washington e Antonio.*** Pelo dia-a-dia compartilhados, pela atenção e ajuda em todos os momentos.

Agradecimentos

Aos funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora desta Faculdade: **Magda, Rosa e Noêmia**. Pelo dia-a-dia compartilhados, pela atenção e ajuda em todos os momentos.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação desta Faculdade: **Marina, Valéria, Diogo e Reinaldo**. Pela eficiência e disponibilidade. Minha sincera gratidão!

Aos funcionários da Biblioteca de Odontologia desta Faculdade: Claudia, Ana Claudia, Ana Paula, Luzia, Claudio, Ivone, Izamar pelas constantes orientações, e dedicação aos seus serviços.

Ao funcionário da Adfoa: “Marquinho”, pelas constantes ajudas e orientações na área da informática. Minha sincera gratidão!

A todos os meus amigos e amigas, em especial: Gil, Lucas, Paulo, Pedro e Thomas,

Agradeço a vocês pela companhia sempre presente, pelo apoio, e pelos momentos maravilhosos que partilhamos em nossa amizade!

“O mérito é um reconhecimento que devemos a todos”

“MEU MUITO OBRIGADO”

Epígrafe

Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor... Lembre-se. Se escolher o mundo ficará sem o amor, mas se escolher o amor com ele você conquistará o mundo.

Albert Einstein



Resumo

Anchieta RB. Sistemas adesivos autocondicionantes. Estudo micromecânico da interface de união através do método dos elementos finitos tridimensional [dissertação]. Araçatuba Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista-UNESP; 2010.

Resumo

Introdução: Embora os sistemas adesivos autocondicionantes se caracterizem por desmineralizar e infiltrar a dentina simultaneamente, a presença de dentina alterada abaixo da camada híbrida tem sido reportada, sugerindo comportamento mecânico distinto. **Proposição:** Avaliar por meio do método dos elementos finitos tridimensional a influência da espessura da dentina parcialmente alterada no comportamento micromecânico de dois sistemas adesivos autocondicionantes. **Materiais e Métodos:** Foram elaborados 5 micro-modelos (M) simulando a interface dentina/adesivo (d/a) (82x41x41 μm), sendo: M1-representação da interface d/a baseada em sistema adesivo convencional de 2 passos; M2-representação de um sistema adesivo autocondicionante de 2 passos. Nos M3, M4 e M5 representação de um sistema adesivo autocondicionante de 1 passo, variando a espessura da camada de dentina parcialmente alterada em 0, 1,5 e 3 μm , respectivamente. Os modelos foram considerados isotrópicos, homogêneos e linearmente elásticos. A base de todos os modelos foi fixada nos eixos x , y e z , sendo aplicado um carregamento em tração (90° ; 0,03 N) na face superior da resina composta. A análise numérica foi realizada para a obtenção da tensão principal máxima (σ_{max}). **Resultados:** o pico da σ_{max} (MPa) foi encontrada no M5 (79,5), seguido do M4 (78,0) e do M3 (70). O topo dos tags foi o local mais solicitado em todos os modelos. **Conclusão:** O aumento da espessura da dentina parcialmente alterada aumentou a tensão na interface d/a; a ausência desta camada contribuiu para a menor concentração de tensão; o topo dos tags foi o local mais exigido na interface d/a.

Palavras-Chave: Adesivos dentinários, Método dos elementos finitos, Dentina.



Abstract

Anchieta RB. Self-etching adhesive systems. Micromechanical study of bonding interface through the three-dimensional finite element method [dissertation]. Araçatuba. Faculty of Dentistry of São Paulo State University UNESP, 2010.

Abstract

Introduction: Although the self-etching adhesives are characterized by etching and infiltrating simultaneously the dentin, the presence of an altered dentin layer has been showed by literature, which might show specific mechanical behavior. **Proposition:** To evaluate through 3-D finite element analysis the influence of the partially altered dentin thickness on the micromechanical behavior of the self-etch adhesives. **Materials and Methods:** 5 micro-models (M) were developed for simulating the dentin/adhesive (d/a) interface (82x41x41 μm): M1-representation of the d/a interface based on 2 steps conventional adhesive system; M2-d/a interface based on 2 steps self-etch adhesive system M3, M4 and M5 – d/a interface based on all-in-one adhesive system, varying the thickness of the partially altered dentin (0, 1.5 and 3 μm , respectively). All the models were considered isotropic, homogeneous and lineally elastic. The bottom of all the models were constrained in the axes x, y and z. A tensile load (90°; 0.03N) was applied on the top of the composite resin. The numeric analysis was accomplished, being obtained the maximum principal stress (σ_{max}). **Results:** The pick of σ_{max} (MPa) was found in M5 (79.5), followed by M4 (78.0) and M3 (70). The top of the resin tags was the most requested place in all models. **Conclusion:** The increase of the partially altered dentin thickness raised the σ_{max} in the d/a interface; the absence of this layer contributed to the smallest tension concentration; the top of the tags showed higher stress concentration.

Keywords: Dentin adhesives, Finite element method, Dentin

Listas e Sumário

Lista de Figuras

- Figura 1.** Determinação da dimensão e intensidade do carregamento para o micro-modelo. A - Macro espécime em forma de ampulheta com área de secção adesiva de $1,1 \text{ mm}^2$. B – Micro-fragmento da interface d/a retirado de dentro do macro-espécime. C – Micro-modelo de área de secção adesiva de $0,001681 \text{ mm}^2$, em que foi aplicado carregamento de $0,03 \text{ N}$, sendo proporcional a força aplicada no macro-espécime. 34
- Figura 2.** Representação esquemática da presença de dentina parcialmente alterada abaixo da CH. A - Representação do M3, ausência de dentina parcialmente alterada. B – Representação do M4 com a presença de $1,5\mu\text{m}$ de dentina parcialmente alterada. C – Representação do M5 com a presença de $3\mu\text{m}$ de dentina parcialmente alterada. CH: camada híbrida; a: camada de adesivo; Dh: dentina hígida; dpa: dentina parcialmente alterada. 37
- Figura 3.** Teste de convergência da análise. Dentre os tamanhos dos elementos testados, o elemento com $0,0025$ foi selecionado, devido a tensão gerada ser até 6% maior que a gerada pelo anterior ($0,003$), e até 6% menor que a tensão gerada no elemento seguinte ($0,002$). 39
- Figura 4.** Tensão principal máxima (MPa) na camada híbrida em função da sua profundidade ($1^\circ \mu\text{m}$; $2^\circ \mu\text{m}$; $3^\circ \mu\text{m}$) para os modelos M3, M4 e M5. 41

Figura 5.	Localização da máxima tensão principal (MPa) na CH para M4 e M5. A – Corte vertical da CH; B – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta); C – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta).....	42
Figura 6.	Tensão principal máxima (MPa), no adesivo, tag, camada híbrida (CH), dentina peritubular e dentina parcialmente alterada (Dent.parc. Desm) nos modelos M1, M2, M3, M4 e M5.	43
Figura 7.	A - Corte no sentido vertical perpendicular a superfície do M5; B - Visualização da parte interna do micro-modelo; C - Visualização da parte interna do M5. As setas indicam a localização da máxima tensão na interface d/a que ocorreu no topo dos tags próximo a base da CH.	44
Figura 8.	Tensão principal máxima (MPa) no adesivo, tag, camada híbrida (CH), dentina peritubular e dentina parcialmente alterada (Dent.Parc.Desm) nos modelos M1, M2, M3, M4 e M5.	45
Figura 9.	Tensão principal máxima (MPa) no topo dos tags resinosos para o M4 e M5 ao variar o módulo de elasticidade (GPa) para a camada de dentina parcialmente alterada.	50

Lista de Tabelas

Tabela 1. Dimensões e propriedades mecânicas dos materiais. 36

Lista de Abreviaturas

Interface d/a = interface dentina/adesivo

M1 = modelo 1

M2 = modelo 2

M3 = modelo 3

M4 = modelo 4

M5 = modelo 5

σ_{\max} = tensão principal máxima (do inglês “maximum principal stress”)

N = Newton (unidade de medida de força (F) derivada do Sistema Internacional de Unidades-SI)

CH = camada híbrida

Tag = prolongamento resinoso

dpa = dentina parcialmente alterada

mm = milímetro (unidade de medida do Sistema Internacional de Unidades-SI)

MPa = Mega Pascal (unidade de medida derivada do Sistema Internacional de Unidades-SI)

GPa = Giga Pascal (unidade de medida derivada do Sistema Internacional de Unidades-SI)

E = módulo de elasticidade

ν = coeficiente de Poisson

UTS = Carga máxima de tração (do inglês “ultimate tensile strength”)

Sumário

Sumário

1. Introdução	.....	28
2. Proposição	.....	31
3. Materiais e Métodos	.....	33
4. Resultados	.....	41
5. Discussão	.....	47
6. Conclusão	.....	54
7. Referências	.....	56
8. Legenda	.....	63
Anexos	.....	66



Introdução

Introdução

O completo selamento dentinário se caracteriza pela completa infiltração do agente adesivo por entre as fibras colágenas expostas pelo condicionamento ácido, formando um biopolímero homogêneo e contínuo entre o corpo do adesivo e o substrato dentinário, sendo um dos principais fatores responsáveis pela manutenção da integridade da interface dentina/adesivo (d/a).^{6,11}

Porém, alterações nas propriedades mecânicas e na morfologia da dentina abaixo da camada híbrida (CH) têm sido frequentemente reportadas quando da utilização das técnicas convencionais de hibridização,^{13,14,16,35} sendo relacionadas principalmente a fatores, como: o condicionamento ácido do substrato dentinário,³ ao colapso da rede fibras colágenas,²⁸ assim como discrepância entre a desmineralização dentinária e a infiltração do adesivo.³

Neste contexto, os *primers* e adesivos autocondicionantes foram idealizados na tentativa de solucionar os problemas da técnica convencional, pois a incorporação dos monômeros ácidos resinosos supostamente os torna capazes de desmineralizar e impregnar a matriz dentinária simultaneamente, eliminando a discrepância entre a desmineralização e infiltração do adesivo, reduzindo a presença de dentina alterada (dpa) abaixo da CH.⁴³

Apesar disso, recentemente este conceito vem mudando. Para alguns sistemas adesivos autocondicionantes foram detectadas áreas com nanoinfiltração^{4,32,42} e áreas com presença de dpa abaixo da CH,²⁷ sendo provavelmente conseqüência da discrepância entre o potencial de desmineralização e infiltração dos monômeros ou devido a incompleta polimerização destes monômeros na região mais profunda da CH.^{35,44}

Entretanto, a determinação da extensão desta alteração morfológica, assim como das propriedades mecânicas desta dentina abaixo da CH que supostamente esta parcialmente alterada, só foi estabelecida para os sistemas adesivos convencionais¹⁶ e autocondicionantes de 2 passos de pH suave.²⁷

Estas informações ainda não foram bem estabelecidas para os sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos ao substrato dental, de um passo clínico que teoricamente possuem maior poder de desmineralização e formam interfaces d/a mais complexas do ponto de vista físico-químico.⁴³ Além disso, não há estudos que avaliem a influência da dpa no comportamento e distribuição das tensões nas estruturas da interface d/a para os sistemas adesivos mais agressivos de 1 passo.

Em razão disso, o objetivo do presente estudo é avaliar por meio do método dos elementos finitos a influência da espessura da dentina parcialmente alterada no comportamento micromecânico da interface d/a dos sistemas adesivos autocondicionantes. As seguintes hipóteses serão testadas: (1) a extensão (μm) da dpa é diretamente proporcional à concentração de tensão na CH dos sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos de 1 passo; (2) a extensão (μm) da dpa é diretamente proporcional à concentração de tensão na camada de adesivo e nos tags resinosos dos sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos de 1 passo; (3) o comportamento micromecânico do sistema adesivo autocondicionante suave de 2 passos é mais satisfatório comparado ao sistema adesivo convencional de 2 passos e aos sistemas adesivos autocondicionantes agressivos de 1 passo, independente da espessura da dpa.



Proposição

Proposição

O objetivo do presente estudo é avaliar por meio do método dos elementos finitos a influência da espessura da dentina parcialmente alterada no comportamento micromecânico da interface d/a dos sistemas adesivos autocondicionantes. As seguintes hipóteses serão testadas:

(1) a extensão (μm) da dpa é diretamente proporcional à concentração de tensão na CH dos sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos de 1 passo;

(2) a extensão (μm) da dpa parcialmente alterada é diretamente proporcional à concentração de tensão na camada de adesivo e nos tags resinosos dos sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos de 1 passo;

(3) o comportamento micromecânico dos sistemas adesivos autocondicionantes suaves de 2 passos é mais satisfatório comparado ao sistema adesivo convencional de 2 passos e ao sistema adesivo autocondicionante agressivo de 1 passo, independente da espessura da dpa.



Materiais e Métodos

Materiais e Métodos

O delineamento experimental foi baseado nos estudos de Misra et al²⁴ e Anchieta et al¹.

Para a análise micromecânica da interface dentina/adesivo, um espécime de dentina restaurado com resina composta²⁴ com dimensões de 41x41x82 μm foi simulado no programa de desenho Gráfico SolidWorks 2007 (SolidWorks Corporation, Concord, MA, USA).

A determinação da área de secção transversal e carregamento do micro-modelo foi baseado no estudo prévio de Phrukkanon et al³⁰. Estes autores observaram que em um macro-espécime (5x2x2 mm^2) de dentina com formato de ampulheta e restaurado com resina composta com área de secção transversal de 1,1 mm^2 , após um carregamento de 20 N em tração perpendicular à superfície da resina composta gerou uma tensão equivalente a 18 MPa na interface d/a.

Assim, a área de secção transversal de cada micro-modelo deste estudo foi igual 1,681 μm^2 ou 0,001681 mm^2 . Do mesmo modo, para se obter uma força de tensão equivalente a 18 MPa nestes micro-modelos, um carregamento em tração com intensidade de 0,03 N foi adotado neste estudo (Fig 1).^{2,22}

As dimensões de cada estrutura da interface d/a foram obtidas em função da literatura específica (Tabela1).^{7,16,19,23,24,26,27,31-33,35,40} Em razão da possibilidade de mensurar as dimensões das estruturas da interface d/a (ex: espessura de CH e da camada de adesivo, comprimento dos tags) com diferentes metodologias, apenas os estudos que utilizaram microscopia eletrônica de transmissão foram selecionados.

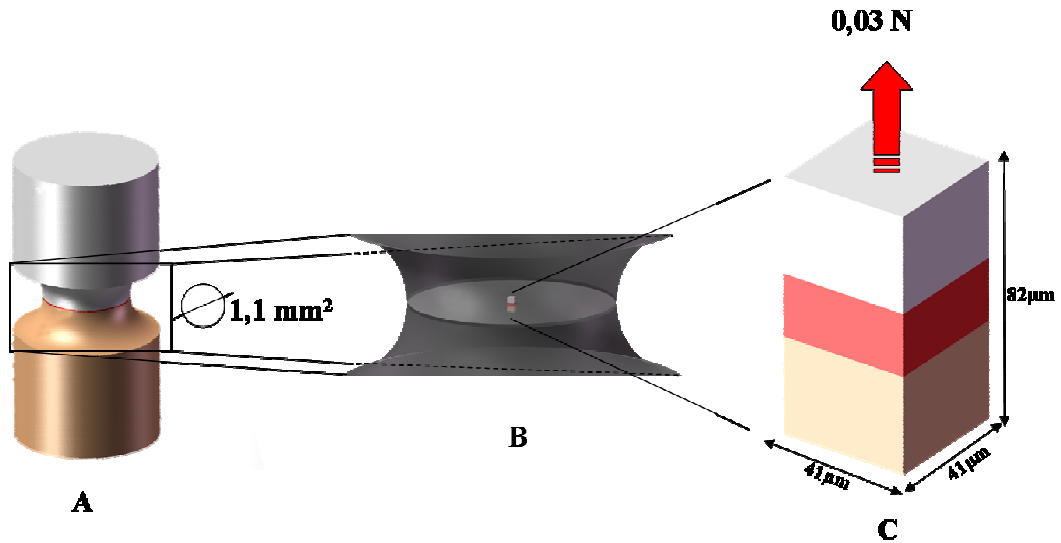


Figura 1. Determinação da dimensão e intensidade do carregamento para o micro-modelo. A - Macro espécime em forma de ampulheta com área de secção transversal de $1,1 \text{ mm}^2$. B - Micro-fragmento da interface d/a retirado de dentro do macro-espécime. C - Micro-modelo de área de secção transversal de $1,681 \text{ } \mu\text{m}^2$, em que foi aplicado carregamento de $0,03 \text{ N}$, sendo proporcional à força aplicada no macro-espécime.

As propriedades mecânicas necessárias para considerar o estudo linear, isotrópico e linearmente elástico (Módulo de Elasticidade (E) e o Coeficiente de Poisson (ν)) estão dispostas na Tabela 1.^{7,16,19,23,24,26,27,31-33,35,40}

Assim, baseado neste espécime, 5 modelos (M) geométricos foram elaborados conforme as características da interface d/a dos sistemas adesivos utilizados:

- M1 - Representação de um espécime em dentina de $(41 \times 41 \times 82 \text{ } \mu\text{m})$ com camada híbrida (CH) apresentando $4,2 \text{ } \mu\text{m}$ de espessura, prolongamentos resinosos (tag) com $25 \text{ } \mu\text{m}$ de comprimento, e em forma de funil, uniformemente distribuídos; camada de adesivo com $8 \text{ } \mu\text{m}$ de espessura, camada de dpa com $3 \text{ } \mu\text{m}$ de espessura,

representando o sistema adesivo de condicionamento ácido total de 2 passos – Single Bond (3M ESPE, St Paul, MN, USA); (Tabela 1)

- M2 – Similar ao M1, porém com CH de 1 μm de espessura, tags com 16 μm de comprimento, espessados na base, com camada de adesivo 6 μm de espessura e 1,3 μm de dpa, representando o sistema autocondicionante de acidez suave de 2 passos– Clearfil SE Bond (Kuraray, Osaka, Japão). (Tabela 1)

Como a extensão da dentina parcialmente alterada abaixo da CH ainda não foi estabelecida para sistemas autocondicionantes mais agressivos de 1 passo, como por exemplo, o Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, St Paul, MN, USA), mais 3 modelos foram elaborados variando a espessura desta estrutura:

- M3 – Representação de um espécime em dentina de (41x41x82 μm) com CH apresentando 3 μm de espessura, tags com 18 μm de comprimento, em forma de funil menos proeminente que no M1, com camada de adesivo 3 μm de espessura, representando uma condição ideal de completa infiltração do adesivo na dentina para o sistema autocondicionante – Adper Prompt L-Pop (3M ESPE, St Paul, USA) (Tabela 1; Fig. 2A);

- M4 – Similar ao M3, porém com a presença de uma camada de 1,5 μm de espessura de dentina desmineralizada, representando uma condição de alteração da dentina abaixo da CH semelhante ao dos sistemas adesivos autocondicionantes suave de 2 passos (Tabela 1; Fig. 2B);

- M5 – Similar ao M3, porém com a presença de uma camada de 3 μm de espessura de dentina desmineralizada, representando uma condição de alteração da dentina abaixo da CH semelhante ao dos sistemas adesivos convencionais (Tabela 1; Fig. 2C).

Tabela 1 – Dimensões (μm) e propriedades mecânicas dos materiais (E and ν)

Estruturas	Dimensões (μm)	E (GPa)	ν¹⁹
Espécime			
	Largura (base)	41 x 41	
	Comprimento	82	
Resina Composta ²⁴	41	30 ²⁴	0,3
Camada de Adesivo ^{31,32,33} (espessura)	8 (M1)	5 ²⁴	0,28
	6 (M2)	5 ²⁴	
	3 (M3,M4,M5)	5 ²⁴	
Camada híbrida ^{12,32} (espessura)	4,2 (M1)	4/3/2/1 ²⁴	0,28
	1 (M2)	7 ³⁵	
	3 (M2, M3, M4)	4/2,5/1 ²⁴	
Dentina parcialmente alterada ^{16,27} (espessura)	3 (M1)	13 ¹⁶	0,3
	1,3 (M2)	9 ²⁷	
	0/1,5/ 3 (M3, M4, M5)	13 ¹⁶	
Dentina intertubular ²⁴	36	20 ²⁴	0,3
Dentina Peritubular ²⁴	4.5	28.6 ²⁴	0,3
Conteúdo Intratubular	variável	0,0002 ²³	0,45
Tag resinoso ^{12,31,33,40}	25 (M1)	5 ²⁴	0,28
	16 (M2)	5 ²⁴	
	18 (M3, M4, M5)	5 ²⁴	
Número de túbulos ⁷	16 (dentina profunda)		
Diâmetro do orifício dos túbulos ²⁶	2,5 (dentina profunda)		

O adesivo infiltrado através das fibras colágenas foi considerado unido as estruturas adjacentes e subjacentes. Com relação ao grau de rigidez, Misra et al²⁴ descreveu que o módulo de elasticidade da dentina peritubular era igual a 28,6 GPa, e que a dentina intertubular mostrou valor igual a 20 GPa.

No entanto, Katz et al¹⁶ encontrou para a dentina intertubular abaixo da CH, numa extensão de 3 μm de espessura, o módulo de elasticidade igual a 13 GPa, em consequência a alteração desta dentina provocada pelo ácido utilizado nos sistemas adesivos convencionais. Recentemente, Oliveira et al²⁷ encontrou também alteração da dentina abaixo da CH com a utilização de um sistema adesivo autocondicionante de 2 passos (Clearfil SE Bond), sendo que esta alteração afetou a extensão de 1,3 μm de espessura, alterando o módulo de elasticidade desta dentina para aproximadamente 9 GPa. Entretanto, como esta informação ainda não foi estabelecida para os sistemas autocondicionantes mais ácidos de 1 passo, adotamos neste estudo o módulo de elasticidade igual a 13 GPa para o M3, M4 e M5, pois os monômeros ácidos presentes nestes sistemas apresentam potencial de desmineralização (pH) semelhantes ao do ácido fosfórico.^{37,38}

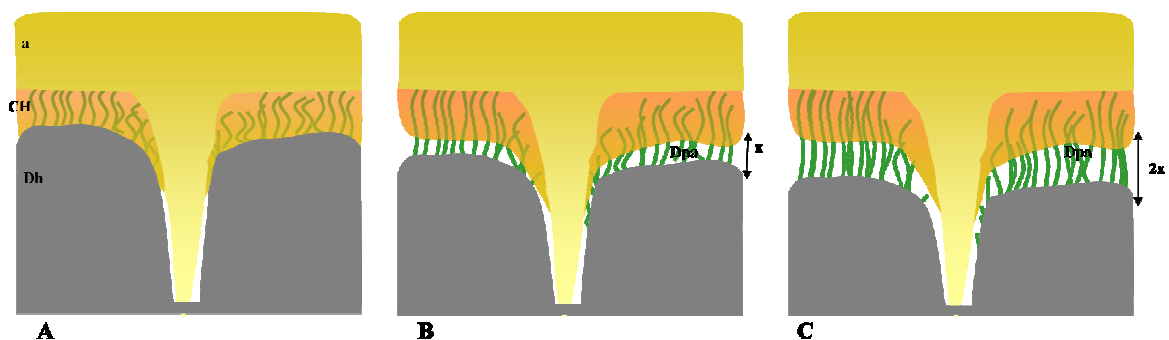


Figura 2. Representação esquemática da presença de dpa abaixo da CH. A - Representação do M3, ausência de dpa. B – Representação do M4 com a presença de

1,5 µm de dpa. C – Representação do M5 com a presença de 3 µm de dpa. CH: camada híbrida; a: camada de adesivo; Dh: dentina hígida; Dpa: dentina parcialmente alterada.

Por isso, avaliou-se também a influência do módulo de elasticidade da dentina parcialmente alterada na concentração de tensão para os M4 e M5 (Fig. X).

Com relação às propriedades mecânicas da CH foi seguido parcialmente o critério estabelecido por Misra et al²⁴. Estes autores variaram a espessura da CH entre 2 e 10 µm. Consideraram a CH composta de varias subcamadas de mesma espessura, de tal forma que o módulo de elasticidade foi graduado de 4 GPa da subcamada mais superficial em contato com o adesivo e 1 GPa para a camada mais profunda em contato com a dentina parcialmente alterada. Nas camadas intermediárias da CH estes autores adotaram valores entre 4 e 1 GPa. Deste modo, esta gradual diferenciação do módulo de elasticidade representaria o potencial de infiltração do adesivo na dentina desmineralizada, como acontece *in vivo*.²⁴

Assim, no presente estudo para o M1 adotamos o mesmo critério, dividindo a CH em 4 subcamadas de 1,05 µm, adotando um valor de 4 GPa para a camada mais superficial, decrescendo o valor do módulo de elasticidade até 1 GPa para a subcamada em contato com a dentina. No M2, devido a mínima espessura da CH (1 µm) esta não foi graduada, adotando-se apenas um único valor para o módulo de elasticidade (7 GPa), conforme estabelecido para o Clearfil SE Bond.³⁵

Para os M3, M4 e M5 foi seguido parcialmente o estabelecido por Misra et al²⁴. Estratificou-se a CH em três subcamadas de 1 µm, adotando-se o valor de 4 GPa para a subcamada mais superficial; 2,5 GPa para a subcamada intermediária e 1 GPa para a subcamada mais profunda, em contato com a dentina.

O critério de convergência da análise foi aplicado para otimizar a qualidade da malha de elementos finitos (Fig. 3).¹⁵ Os modelos mostraram até 38.357 elementos tetraédricos e até 94.100 nós. Como condição de contorno, os nós da base do espécime foram fixados nos eixos x , y e z ($x=y=z=0$).

A tensão principal máxima (σ_{\max}) foi o critério de análise adotado, por ser um bom índice para identificar falhas que podem se iniciar em pequenas regiões, assim como por ser adequado para avaliar materiais friáveis,²⁴ tal como a dentina. Todas as estruturas da interface, como por exemplo, dentina peritubular, intertubular, camada de adesivo, CH, tags e dpa foram individualmente analisadas, sendo realizada a análise estatística descritiva.

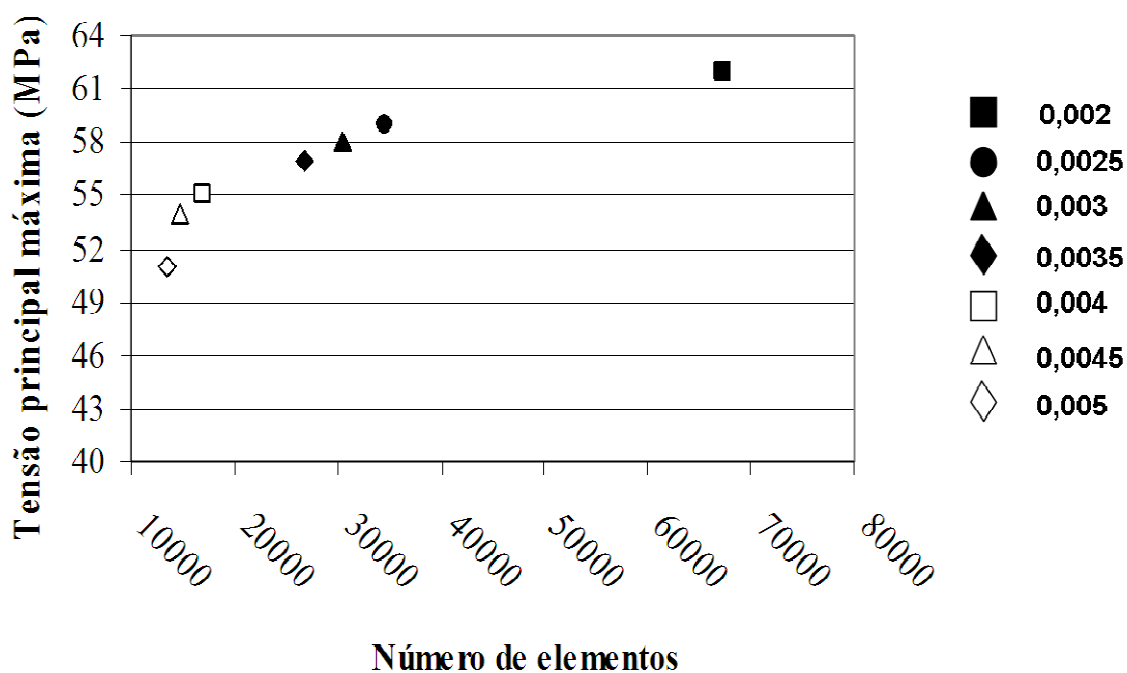


Figura 3. Teste de convergência da análise. Dentre os tamanhos dos elementos testados, o elemento com 0,0025 mm foi selecionado, devido à tensão gerada ser até 6% maior que a gerada pelo anterior (0,003 mm), e até 6% menor que a tensão gerada no elemento seguinte (0,002 mm).



Resultados

Resultados

Ao variar a espessura da dpa de 0 a 3 μm nos modelos M3, M4 e M5, simulando a provável alteração dentinária provocado pelos sistemas adesivos autocondicionantes mais agressivos de 1 passo, observamos que este fator se mostrou variável na concentração de tensão (σ_{max}) a depender da estrutura da interface d/a analisada.

A σ_{max} pouco se alterou na CH para os M3, M4 e M5, independente da profundidade na CH que a tensão foi analisada (1 μm - topo da CH; 2 μm - camada intermediária; 3 μm - base da CH). Também não foi observada diferença significativa entre a tensão gerada e o aumento da espessura da dpa (Fig. 4 e Fig. 5).

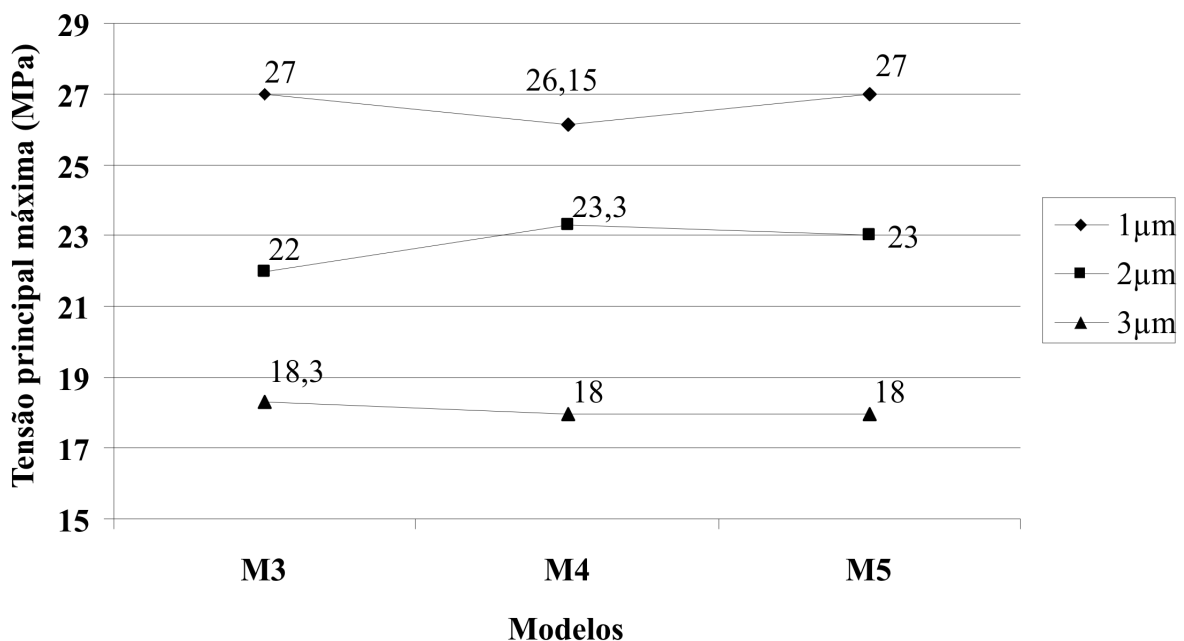


Figura 4. Tensão principal máxima (MPa) na camada híbrida de acordo com profundidade analisada (1^o μm ; 2^o μm ; 3^o μm) para os modelos M3, M4 e M5.

De modo diferente, os tags resinosos e a camada de adesivo foram as estruturas em que ocorreram maior variação na σ_{\max} conforme a maior extensão da dpa (Fig. 6).

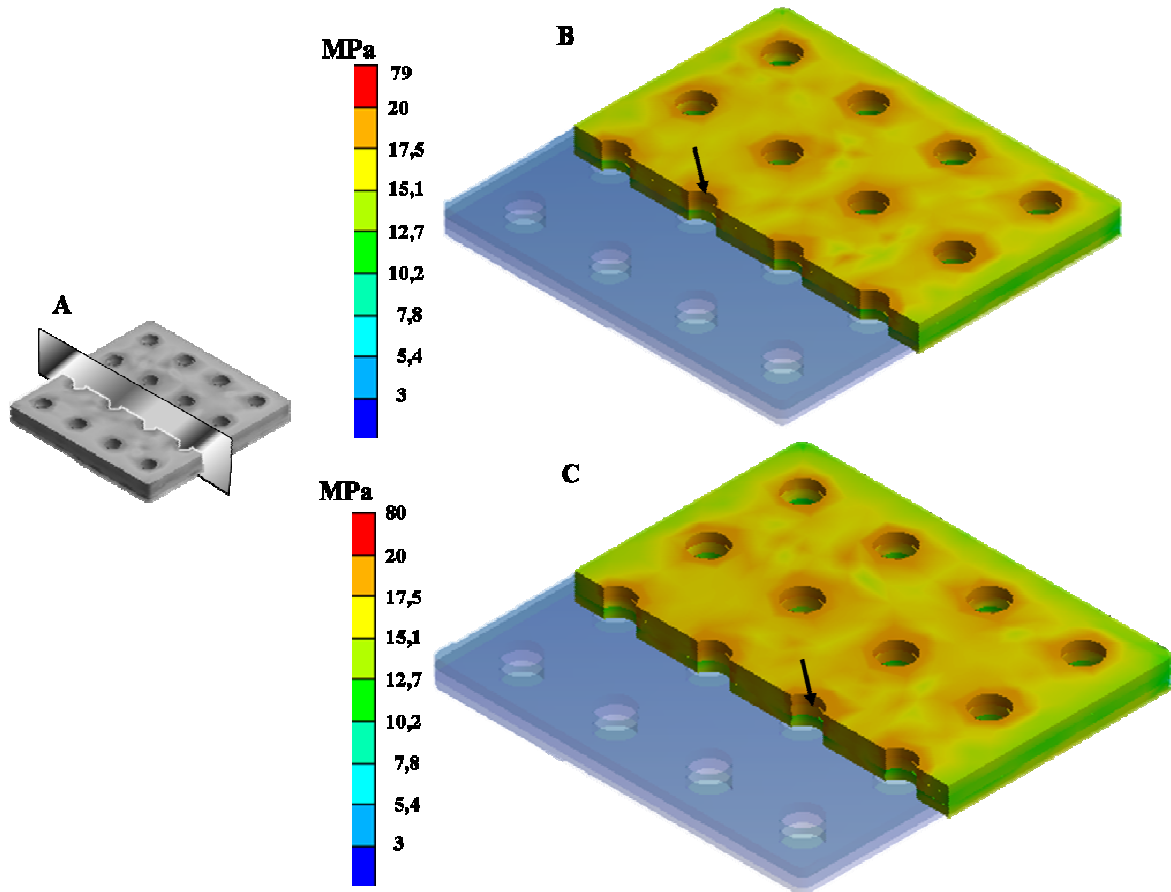


Figura 5. Localização da máxima tensão principal (MPa) na CH para M4 e M5. A – Corte vertical da CH; B – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta); C – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta).

Apesar de a maior intensidade da σ_{\max} ocorrer nos tags para o M5 (79,5 MPa), a variação mais evidente na σ_{\max} ocorreu na camada de adesivo que sofreu um aumento da tensão do M3 para o M5 de 24%. Este aumento da tensão nos tags do M3 para o M5 foi de aproximadamente 13,5%, sendo o topo dos tags o local mais solicitado (Fig. 7).

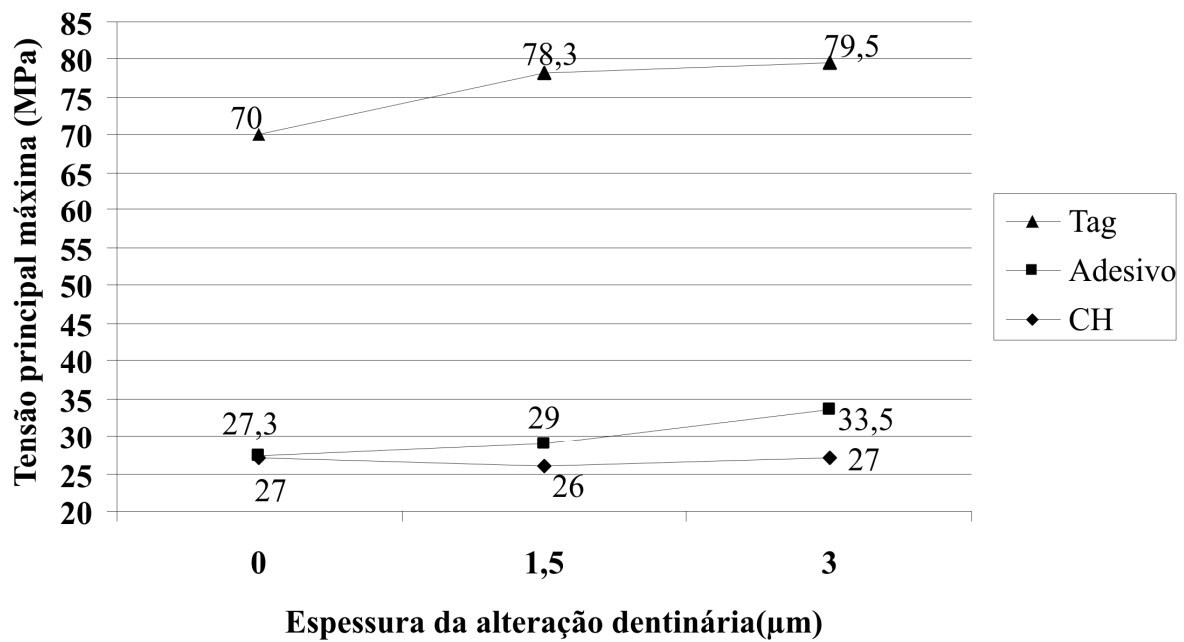


Figura 6. Tensão principal máxima (MPa) nos tags resinosos, camada de adesivo e camada híbrida, em função da espessura da dpa (0 µm - M3; 1,5 µm - M4; 3 µm - M5).

Das estruturas dentais (dentina intertubular, dentina peritubular e dentina parcialmente alterada) avaliadas nos modelos M3, M4 e M5, a dentina peritubular foi a estrutura mais solicitada (67 MPa – M5), seguido da dentina intertubular a distância da interface d/a (59 MPa – M4) e dpa (22,5 MPa – M5). O aumento da tensão na dentina peritubular do M3 para o M5 foi de aproximadamente 13,6%.

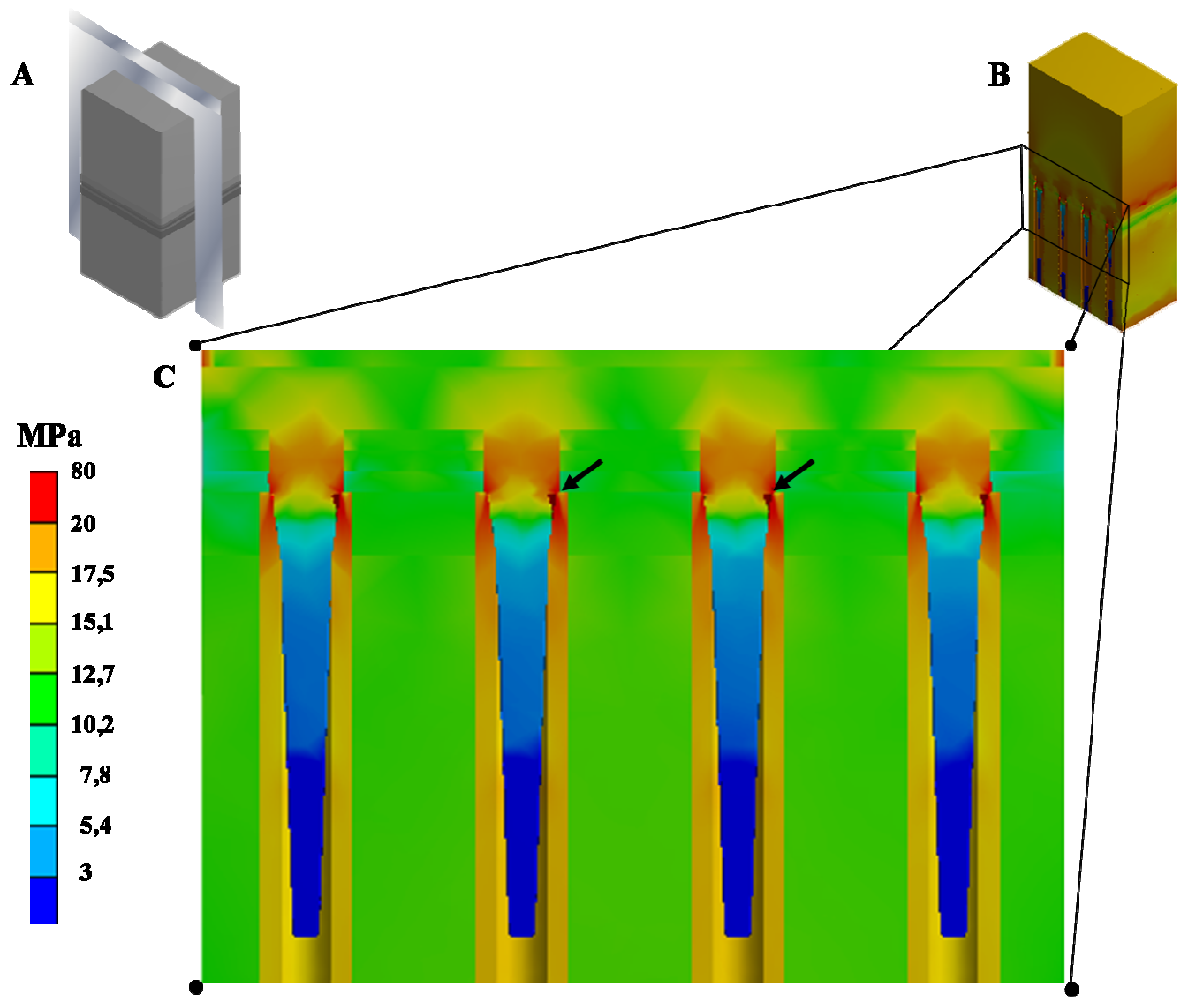


Figura 7. A - Corte no sentido vertical perpendicular a superfície do M5; B - Visualização da parte interna do micro-modelo; C - Visualização da parte interna do M5. As setas indicam a localização da máxima tensão na interface d/a que ocorreu no topo dos tags próximo a base da CH.

A Fig. 8 mostra a variação da σ_{\max} em todas as estruturas da interface d/a para todos os modelos simulados, incluindo os M1 e M2. Com relação a estes dois modelos, observou-se que a intensidade da tensão na CH para o M1 foi a mais alta entre todos os modelos para esta estrutura, sendo de aproximadamente de 37 MPa, localizando-se a 1 μm da dpa, assim como para a dentina parcialmente alterada (24 MPa). O M2, de um modo em geral foi pouco exigido quando comparado aos outros modelos simulados (Fig. 8)

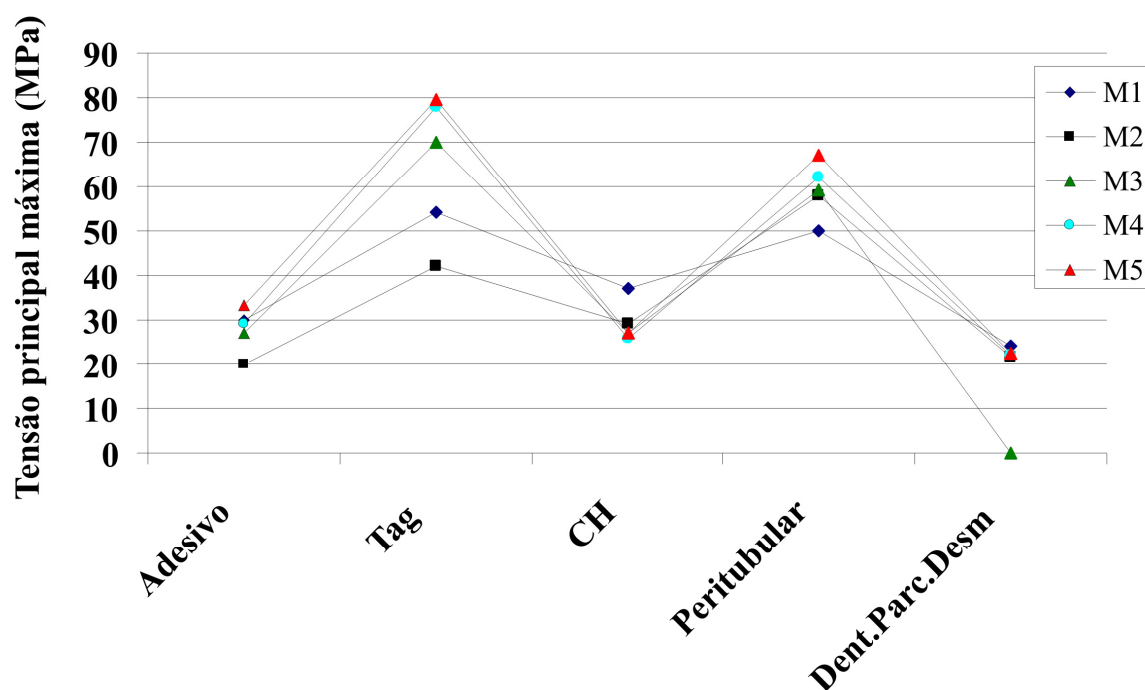


Figura 8. Tensão principal máxima (MPa) no adesivo, tag, camada híbrida (CH), dentina peritubular e dpa (Dent.Parc.Desm) nos modelos M1, M2, M3, M4 e M5.



Discussão

Discussão

Num passado recente, esperava-se que os sistemas adesivos autocondicionantes solucionassem algumas limitações das técnicas convencionais de hibridização,⁴¹ entretanto, atualmente sabe-se que alguns problemas, como a exposição parcial ou total do colágeno logo abaixo da CH, ainda é um ponto a ser superado,³⁵ pois esta condição cria um cenário desfavorável para as restaurações deixando-as mais susceptíveis a falhas.^{27,31} Assim, falhas precoces podem ser influenciadas pelo comportamento micromecânico deficiente da dpa²⁷, pois esta apresenta propriedades mecânicas reduzidas quando comparado com dentina intertubular hígida,^{18,21} porém maiores que a da dentina totalmente desmineralizada.³⁹

A análise tridimensional por meio do método dos elementos finitos mostrou que a espessura da dpa atua negativamente no comportamento mecânico da interface d/a para algumas estruturas, como a camada de adesivo e tags, enquanto para outras, como a CH, parece não ter influência (Figs. 4 e 6).

Desta forma, nossa primeira hipótese pode ser rejeitada, pois o aumento na espessura da dpa, não aumentou a concentração de tensão na CH.

O comportamento da CH nos modelos M3, M4 e M5 sofreu pouca alteração com o aumento da espessura da dpa. Esperava-se que a tensão fosse maior na região mais profunda desta camada, ou seja, na base da CH pela proximidade com a dentina alterada. Do mesmo modo, esperava-se que a tensão aumentasse conforme a maior espessura da dpa (0; 1,5 μm ; e 3 μm) (Fig. 4). No entanto, a tensão permaneceu praticamente constante nestes 3 modelos, sendo a maior intensidade de σ_{max} encontrada na região superficial da CH, entre 0 e 2 μm de profundidade (Fig. 4 e 5).

Isso pode ser explicado pelo fato de que a parte mais profunda da CH que esta em contato com a dpa tem baixo módulo de elasticidade (1 GPa), sendo a tensão transferida para outras estruturas adjacentes com maior módulo de elasticidade, como por exemplo, o topo dos tags (5 GPa) e a dentina peritubular (28,6 GPa).^{1,24}

Analisando-se a segunda hipótese, podemos aceita-lá, pois a variável espessura da dpa e a tensão gerada nos tags e camada de adesivo foram diretamente proporcionais.

Assim, ao aumentar a espessura da dentina alterada abaixo da CH houve aumento da σ_{\max} nos tags e no adesivo, sendo este aumento na camada de adesivo de 6,2% do M3 para o M4, e de 15,5% do M4 para o M5. A maior intensidade ocorreu na base desta camada em contato com o topo da CH.

Do mesmo modo, observamos que nos tags a σ_{\max} aumentou progressivamente nos M3, M4 e M5 (Fig. 6). O topo dos tags em proximidade com base da CH (Fig. 7) foi o local em que ocorreu a máxima tensão em todos os modelos (M3, M4 e M5) e entre todas as estruturas da interface d/a analisadas. Esta concentração de tensão provavelmente aconteceu pela proximidade dos tags com os túbulos dentinários, ou seja, a dentina peritubular.^{1,2,24}

Supõe-se então, que quanto menor for a espessura da dpa abaixo da CH, mais fácil será a transmissão da tensão para o restante do espécime, contribuindo para a integridade da interface d/a. Além disso, a ausência da camada de dentina alterada contribuiu para a menor concentração de tensão em determinadas regiões da interface d/a, como o topo dos tags resinosos e a camada de adesivo acima da CH.

Entretanto, apesar da tensão no topo dos tags diminuir conforme a menor extensão da dpa, a tensão encontrada nos M3, M4 e M5 ainda é muito elevada se compararmos aos resultados de resistência de união mais frequentemente reportados para este tipo de sistema adesivo,^{8,9,12,40} superando até os melhores resultados de união

encontrados na literatura,²⁹ seja em espécimes em que a área de secção e a intensidade do carregamento são proporcionais ao do presente estudo;⁴⁰ em espécimes em que apenas a intensidade do carregamento é proporcional sendo a área de secção inferior;^{8,29} e em espécimes em que ambos, área e intensidade de carregamento, são proporcionalmente inferiores.^{9,12}

Aliado ao aumento da espessura da dpa, ao diminuirmos o módulo de elasticidade desta camada de dentina (de 13 para 8 GPa), simulando a redução nas propriedades mecânicas, observa-se que a tensão no topo dos tags tende a aumentar de forma discreta e constante (Fig. 9). No entanto, ao reduzirmos ainda mais o módulo de elasticidade desta dentina, simulando a redução exacerbada nas propriedades mecânicas, aproximando-se ao valor de módulo de elasticidade da dentina totalmente desmineralizada,¹⁷ a tensão no topo dos tags aumenta aproximadamente 18% em relação ao módulo de 13 GPa, ficando evidente, desta forma, a influência negativa da alteração nas propriedades mecânicas da dentina (Fig. 9).

Estes achados se tornam importantes, pois a contribuição mecânica dos tags na resistência total de união para os sistemas adesivos autocondicionantes é limitada,²⁰ uma vez que a porção superior das paredes dos túbulos é pobremente hibridizada, em consequência do elevado grau de mineralização desta estrutura.²⁵ Além disso, sabe-se que a difusão e o grau de conversão dos monômeros resinosos dos sistemas autocondicionantes agressivos de 1 passo, como o Adper Prompt L-Pop, diminuem de acordo com a maior profundidade na dentina desmineralizada, ocasionando nesta região alto percentual de monômeros não polimerizados e de baixo peso molecular.⁴³ Isto ocorre principalmente na região perto da embocadura dos túbulos dentinários, limitando num contexto geral, a contribuição dos tags para a resistência total de união.⁴²

Assim, o topo dos tags em proximidade com a base da CH é uma região crítica da interface d/a, tornando este local susceptível a iniciação e propagação de falhas na interface d/a dos M3, M4 e M5 (Fig. 7).

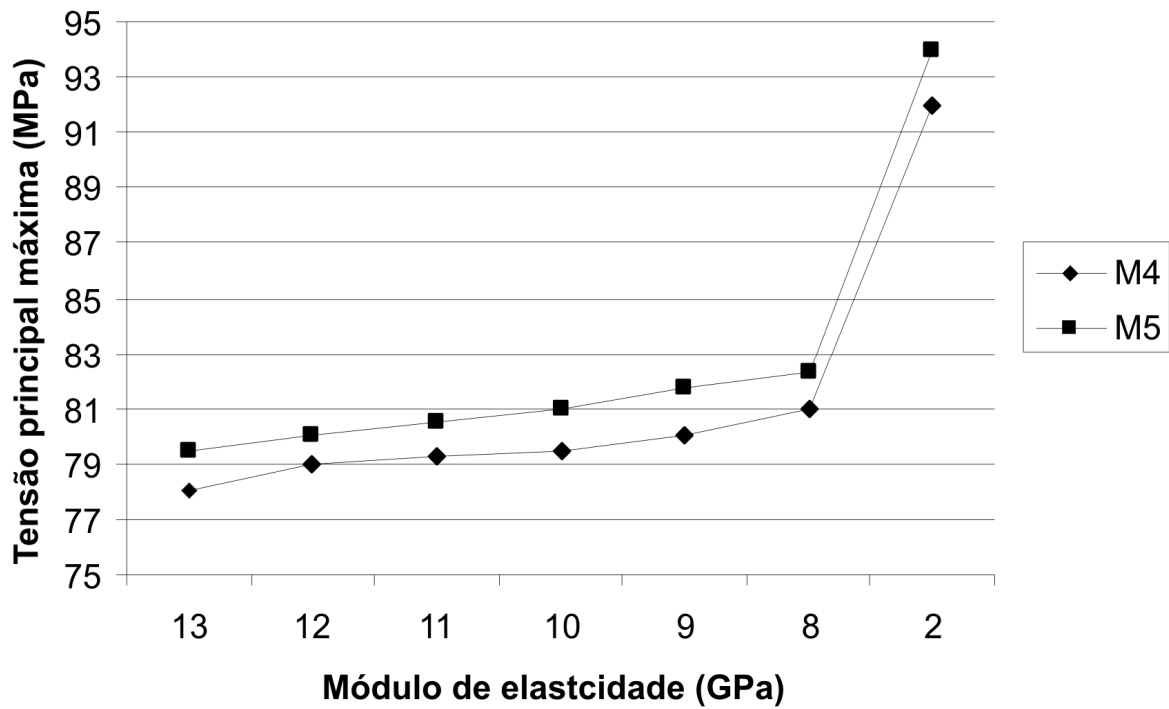


Figura 9. Tensão principal máxima (MPa) no topo dos tags resinosos para o M4 e M5 ao variar o módulo de elasticidade (GPa) para a camada de dpa.

Outro fator importante a se analisar para a determinação de falhas prematuras seria a influência da espessura da dpa no seu próprio comportamento mecânico sob forças de tração. Embora, a tensão nesta estrutura pouco se alterou em função da sua extensão, ressalta-se que a carga de ruptura em tração (UTS) do tecido dentinário é de certa forma relacionada ao grau de dureza e ao módulo de elasticidade.³⁶ Desta forma, como a carga de ruptura em tração para dentina hígida em proximidade da polpa e

perpendicular aos túbulos varia de 34 a 57 MPa,^{5,10} conseqüentemente a união entre a dpa e a base da CH neste estudo também pode falhar para o M4 e M5.

Ao comparar os modelos que representam os diferentes tipos de sistemas adesivos, porém com espessuras de dentina parcialmente alterada semelhantes, como por exemplo, entre M1 e M5, e M2 e M4, notamos que as características da interface d/a dos modelos que representam os sistemas adesivos autocondicionantes de 1 passo, culminam em pior desempenho do ponto de vista de concentração de tensão (Fig. 8).

Na análise entre M2 com o M3, observamos superioridade do M2 em relação à redução de tensão na interface d/a, mesmo o M3 simulando a interface d/a ideal, sem a presença da dpa. Observamos também que o M2 foi o modelo menos solicitado entre todos os outros modelos.

O melhor comportamento do M2, ou seja, do Clearfil SE Bond, em relação aos outros sistemas simulados, também é freqüentemente encontrado em estudos laboratoriais.^{8,29} Estes estudos sugerem que a união micromecânica da camada híbrida a dentina somado a ligação química entre a hidroxiapatita e o componente 10-MDP presente nestes sistemas seja responsável pelo seu melhor desempenho.^{8,29} Entretanto, neste estudo, por se tratar de uma análise linear, não foi incorporada nenhuma diferenciação no grau de hibridização entre a dentina e a CH para os diferentes modelos, sugerindo que as características de interface d/a formada pelo sistema adesivo Clearfil SE Bond por si só já favorece um melhor desempenho do ponto de vista de concentração de tensão.

Desta forma, podemos aceitar a terceira hipótese, pois o M2 apresentou o melhor comportamento mecânico dentre os modelos analisados neste estudo.

Assim, embora informações adicionais sobre o mecanismo de falha na união em função da presença de dpa ter sido evidenciado neste estudo, a extrapolação dos

presentes resultados com possíveis condições clínicas e laboratoriais deve ser feita com cautela. Isto porque as estruturas da interface d/a foram consideradas totalmente unidas, não havendo diferenciação quanto à efetividade de união entre diferentes estruturas como, por exemplo, entre a CH e a dpa, e entre os tags e a porção superior das paredes dos túbulos dentinários, a exemplo do que acontece “in vivo”.²⁵

Investigações futuras devem ser realizadas para estabelecer as propriedades mecânicas, e morfológicas da interface d/a para as varias modalidades de sistemas adesivos, bem como caracterizar a qualidade de união entre as diferentes estruturas da interface d/a, para que os resultados de futuras análises micromecânicas possam ser extrapolados com maior amplitude.



Conclusão

Conclusão

Assim, dentro das limitações do presente estudo, podemos afirmar que: (1) o aumento da espessura da dentina parcialmente alterada aumentou a tensão na interface d/a; (2) a ausência desta camada contribuiu para a menor concentração de tensão entre os M3, M4 e M5; (3) o topo dos tags foi o local mais exigido na interface d/a, sendo um possível local em que falhas podem se iniciar.



Referências

Referências

1. 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;15:321-326.
2. Anchieta RB, Rocha EP, Sunfeld RH, Martin Junior M, Giannini M, Reis AF. Micromechanics of dentin/adhesive interface in function of dentin depth. 3D finite element analysis. *Inter J Clin Dent* (In press, 2010).
3. Bouillaguet S, P. Gysi P, Wataha JC, Ciucchi B, Cattani M, Godin Ch, Meyer JM. Bond strength of composite to dentin using conventional, one-step, and self-etching adhesive systems. *J Dent* 2001;29:55-61.
4. Carvalho RM, Chersoni S, Frankenberger R, Pashley DH, Prati C, Tay FR. A challenge to the conventional wisdom that simultaneous etching and resin infiltration always occurs in self-etch adhesives. *Biomaterials* 2005;26:1035-1042.
5. Carvalho RM, Fernandes CAO, Villanueva R, Wang L. Tensile strength of human dentin as a function of tubule orientation and density. *J Adhes Dent* 2001;3:309-314.
6. Chersoni S, Suppa P, Breschi L, Ferrari M, Tay FR, Pashley DH, Prati C. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. *Dent Mater* 2004;20:796–803.
7. 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;27:184-189.

8. Garcia FC, Almeida JC, Osorio R, Carvalho RM, Toledano M. Influence of drying time and temperature on bond strength of contemporary adhesives to dentine. *J Dent* 2009;37:315-320.
9. Garcia FO, Machado LS, Rahal V, Ancheita RB, Sundfeld RH, Alexandre RS, Sundfeld MLMM. Correlation of the hybrid layer thickness and length of resin tags with the microtensile bond strength of a self-etching adhesive system. *Acta Odontol Latinoam* (in press 2010).
10. Giannini M, Soares CJ, Carvalho RM. Ultimate tensile strength of tooth structures. *Dent Mater* 2004;20:322-329.
11. Goracci G, Mori G, Bazzucchi M. Marginal seal and biocompatibility of a fourth-generation bonding agent. *Dent Mater* 1995;11:343-347.
12. Goracci C, Sadek FT, Monticelli F, Cardoso PEC, Ferrari M. Microtensile bond strength of self-etching adhesives to enamel and dentin. *J Adhes Dent* 2004;6:313-318.
13. Hashimoto M, Ohno H, Endo K, Kaga M, Sano H, Oguchi H. The effect of hybrid layer thickness on bond strength: demineralized dentin zone of the hybrid layer. *Dent Mater* 2000;16:406-411.
14. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1-3 years. *J Dent Res* 2000;79:1385-1391.
15. Huang H-L, Hsu J-T, Fuh L-J, Tu M-G, Ko C-C, Shen Y-W. Bone stress and interfacial sliding analysis of implant designs on an immediately loaded maxillary implant: a non-linear finite element study. *J Dent* 2008;36:409-417.

16. Katz JL, Bumrerraj S, Dreyfuss J, Wang Y, Spencer P. Micromechanics of dentin/adhesive interface. *J Biomed Mater Res (Apply Biomater)* 2001;58:366-371.
17. Katz JL, Spencer P, Nomura T, Wagh A, Wang Y. Micromechanical properties of demineralized dentin/collagen with and without adhesive infiltration. *J Biomed Mater Res* 2003;66A:120-128.
18. 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;14:13-29.
19. Le SY, Chiang HC, Huang HM, Shih YH, Chen HC, Dong DR, Lin CT. Thermo-debonding mechanisms in dentin bonding systems using finite element analysis. *Biomaterials* 2001;22:113-123.
20. 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.
21. Marshall Jr GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *J Dent* 1997;25:441-448.
22. Martini AP, Anchieta RB, Rocha EP, Freitas Junior AC, Almeida EO, Sundfeld RH. Influence of voids in the hybrid layer based on self-etching adhesive systems. A 3-D FE analysis. *J Appl Oral Sci* (In press, 2010).
23. McGuinness NJ, Wilson AN, Jones ML, Middleton J. A stress analysis of the periodontal ligament under various orthodontic loadings. *Eur J Orthod* 1991;13:231-242.

24. Misra A, Spencer P, Marangos O, Wang Y, Katz JL. Micromechanical analysis of dentin/adhesive interface by the finite element method. *J Biomed Mater Res* 2004;70:56-65.
25. Nakabayashi N, Pashley DH. Hybridization of dental hard tissue. Tokyo: Quintessence Publishing Co.1998.
26. Nanci A. Ten Cate's oral histology. 6^a ed. St Luis: Mosby; 2003.
27. Oliveira SS, Marshall SJ, Habelitz S, Gansky SA, Wilson RS, Marshall GW. The effect of a self-etching primer on the continuous demineralization of dentin. *Eur J Oral Sci.* 2004;112:376-383.
28. Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Horner JA. Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int* 1993;24:618-631.
29. Perdigão J, Gomes G, Gondo R, Fundingsland JW. In vitro bonding performance of all-in-one adhesives. Part I—microtensile bond strengths. *J Adhes Dent* 2006;8:367-373.
30. Phrukkanon S, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 1998;14:212-221.
31. Reis AF, Arrais CAG, Novaes PD, Carvalho RM, Goes MF, Giannini M. Ultramorphological analysis of resin–dentin interfaces produced with water-based single-step and two-step adhesives: nanoleakage expression. *J Biomed Mater Res Part B: Appl Biomater* 2004;71B:90-98.
32. Reis AF, Bedran-Russo AK, Giannini M, Pereira PNR. Interfacial ultramorphology of single-step adhesives: nanoleakage as a function of time. *J Oral Rehabil* 2007 34;213-221.

33. Reis AF, Giannini M, Pereira PNR. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin–dentin interfaces produced by different bonding strategies. *Dent Mater* 2007;23:1164-1172.
34. Sano H, Yoshikawa T, Pereira PNR, Kanemura N, Morigami M, Tagami J, et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. *J Dent Res* 1999;78:906-911.
35. Schulze KA, Oliveira SA, Wilson RS, Gansky AS, Marshall GW, Marchall SJ. Effect of hydration variability on hybrid layer properties of a self-etching versus an acid-etching system. *Biomaterials* 2005;26:1011-1018.
36. Staninec M, Marshall GW, Hilton JF, Pashley DH, Gansky SA, Marshall SJ, Kinney JH. Ultimate tensile strength of dentin: evidence for a damage mechanics approach to dentin failure. *J Biomed Mater Res* 2002;63:342-345.
37. 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;33:675-681.
38. Tay FR, Pashley DH. Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I:depth of penetration beyond dentin smear layers. *Dent Mater* 2001;17:296-308.
39. Tay FR, Carvalho RM, Yui CK, King NM, Zhang Y, Agee K, Bouilaguet S, Pashley DH. Mechanical disruption of dentin collagen fibrils during dentin bonding testing. *J Adhes Dent* 2000;2:175-192.
40. Van Landuyt KL, Mine A, De Munck J, Jaecques S, Peumans M, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Are one-step adhesives easier to use and better performing? Multifactorial assessment of contemporary one-step self-etching adhesives. *J Adhes Dent* 2009;11:175-190.

41. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, Van Landuyt K, Lambrechets P, Vanherle G. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent* 2003;28:215-235.
42. Wang Y, Spencer P. Continuing etching of an all-in-one adhesive in wet dentin tubules. *J Dent Res* 2005;84:350-354.
43. Wang Y, Spencer P. Physicochemical interactions at the interfaces between self-etch adhesive systems and dentine. *J Dent* 2004;32:567-579.
44. Yuan Y, Shimada Y, Ichinose S, Tagami J. Effect of dentin depth on hybridization quality using different bonding tactics in vivo. *J Dent* 2007;35:664-672.



Legendas

8. Legendas

Figura 1. Determinação da dimensão e intensidade do carregamento para o micro-modelo. A - Macro espécime em forma de ampulheta com área de secção transversal de $1,1\text{mm}^2$. B - Micro-fragmento da interface d/a retirado de dentro do macro-espécime. C - Micro-modelo de área de secção transversal de $0,001681\text{mm}^2$, em que foi aplicado carregamento de $0,03\text{N}$, sendo proporcional à força aplicada no macro-espécime.

Figura 2. Representação esquemática da presença de dentina parcialmente alterada abaixo da CH. A - Representação do M3, ausência de dentina parcialmente alterada. B - Representação do M4 com a presença de $1,5\mu\text{m}$ de dentina parcialmente alterada. C - Representação do M5 com a presença de $3\mu\text{m}$ de dentina parcialmente alterada. CH: camada híbrida; a: camada de adesivo; Dh: dentina hígida; Dpa: dentina parcialmente alterada.

Figura 3. Teste de convergência da análise. Dentre os tamanhos dos elementos testados, o elemento com $0,0025\text{mm}$ foi selecionado, devido à tensão gerada ser até 6% maior que a gerada pelo anterior ($0,003\text{mm}$), e até 6% menor que a tensão gerada no elemento seguinte ($0,002\text{mm}$).

Figura 4. Tensão principal máxima (MPa) na camada híbrida de acordo com profundidade analisada ($1^\circ\mu\text{m}$; $2^\circ\mu\text{m}$; $3^\circ\mu\text{m}$) para os modelos M3, M4 e M5.

Figura 5. Localização da máxima tensão principal (MPa) na CH para M4 e M5. A – Corte vertical da CH; B – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta); C – Localização do pico da σ_{\max} no M4 (seta).

Figura 6. Tensão principal máxima (MPa) nos tags resinosos, camada de adesivo e camada híbrida, em função da espessura da dentina parcialmente alterada (0 μm - M3; 1,5 μm - M4; 3 μm - M5).

Figura 7. A - Corte no sentido vertical perpendicular a superfície do M5; B - Visualização da parte interna do micro-modelo; C - Visualização da parte interna do M5. As setas indicam a localização da máxima tensão na interface d/a que ocorreu no topo dos tags próximo a base da CH.

Figura 8. Tensão principal máxima (MPa) no adesivo, tag, camada híbrida (CH), dentina peritubular e dentina parcialmente alterada (Dent.Parc.Desm) nos modelos M1, M2, M3, M4 e M5.

Figura 9. Tensão principal máxima (MPa) no topo dos tags resinosos para o M4 e M5 ao variar o módulo de elasticidade (GPa) para a camada de dentina parcialmente alterada.



Anexos

Anexo A

Normas de publicação do Periódico Journal of Adhesive Dentistry

**The Journal of
Adhesive Dentistry**
GUIDELINES FOR AUTHORS

The Journal of Adhesive Dentistry is a bi-monthly journal that publishes scientifically sound articles of interest to practitioners and researchers in the field of adhesion to hard and soft dental tissues. The Journal publishes several types of peer-reviewed original articles:

1. **Clinical and basic science research reports** – based on original research in adhesive dentistry and related topics.
2. **Reviews topics** – on topics related to adhesive dentistry
3. **Short communications** – of original research in adhesive dentistry and related topics. Max. 2 printed pages, including figures and references. High priority will be given to the review of these papers to speed publication.
- 4a. **Invited focus articles** – presenting a position or hypothesis on a basic science or clinical subject of relevant related topics. These articles are not intended for the presentation of original results, and the authors of the articles are selected by the Editorial Board.
- 4b. **Invited commentaries** – critiquing a focus article by addressing the strong and weak points of the focus article. These are selected by the Editorial Board in consultation with the focus article author, and the focus article and the commentaries on it are published in sequence in the same issue of the Journal.
5. **Invited guest editorials** – may periodically be solicited by the Editorial Board.
6. **Proceedings of symposia, workshops, or conferences** – covering topics of relevance to adhesive dentistry and related topics.
7. **Letters to the Editor** – may be submitted to the editor-in-chief; these should normally be no more than 500 words in length.

SUBMISSION INSTRUCTIONS

Submission of manuscripts in order of preference:

1. Submission via online submission service (www.manuscriptmanager.com/jadd). Manuscript texts should be uploaded as PC-word files with tables and figures preferably embedded within the PC-word document. A broad range of file formats are acceptable. No paper version required but high resolution photographs or illustrations should be sent to the editorial office (see below). Online submissions are automatically uploaded into the editorial office's reviewer assignment schedule and are therefore processed immediately upon upload.
2. Submission via e-mail as a PC-word document (richter@quintessenz.de). Illustrations can be attached in any format that can be opened using Adobe Photoshop, (TIF, GIF, JPG, PSD, EPS etc.) or as Microsoft PowerPoint Documents (ppt). No paper version required but high resolution photographs or illustrations should be sent to the editorial office.
3. One paper copy of the manuscript plus a floppy diskette or CD-ROM (mandatory) containing a PC-word file of the manuscript text, tables and legends. Figures should be included on the disk if possible in any format that can be opened using Adobe Photoshop, (Tif, Gif, Jpg, Psd, Eps etc.) or as a Microsoft PowerPoint Document (ppt)

Mailing address:

**Quintessenz Verlags-GmbH, Juliane Richter
The Journal of Adhesive Dentistry,
Konturstr. 18, D-12099 Berlin, Germany**

Illustrations that cannot be sent electronically will be scanned at the editorial office so that they can be sent to reviewers via e-mail along with the

manuscript to expedite the evaluation process. Resubmitted manuscripts should also be submitted in the above manner. Please note that supplying electronic versions of your tables and illustrations upon resubmission will assure a faster publication time if the manuscript is accepted.

Review/editing of manuscripts. Manuscripts will be reviewed by the editor-in-chief, and at least two reviewers with expertise within the scope of the article. The publisher reserves the right to edit accepted manuscripts to fit the space available and to ensure conciseness, clarity, and stylistic consistency, subject to the author's final approval.

Adherence to guidelines. Manuscripts that are not prepared in accordance with these guidelines will be returned to the author before review.

MANUSCRIPT PREPARATION

- The Journal will follow as much as possible the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver Group) in regard to preparation of manuscripts and authorship (Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. *Ann Intern Med* 1997;126: 36-47).
- **Title page.** The first page should include the title of the article (descriptive but as concise as possible) and the name, degrees, title, professional affiliation, and full address of all authors. Phone, fax, and e-mail address must also be provided for the corresponding author, who will be assumed to be the first-listed author unless otherwise noted. If the paper was presented before an organized group, the name of the organization, location, and date should be included.
- **3-8 keywords.**
- **Structured abstract.** Include a maximum 250-word structured abstract (with headings *Purpose, Materials and Methods, Results, Conclusion*).
- **Introduction.** Summarize the rationale and purpose of the study, giving only pertinent references. Clearly state the working hypothesis.
- **Materials and Methods.** Present materials and methods in sufficient detail to allow confirmation of the observations. Published methods should be referenced and discussed only briefly, unless modifications have been made. Indicate the statistical methods used, if applicable.
- **Results.** Present results in a logical sequence in the text, tables, and illustrations. Do not repeat in the text all the data in the tables or illustrations; emphasize only important observations.
- **Discussion.** Emphasize the new and important aspects of the study and the conclusions that follow from them. Do not repeat in detail data or other material given in the Introduction or Results section. Relate observations to other relevant studies and point out the implications of the findings and their limitations.
- **Acknowledgments.** Acknowledge persons who have made substantive contributions to the study. Specify grant or other financial support, citing the name of the supporting organization and grant number.
- **Abbreviations.** The full term for which an abbreviation stands should precede its first use in the text unless it is a standard unit of measurement.
- **Trade names.** Generic terms are to be used whenever possible, but trade names and manufacturer should be included parenthetically at first mention.
- **Clinical Relevance.** Please include a very brief (2 sentences or 3 lines) clinical relevance statement.

REFERENCES

- **All references must be cited** in the text, according to the alphabetical and numerical reference list.
- **The reference list** should appear at the end of the article, in alphabetical and numerical sequence.
- **Do not include unpublished data** or personal communications in the reference list. Cite such references parenthetically in the text and include a date.
- **Avoid using abstracts** as references.
- **Provide complete information** for each reference, including names of all authors. If the reference is part of

a book, also include title of the chapter and names of the book's editor(s).

Journal reference style:

1. Turp JC, Kowalski CJ, Stohler CS. Treatment-seeking patterns of facial pain patients: Many possibilities, limited satisfaction. *J Orofacial Pain* 1998;12:61-66

Book reference style:

1. Hannam AG, Langenbach GEJ, Peck CC. Computer simulations of jaw biomechanics. In: McNeill C (ed). *Science and Practice of Occlusion*. Chicago: Quintessence, 1997:187-194.

ILLUSTRATIONS

- All illustrations must be numbered and cited in the text in order of appearance.

Paper version

- The figure number and first author's last name should be indicated on the back of each photograph or on the mount of each slide. Also indicate the top edge lightly in pencil.
- *Do not mark author's name on duplicates!*
- Do not bend, fold, or use paper clips. Do not mount slides in glass.
- For protection against damage or loss, authors should retain duplicate slides and illustrations.
- All illustrations are returned after publication.
- Original artwork must be provided with original submission.

Black & white – Submit three sets of high-quality glossy prints. Should the quality prove inadequate, negatives will be requested as well. Photographs should be unmounted and untrimmed.

Radiographs – Submit the original radiograph as well as two sets of prints.

Color – Original slides (35 mm transparencies) must be submitted, plus two sets of prints made from them. When instruments and appliances are photographed, a neutral background is best; structured fabrics are unsuitable.

Line drawings – Figures, charts, and graphs should be professionally drawn and lettered large enough to be read after reduction. Good-quality computer-generated laser prints are acceptable (no photocopies); also provide electronic file if possible. Lines within graphs should be of a single weight unless special emphasis is needed.

Legends – Figure legends should be grouped on a separate sheet and typed double-spaced.

TABLES

- Each table should be logically organized, on a separate sheet, and numbered consecutively.
- The title and footnotes should be typed on the same sheet as the table.

MANDATORY SUBMISSION FORM

The Mandatory Submission Form, signed by all authors, must accompany all submitted manuscripts before they can be reviewed for publication. Electronic submission: scan the signed form and submit as JPG or TIF file.

PERMISSIONS & WAIVERS

- Permission of author and publisher must be obtained for the direct use of material (text, photos, drawings) under copyright that does not belong to the author.
- Waivers must be obtained for photographs showing persons. When such waivers are not supplied, faces will be masked to prevent identification. For clinical studies the approval of the ethics committee must be presented.

PAGE CHARGE

The first 8 printed pages in an article are free of charge. For excess pages, the charge is €140 per printed page. The approximate number of characters on a printed page is approximately 6,800. Please also consider the number and size of illustrations.

The Journal of
Adhesive Dentistry

MANDATORY SUBMISSION FORM

Title of article: _____

A signature below certifies compliance with the following statements:

Copyright transfer. In consideration of the acceptance of the above work for publication, I do hereby assign and transfer to Quintessence Publishing Company all rights, title, interest in and copyright to the above-titled work. This assignment applies to all translations of said article as well as to preliminary display/posting of the abstract of the accepted article in electronic form before publication. If any changes in authorship (order, deletions, or additions) occur after the manuscript is submitted, agreement by all authors for such changes must be on file with the Publisher. An author's name may be removed only at his/her request. (Note: material prepared by employees of the US Government in the course of their official duties cannot be copyrighted.)

Author responsibilities. I attest that:

The manuscript is original work without fabrication, plagiarism, or fraud;

The manuscript is not currently under consideration elsewhere and the research reported will not be submitted for publication elsewhere unless a final decision is made by the Journal that the manuscript is not acceptable;

I have made a significant scientific contribution to the study and I am thoroughly familiar with the primary data outlined in the manuscript;

I have read the complete manuscript and take responsibility for the content and completeness of the final submitted manuscript and understand that if the manuscript, or part of the manuscript, is found to be faulty or fraudulent, I share responsibility.

knowledge. Except as disclosed in the separate enclosed letter, I certify that I have no commercial associations (eg, consultancies, patent-licensing arrangements, equity interests) that might represent a conflict of interest in connection with the submitted manuscript (letter attached).

Experimental procedures in humans and animals. The Journal endorses the principles embodied in the Declaration of Helsinki and insists that all investigations involving human beings reported in articles in the Journal be carried out in conformity with these principles and with similar principles such as those of the American Physiological Society, eg, see *J Neurophysiol* 1997;78(6). In the case of animal experiments reported in the Journal, these should also conform to these latter principles or with analogous principles such as those of the Canadian Council on Animal Care or The International Association for the Study of Pain. In articles reporting experiments involving surgical procedures on animals, the type and dosage of anesthetic agent used must be specified in the Materials and Methods section, and evidence must be provided that anesthesia of suitable grade and duration was achieved. Authors reporting on their experimental work in humans or animals should also cite evidence in the Materials and Methods section of the article that this work has been approved by, respectively, an institutional clinical/human experimentation panel or an institutional animal care and use panel (or equivalent). The editor-in-chief and associate editors are expected to refuse articles in which there is no clear evidence that these principles have been adhered to, and they reserve the right to judge the appropriateness of the use of human beings and animals in experiments reported in articles submitted to the Journal.

Signature of each author required in the same order as on the manuscript title page (Fax signatures, multiple forms are acceptable). For more than 5 authors, use an extra sheet.

Signature (1) _____ Print name _____ Date _____

Signature (2) _____ Print name _____ Date _____

Signature (3) _____ Print name _____ Date _____

Signature (5) _____ Print name _____ Date _____

Corresponding author _____ **Mailing address** _____

Phone _____

Fax _____

E-mail _____

Anexo B

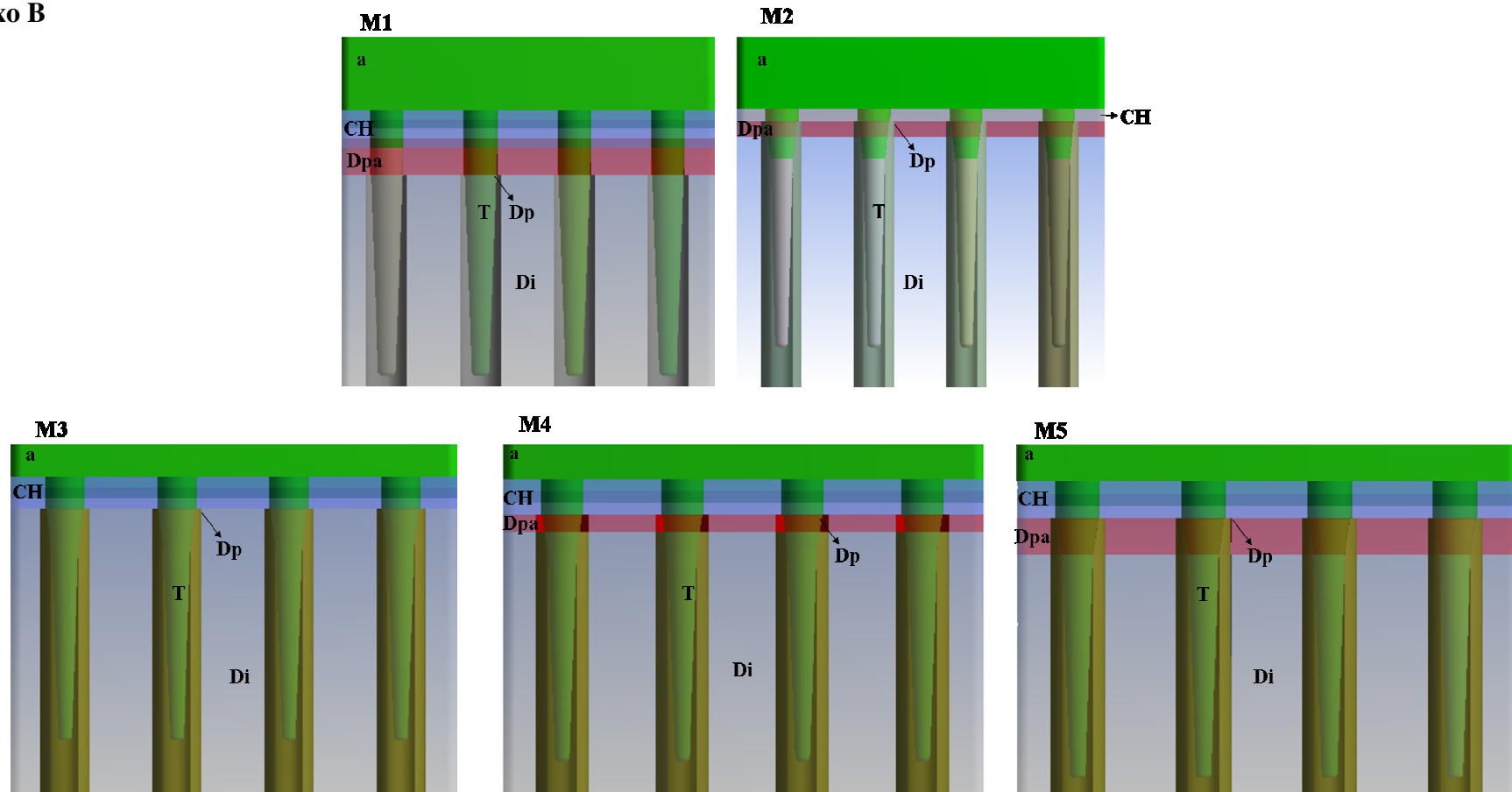


Figura 1 Anexo. Esquematização da interface d/a representada nos M1, M2, M3, M4 e M5. a: adesivo; CH: camada híbrida; Dpa: dentina parcialmente alterada; Dp: começo da dentina peritubular; Di: dentina intertubular intacta; T: tags.

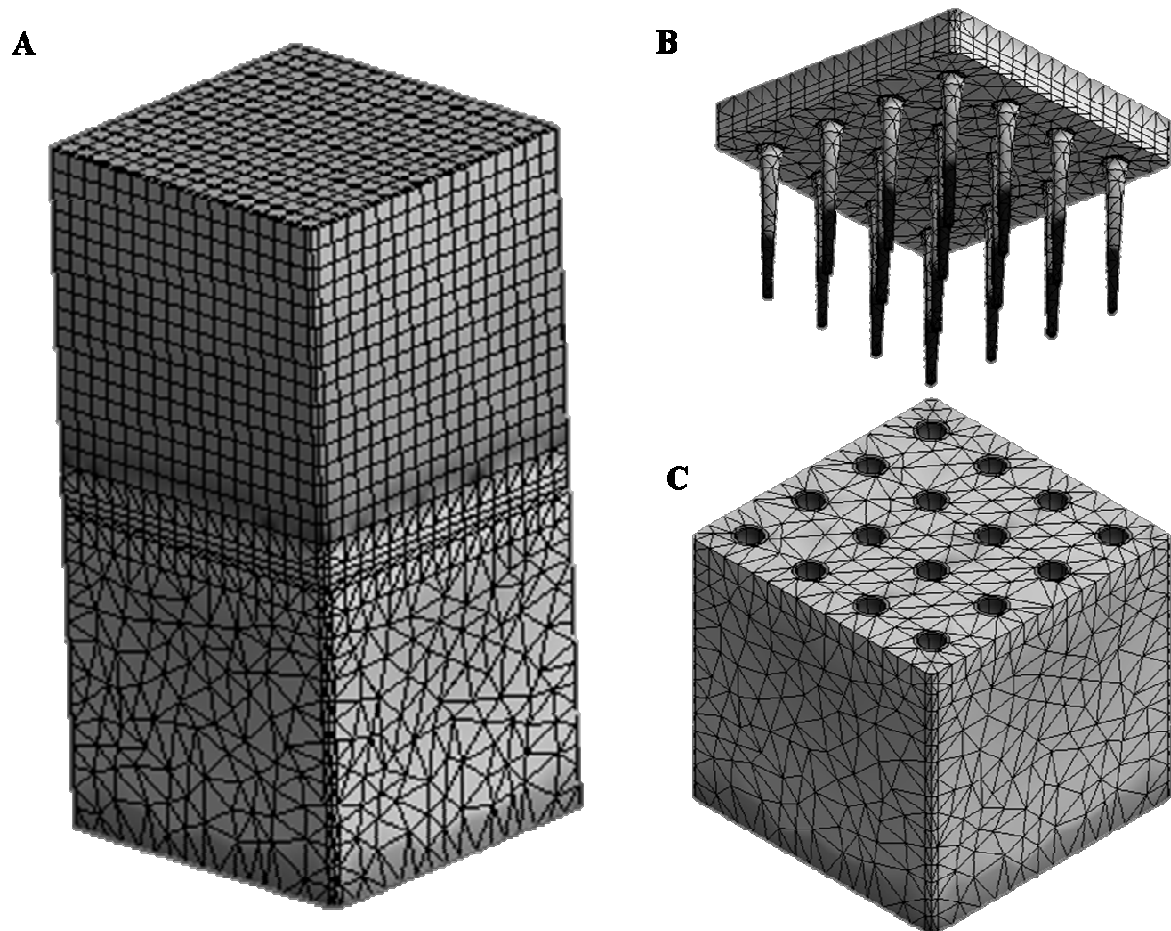


Figura 2 Anexo. Modelo matemático (M5) após a discretização. Os modelos (M1, M2, M3, M4 e M5) mostraram até 38357 elementos tetraédricos e 94100 nós. A – Micro modelo; B – Interface adesiva (CH + adesivo + tags), com projeção dos tags resinosos; C – Corpo da dentina (dentina peritubular + dentina intertubular + dentina parcialmente desmineralizada).

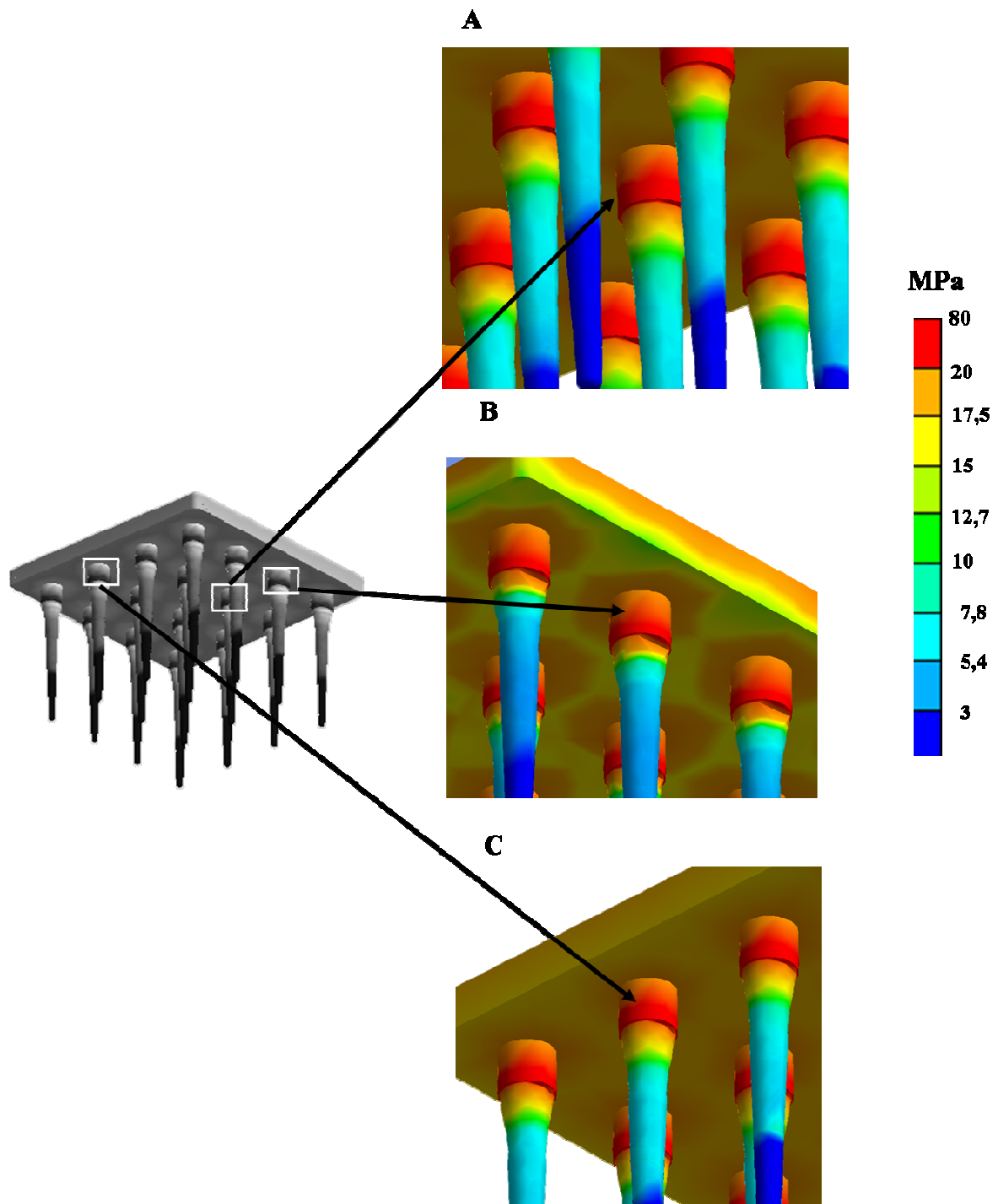


Figura 3 Anexo. Localização do pico da σ_{\max} nos tags resinosos. M3 (A), M4 (B) e M5 (C). As setas indicam o local em que ocorreu a máxima tensão (MPa).

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)