



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE FARMÁCIA, ODONTOLOGIA E ENFERMAGEM–FFOE
CURSO DE ODONTOLOGIA**

EMANOEL DE JESUS ALCANTARA FILHO

**A UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO AGENTE CONDICIONANTE DE
DENTINA**

**FORTALEZA
2018**

EMANOEL DE JESUS ALCANTARA FILHO

A UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO AGENTE CONDICIONANTE DE
DENTINA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Odontologia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Juliano Sartori
Mendonça

FORTALEZA
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A318u Alcantara Filho, Emanuel de Jesus.

A UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO AGENTE CONDICIONANTE DE DENTINA /
Emanuel de Jesus Alcantara Filho. – 2018.
28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará,
Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Curso de Odontologia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Juliano Sartori Mendonça.

1. Ácido Fítico. 2. Dentina. 3. Adesivos. I. Título.

CDD 617.6

EMANOEL DE JESUS ALCANTARA FILHO

A UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO AGENTE CONDICIONANTE DE
DENTINA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Odontologia da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Odontologia.

Aprovado em: 06/12/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Juliano Sartori Mendonça (orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Emmanuel Arraes de Alencar Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Me. Talita Arrais Daniel Mendes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por me prover forças para superar todas as dificuldades, além de abençoar todos os dias de minha vida.

Aos meus pais, **Geovana** e **Manoel**, que são exemplos de honestidade, trabalho e superação, que sempre fizeram de tudo para me proporcionar a melhor educação possível e por terem me apoiado nessa longa jornada.

Aos meus irmãos, **Mirely** e **Nathanael**, que sempre acreditaram em mim e me deram todo o apoio nas horas que mais precisei.

À minha tia **Maria do Socorro** (*in memoriam*), que sempre cuidou de mim como se fosse uma mãe, e que nunca mediu esforços para que eu pudesse chegar onde cheguei.

À **Fernanda** e o **José Aires**, que me acolheram em sua casa e por todo o carinho que me deram ao longo desses 5 anos.

À **Mariana Muniz**, por todo o carinho e paciência, por contribuir tanto no meu desenvolvimento pessoal, profissional e ético, além de me ajudar a superar todas as dificuldades. Sem dúvidas o maior presente que ganhei na odontologia.

Aos meus amigos **Paulo Matheus**, **Lívia** e **Dannylo**, por todos os momentos que compartilhamos nesses 5 anos, por sempre me ajudarem nas horas que mais precisei e por serem parte importante da minha vida.

À **Talita Arrais**, por toda ajuda, paciência e orientação durante a graduação.

Ao **Prof. Juliano Sartori Mendonça**, pela orientação na realização desse trabalho, por toda a paciência e por ter me guiado até sua conclusão, dando-me todo o suporte necessário.

Aos projetos de extensão **CENTRAU** e **Liga do Trauma**, por contribuírem de tantas formas em meu crescimento acadêmico, pessoal e social.

À minha **turma 2018.2**, por toda amizade compartilhada, por tudo que vivemos ao longo desses anos. Guardo no peito, com muito carinho, as boas impressões que todos deixaram em mim.

Aos **funcionários da Central de Esterilização**, em especial Helaine e Gorete, por toda ajuda e alegria no espaço mais estressante da faculdade. Levarei para sempre a amizade de todos.

A todos os **professores** e **servidores** que compõem a Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Ceará.

RESUMO

O ácido fítico (AF) é um ácido orgânico encontrado em cereais e sementes de plantas, muito utilizado como agente antioxidante e despigmentante. O objetivo foi avaliar o uso do AF em diferentes concentrações como agente condicionante de dentina no procedimento adesivo. As variáveis independentes do estudo foram, ácido fosfórico 37% (AF37), AF 1% (F1), AF 2% (F2), AF 3% (F3) como agentes condicionante de dentina, previamente a aplicação de um adesivo convencional de dois passos. Superfícies planas de dentina foram tratadas com os agentes condicionantes – AF37 por 15 s e AFs por 60 s -, e após aplicação ativa do sistema adesivo e sua fotoativação, confeccionou-se um platô de resina composta pela técnica incremental. Em seguida, foram obtidos espécimes em forma de palitos, com 1mm² de secção transversal. Para a análise de resistência de união foram realizados ensaios de microtração [n=5] (μ TBS), por meio de uma máquina de ensaios mecânicos universais, e nanoinfiltração [n=3], por meio de um microscópio eletrônico de varredura, sendo que as análises foram quantitativas e qualitativas, respectivamente. Para a análise estatística da μ TBS os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk seguido de análise de variância (ANOVA) e pós teste de Tukey ($p < 0,05$). Pode-se observar diferença estatisticamente significativa entre os grupos com AF em diferentes concentrações e o AF37, sendo F2 e F3 não apresentaram diferenças significativas entre si ($p > 0,05$). Em relação à nanoinfiltração, pode-se observar pouca presença de prata na interface de união tratada com AF. Conclui-se que o AF pode ser um potencial agente condicionante em substituição ao AF37. No entanto mais experimentos são necessários para avaliar o efeito do AF na resistência de união a longo prazo, propriedades mecânicas da dentina condicionada e seu efeito sobre as células pulpares.

Palavras-chave: Ácido fítico, dentina, adesivos

ABSTRACT

Phytic acid (AF) is an organic acid found in cereals and plant seeds, widely used as an antioxidant and depigmenting agent. The objective was to evaluate the use of PA in different concentrations as a dentin conditioning agent in the adhesive procedure. The independent variables of the study were: phosphoric acid 37% (AF37), AF 1% (F1), AF 2% (F2), AF 3% (F3) as dentin conditioning agents, prior to the application of a conventional adhesive of two steps. Dentin flat surfaces were treated with conditioning agents - AF37 for 15 s and AFs for 60 s -, and after an active application of the adhesive system and its photoactivation, a resin plateau composed by the incremental technique was made. Then, specimens were obtained in the form of sticks, with 1mm² cross section. Microtensile tests [n = 5] (μ TBS) were carried out by means of a universal mechanical testing machine and nanofiltration [n = 3] using a scanning electron microscope. the analyzes were quantitative and qualitative, respectively. For the statistical analysis of μ TBS the data were submitted to the Shapiro-Wilk normality test followed by analysis of variance (ANOVA) and Tukey's post-test ($p < 0.05$). A statistically significant difference was observed between the groups with AF at different concentrations and the AF37, with F2 and F3 showing no significant differences between them ($p > 0.05$). In relation to nanoinfiltration, it is possible to observe little presence of silver in the union interface treated with AF. It is concluded that FA may be a potential conditioning agent in place of AF37. However more experiments are needed to evaluate the effect of FA on the bond strength in the long term, mechanical properties of the conditioned dentin and its effect on the pulp cells.

Keywords: Phytic acid, dentin, adhesive

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AFC	Ácido Fosfórico
MMPs	Metaloproteinases de Matriz
EDTA	Ácido etilenodiaminotetraacético
AF	Ácido Fítico
MEV	Microscópio eletrônico de varredura
MPa	Megapascal
Ca	Cálcio
EGCG	Epigallocatequina-3-galato

SUMÁRIO

<u>1</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	9
<u>2</u>	<u>OBJETIVO</u>	12
	<u>2.2</u> <u>Geral</u>	12
	<u>2.3</u> <u>Específicos</u>	12
<u>3</u>	<u>MATERIAIS E MÉTODOS</u>	13
<u>4</u>	<u>RESULTADOS</u>	16
<u>5</u>	<u>DISCUSÃO</u>	17
<u>6</u>	<u>CONCLUSÃO</u>	20
	<u>REFERÊNCIAS</u>	21
	<u>FIGURAS E TABELAS</u>	26
	<u>APÊNDICE A</u>	28

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas tem-se assistido a uma popularidade crescente das restaurações estéticas, bem como grandes avanços no ramo da adesão dentária (LIU, 2011; KHOROUSHI *et al.*, 2014). A durabilidade da adesão é essencial para promover a longevidade de restaurações estéticas (EKAMBARAM *et al.*, 2014). No entanto, ao contrário do esmalte, a dentina é um tecido mineralizado hidratado que consiste em 50 vol% de matriz inorgânica cristalina, 30 vol% de matéria orgânica, da qual predomina o colágeno tipo I, e 20 vol% de fluido dentinário sob pressão pulpar que lhe confere a humidade característica (PASHLEY, 2011; TJADERHANE, 2013; EKAMBARAM *et al.*, 2014). Isto faz com que a adesão à dentina seja um desafio clínico constante (PERDIGÃO, 2007), para além de que a interface resina-dentina sofre deterioração com o tempo e ocorre falha na adesão, como resultado da degradação do adesivo, do colágeno, ou de ambos (EKAMBARAM *et al.*, 2014)

Nos sistemas adesivos de condicionamento e lavagem, é necessário um ataque ácido para remover o componente inorgânico da dentina e criar uma rede de colágeno desmineralizada, onde os monómeros de resina infiltram para formar a camada híbrida. O ácido fosfórico (AFC), utilizado a uma concentração de 30-40% tem sido historicamente o padrão ouro para o tratamento de superfície. Em 1955, Buonocore introduziu inicialmente o AFC para o condicionamento em esmalte (BUONOCORE, 1955). Já o condicionamento de dentina ainda é uma questão um pouco mais controversa. A aplicação de AFC à dentina resulta na remoção de componente inorgânico e exposição de fibrilas de colágeno que são totalmente desprovidas de hidroxiapatita (DE MUNCK *et al.*, 2003). Essas fibras de colágeno desmineralizadas são suscetíveis ao colapso, resultando em infiltração incompleta dos monómeros resinosos presentes nos sistemas adesivos (TAY *et al.*, 2000). Esta má impregnação de colágeno pode resultar em baixa resistência de ligação imediata (PRATI *et al.*, 1999), sensibilidade pós-operatória (CHERSONI *et al.*, 1999) e/ou degradação de colágeno por metaloproteinases de matriz (MMPs), o que pode comprometer a durabilidade a longo prazo da ligação (PASHLEY *et al.*, 2004).

Embora a ligação da resina em esmalte mais efetiva seja conseguida através do tratamento de superfície com AFC (FRANKENBERGER *et al.*, 2008), o tratamento da dentina é agora considerado como muito agressivo (VAN MEERBEEK *et al.*, 2011), além de ser difícil

controlar o grau de umidade que é necessária para evitar o colapso do colágeno que dificultaria a infiltração de monómeros de resina. Em tentativas de superar esses problemas, estudos anteriores avaliaram o uso de AFC em concentrações mais baixas do que a recomendada pelos fabricantes (CHAN *et al.*, 1997), bem como outros agentes, como ácido maleico (CHAN, 1997; BRESCHI *et al.*, 2002), ácido cítrico (BRESCHI *et al.*, 2002), Ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA) (TORII, 2003; KIM *et al.*, 2011), e ácido fítico no tratamento de superfície dentinária (NASSER *et al.*, 2013).

O ácido fítico (AF) conhecido como hexafosfato de inositol é um ácido orgânico comumente encontrado em nossa dieta diária, incluindo cereais, legumes, sementes de óleo e nozes (SCHLEMMER *et al.*, 2009). Os papéis biológicos e fisiológicos do AF foram amplamente investigados e revisados, particularmente no campo da química e dos medicamentos, especialmente na pesquisa sobre o câncer. O AF tem uma carga negativa forte (Fig. 1), tendo assim a capacidade de quelar com cátions multivalentes carregados positivamente, formando complexos (COWIESON *et al.*, 2006) solúveis em condições ácidas, mas precipitados a pH neutro (SCHLEMMER *et al.*, 2009), além disso, pode se ligar a alguns tipos de proteínas, formando complexos diretos e indiretos (CHERYAN, 1980; SELLE *et al.*, 2012) e tem um efeito de reticulação nas nanofibras de proteínas (RAVICHANDRAN *et al.*, 2013).

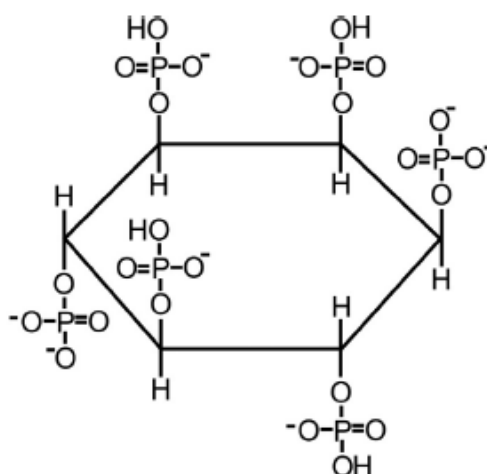


Fig. 1 – Estrutura molecular do ácido fítico (CHERYAN *et al.*, 1980).

A literatura sobre o uso do ácido fítico em odontologia é escassa, no entanto, o AF foi postulado para ter efeitos anticariogênicos ou cariostáticos através da redução da solubilidade do esmalte (BORGREVEN; DRIESSENS, 1983) ou através da sua alta afinidade com a hidroxiapatita, reduzindo assim a adsorção de bactérias nas superfícies dos dentes (efeito antiplaca) (NORDBÖ; RÖLLA, 1972); além disso, o AF foi relatado como um eficaz agente quelante do canal radicular (NASSAR *et al.*, 2015) bem como no tratamento de dentina a fim de fornecer boa ligação resina dentina (NASSAR, 2013, KONG *et al.*, 2015), apresenta uma melhor biocompatibilidade para as células da polpa e osteoblastos quando comparado ao AFC ou EDTA (NASSAR, 2013; NASSAR *et al.*, 2015). Entretanto, o conhecimento sobre AF e seu uso em odontologia adesiva são limitados. O mecanismo por trás da alta resistência de ligação do adesivo de resina à dentina condicionada não foi claramente compreendido. Especulou-se que o AF pode atuar como um agente de ligação cruzada natural às fibras de colágeno da dentina, o que poderia fortalecê-las mecanicamente e evitar o colapso (NASSAR *et al.*, 2013). Com base na capacidade deste agente natural as hipóteses do presente estudo são: (1) O AF, quando usado como agente de tratamento de superfície em dentina, poderá efetivamente remover a camada de smear layer e aumentar a resistência de união do sistema adesivo na dentina quando comparado ao uso do ácido fosfórico a 37% e (2) melhorar a interface adesiva com menor “gaps” e sítios de possíveis atuação enzimática e hidrofílica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a utilização do ácido fóico como agente condicionante de dentina previamente à utilização de um sistema adesivo de condicionamento e lavagem.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar “*in vitro*” a resistência de união à dentina do sistema adesivo Adper Single Bond 2 após condicionamento com ácido fóico nas concentrações de 1%, 2% e 3%, imediatamente após o procedimento adesivo;
- Avaliar, qualitativamente, a influência do condicionamento dentinário com ácido fóico nas diferentes concentrações, por meio de nanoinfiltração (após 24 horas) na interface de união.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Aspectos éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará, sob o número de parecer 2.439.067. Terceiros molares humanos, livres de cáries, extraídos e doados a partir de um termo de doação de dentes (Apêndice A) e armazenados em solução de timol 0,1% a 4°C, por um período de, no máximo, 30 dias.

3.2 Delineamento experimental

Trata-se de um estudo laboratorial *in vitro*, no qual as variáveis dependentes do estudo são os agentes condicionantes em dentina: Ácido fosfórico à 37 v/v % (Condac 37%, FGM, Joinville, Brasil) [AF37]; Ácido Fítico 1 v/v % (Solução de ácido fítico) [F1], Ácido Fítico 2 v/v% (Solução de ácido fítico) [F2] e Ácido Fítico 3v/v % (Solução de ácido fítico) [F3]. Para tanto foram realizados testes de microtração, por meio de uma máquina de ensaios mecânicos universais (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Brasil) e nanoinfiltração, analisada por meio de um microscópio eletrônico de varredura (Quanta FEG 450, FEI, Amsterdã, Países Baixos).

3.3 Procedimento adesivo

Vinte dentes foram cortados removendo-se o esmalte oclusal e as raízes com um disco diamantado, em baixa velocidade, por meio de uma cortadeira metalográfica (Isomet 4000; Buehler, Lake Bluff, Estados Unidos), para expor a superfície plana de dentina média. Essa dentina exposta foi lixada com papel de carbetto de silício de granulação # 320, sob constante irrigação com água durante 30 segundos, para criar uma *smear-layer* padrão. Os blocos de dentina média foram divididos aleatoriamente em quatro grupos (n=5), de acordo com o tratamento dentinário: AF37, durante 15 segundos; F1, F2 e F3 durante 60 segundos. Em seguida, os espécimes foram lavados abundantemente com água destilada por 30 segundos. Para a secagem das superfícies tratadas foi utilizado papel absorvente, pela técnica úmida adesiva, e posteriormente realizou-se aplicação do sistema adesivo (Adper Single Bond 2 - 3M ESPE) de forma ativa por 30 segundos, seguido de fotoativação por 40 segundos por um aparelho fotopolimerizador LED, com densidade de potência de 1100 mW/cm² (DB-685, Dabi Atlante, Ribeirão Preto, Brasil). Foi confeccionado um platô de resina (Filtek Z350 XT- 3M

ESPE) de aproximadamente 4 milímetros pela técnica incremental, a partir da inserção de quatro incrementos de 1 milímetro, fotoativados por 40 segundos cada.

3.3 Teste de resistência de união

Os dentes restaurados (N=5) foram armazenados em água destilada por 24h a 37°C e seccionados em duas direções “x” e “y” perpendiculares entre, obtendo-se espécimes em forma de palitos com 1,0mm², de secção transversal, utilizando o disco diamantado acoplado a uma cortadeira (Isomet 4000; Buehler, Lake Bluff, Estados Unidos), após a confecção, os espécimes foram avaliados após 24 horas. Os palitos foram fixados em um dispositivo Geraldelli utilizando um adesivo à base de cianoacrilato (Super Bonder Gel, Loctite, Henkel Co., Diadema, Brasil), e acoplados a uma máquina universal de ensaios (EMIC DL 2000, São José dos Pinhais, Brasil) e tracionados até a fratura do espécime, utilizando uma célula de carga de 500N e velocidade de 0,5 mm/min.

3.4 Teste de Nanoinfiltração

Três palitos (n=3) de resina-dentina de cada grupo foram analisados quanto a nanoinfiltração, usando uma solução de nitrato de prata amoniacal [Ag (NH₃)₂ NO₃] 50% em peso (TAY; PASHLEY, 2009). Os espécimes imersos na solução marcadora por 24 horas, com ausência de luz, em seguida imersos em solução reveladora com a presença de luz fluorescente, por 8 horas, para a precipitação de grãos de íons metálicos de prata. Em seguida, os espécimes foram lavados com água destilada, embutidos em resina epóxi, e polidos sucessivamente com lixas de carbetto de silício com granulação de 600, 1200 e 2000, molhados com água destilada e uso de pasta de diamante 1,0 µm (Buehler). Ao final de cada etapa de polimento abrasivo, os mesmos foram colocados por 5 minutos em banho ultrassônico. Após revestimento com carbono foram examinados utilizando um microscópio eletrônico de varredura (MEV) de emissão de campo (Quanta FEG 450, FEI, Amsterdã, Países Baixos), em modo de elétrons com retroespelhamento de 1000X e 2000X ampliações padronizadas (TAY; PASHLEY, 2009).

3.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada por meio do software estatístico SigmaPlot. Após passar pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk, para o teste de resistência de união, realizou-se

uma análise de variância (ANOVA), seguida do pós-teste de Tukey, sendo que para todas as análises realizadas adotou-se um nível de significância adotado foi de 5%.

4 RESULTADOS

A análise de variância demonstrou haver diferenças significativas entre os grupos de ácido fólico testados (F1, F2 e F3) e o AF37 ($p < 0,001$). O grupo F2 apresentou valores de resistência de união à dentina estatisticamente similares ($p > 0,05$) aos obtidos pelo grupo F3, e ambos apresentaram diferenças estatisticamente significantes em relação ao AF37 ($p < 0,05$). O grupo F1 não apresentou diferenças estatisticamente significantes nos valores de resistência de união à dentina em relação aos demais grupos avaliados ($p > 0,05$). (Tabela 1)

Observou-se na nanoinfiltração, por uma análise qualitativa, a presença significativa de infiltrado de prata na interface de união do grupo AF37, indicando espaços existentes na interface de união, podendo ser um indicativo de futuros sítios de degradação da camada híbrida (Figura 2). Em contrapartida, o grupo F2 apresentou pouca presença de prata nessa interface de união, indicando uma melhor qualidade dessa interface de união. (Fig. 2)

5 DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo a avaliar o efeito do AF usado como um agente condicionante de dentina nas concentrações (1%, 2% e 3%). Os achados demonstraram que o AF aumentou significativamente a resistência de união da dentina, onde os melhores resultados foram observados nas concentrações de 2% e 3%, que foram iguais estatisticamente (tabela 1). Além da alta resistência de união, foram detectadas pequenas gotas de nanoinfiltração em comparação ao ácido fosfórico a 37%. Aceitando a hipótese de que o AF, quando usado como agente de tratamento de superfície em dentina, poderá efetivamente remover a camada de smear layer e aumentar a resistência de união do sistema adesivo na dentina.

AF37 foi utilizado como grupo controle, pois o mesmo é considerado na literatura como o padrão ouro para o condicionamento da dentina. Esse condicionamento é realizado para remover a camada de smear layer e expor uma rede de colágeno, que será posteriormente infiltrada pelo adesivo que preenche as lacunas entre as fibrilas de colágeno formando a camada híbrida (VAIDYANATHAN; VAIDYANATHAN, 2009). Para a dentina, o ácido fosfórico tem sido amplamente utilizado em concentrações de 35 a 37% por 15s (LOGUERCIO *et al.*, 2014). Com essas altas concentrações, é provável que esse ácido forme uma camada profunda desmineralizada que pode não ser completamente impregnada por monômeros de resina (SUPPA, 2005; REIS *et al.*, 2007). Quando a camada de dentina desmineralizada é deixada desprotegida pela resina, ela pode se tornar uma zona fraca da interface ligada (FUENTES *et al.*, 2004). Neste estudo, esta zona fraca pode estar presente na camada híbrida do grupo AF37, que apresentou baixa resistência de união (μ TSB), e nanoinfiltração distinta. (Figura 2)

No presente estudo os melhores resultados foram obtidos nos grupos F2 e F3, podemos observar que quanto maior a concentração do ácido obtemos melhores resultados, devido a uma maior quantidade desse agente. Possivelmente, o AF em maior concentração pode gerar uma maior quantidade de ligações cruzadas e uma maior reatividade com o colágeno. O aumento na resistência de união pode ser atribuído a dois mecanismos. Primeiro, em certas condições o AF tem a capacidade de se ligar a proteínas e Cálcio (Ca), formando um complexo ternário (proteína-Ca-Fitato) que tem boa ligação química (CHERYAN, 1990; CAMPS; PASHLEY, 2000). Portanto, quando a dentina é desmineralizada ou condicionada, pode haver uma interação entre o AF, colágeno e Ca na hidroxiapatita, formando esse complexo ternário, que pode melhorar a resistência de união resina-dentina e proteger o colágeno dentinário da

degradação. Segundo, o AF pode atuar como um agente de ligações cruzadas para fibrilas de colágeno da dentina desmineralizada (LEE *et al.*, 2011; RAVICHANDRAN *et al.*, 2013), tornando-as mais estáveis e menos suscetíveis ao colapso, resultando em melhor preservação dos espaços interfibrilares, permitindo uma melhor impregnação do monômero (KONG *et al.*, 2015), dessa forma o agente pode gerar uma união resina-dentina mais estável.

O mecanismo exato do ácido fítico agindo como um agente de ligação cruzada pode ser atribuído a sua estrutura molecular, que se apresenta rica em hidroxila (-OH) (Figura 1). Similarmente a alguns outros agentes de ligação cruzada como proantocianidina e epigallocatequina-3-galato (EGCG), o efeito de reticulação do AF ao colágeno pode estar relacionado à ligação de hidrogênio que ocorre entre seus grupos hidroxila e os grupos amina (-NH₂) do aminoácido da cadeia lateral na molécula de colágeno (KU, 2007; VIDAL *et al.*, 2014).

Estudos anteriores avaliaram o efeito do ácido fítico usado como agente condicionante de dentina, os resultados demonstraram que AF a 1% aplicado por 60, 30 ou 15s foi capaz de aumentar significativamente a força de união da dentina, removendo efetivamente a camada de smear layer e teve um efeito mínimo na viabilidade das células pulpares (NASSAR *et al.*, 2013). O AF a 1% melhorou a resistência à tração da dentina desmineralizada, preservou a morfologia da rede de colágeno exposta e otimizou a resistência adesiva à dentina (KONG *et al.*, 2014). Os estudos encontrados na literatura testam o AF na concentração de 1%, e os resultados mostram significativamente melhores, sendo que no presente estudo os melhores resultados foram nas concentrações de 2% e 3%.

Numa análise quantitativa, observou-se a presença de um menor infiltrado na interface nas concentrações de 2% e 3% (Fig. 2), corroborando com os achados mecânicos da resistência de união. Isso pode se dar ao fato já mencionado sobre o aumento da concentração do agente, afirmando ainda assim, a hipótese que uma maior concentração promove um padrão de desmineralização maior, uma melhor reatividade com o colágeno, podendo resultar numa melhoria da camada híbrida com o passar do tempo.

Com base na capacidade do ácido fítico de fornecer alta resistência de união (Tabela 1) e melhor infiltração de resina, que foi mostrada pela menor nanoinfiltração dentro da camada híbrida (Figura 2), O AF é um agente condicionante de dentina promissor que poderia substituir

os agentes atualmente utilizados. No entanto, mais estudos são necessários para examinar o efeito na capacidade dos monômeros de resina se infiltrarem nos espaços interfibrilares e na inibição da degradação enzimática do colágeno.

6 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, concluiu-se que o condicionamento da dentina com AF nas concentrações de 2% e 3% aumentaram a resistência de união na interface resina-dentina, assim como apresentaram uma menor nanoinfiltração na interface da camada híbrida quando comparados ao uso do AFC. No entanto, mais experimentos são necessários para avaliar o efeito do AF na resistência de união a longo prazo, nas propriedades mecânicas da dentina e nos possíveis danos as células pulpares.

REFERÊNCIAS

- BORGGREVEN, J. M. P. M.; DRIESSENS, F. C. M. Effect of phytate and hexadecylamine on the permeability of bovine dental enamel. **Archives of oral biology**, v. 28, n. 5, p. 375-379, fev. 1983.
- BEDRAN-RUSSO, A. K. B.; YOO, K. J.; EMA, K. C.; PASHLEY, D. H. Mechanical properties of tannic-acid-treated dentin matrix. **Journal of dental research**, v. 88, n. 9, p. 807-811, set. 2009.
- BRESCHI, L.; GOBBI, P.; MAZZOTTI, G.; FALCONI, M.; ELLIS, T. H.; STANGEL, I. High resolution SEM evaluation of dentin etched with maleic and citric acid. **Dental Materials**, v. 18, n. 1, p. 26-35, jan. 2002.
- BUONOCORE, M. G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **Journal of dental research**, v. 34, n. 6, p. 849-853, dez. 1955.
- CHAN, A. R.; TITLEY, K. C.; CHERNECKYT, R.; SMITH, D. C. A short-and long-term shear bond strength study using acids of varying dilutions on bovine dentine. **Journal of dentistry**, v. 25, n. 2, p. 145-152, mar. 1997.
- CHERSONI, S.; SUPPA, P.; BRESCHI, L.; FERRARI, M.; TAY, F. R.; PASHLEY, D. H.; PRATI, C. Water movement in the hybrid layer after different dentin treatments. **Dental Materials**, v. 20, n. 9, p. 796-803, nov. 2004.
- CHERYAN, M.; RACKIS, J.J. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, v. 13, n. 4, p. 297-335, set. 1980.
- COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**, v. 85, n. 5, p. 878-885, mai. 2006.
- DE MUNCK, J.; VAN MEERBEEK, B.; YOSHIDA, Y.; INOUE, S.; VARGAS, M.; SUZUKI, K.; VANHERLE, G. Four-year water degradation of total-etch adhesives bonded to dentin. **Journal of dental research**, v. 82, n. 2, p. 136-140, fev. 2003.

- EKAMBARAM, M.; YIU, C. K. Y.; MATINLINNA, J. P.; KING, N. M.; TAY, F. R. Adjunctive application of chlorhexidine and ethanol-wet bonding on durability of bonds to sound and caries-affected dentine. **Journal of dentistry**, v. 42, n. 6, p. 709-719, jun. 2014.
- FRANKENBERGER, R.; LOHBAUER, U.; ROGGENDORF, M. J.; NAUMANN, M.; TASCHNER, M. Selective enamel etching reconsidered: better than etch-and-rinse and self-etch?. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 10, n. 5, out. 2008.
- FUENTES, V.; CEBALLOS, L.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M.; CARVALHO, R. M.; PASHLEY, D. H. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. **Dental Materials**, v. 20, n. 6, p. 522-529, jul. 2004.
- HIRAISHI, N.; SONO, R.; SOFIQUL, I.; YIU, C.; NAKAMURA, H.; OTSUKI, M.; TAGAMI, J. In vitro evaluation of plant-derived agents to preserve dentin collagen. **Dental Materials**, v. 29, n. 10, p. 1048-1054, out. 2013.
- KHOROUSHI, M.; RAFIZADEH, M.; SAMIMI, P. Bond strength of composite resin to enamel: Assessment of two ethanol wet-bonding techniques. **Journal of dentistry (Tehran, Iran)**, v. 11, n. 2, p. 150, mar. 2014.
- KIM, D. S.; PARK, S. H.; CHOI, G. W.; CHOI, K. K.; KIM, S. Y. Effect of EDTA treatment on the hybrid layer durability in total-etch dentin adhesives. **Dental materials journal**, v. 30, n. 5, p. 717-722, set. 2011.
- KONG, K.; ISLAM, M. S.; NASSAR, M.; HIRAISHI, N.; OTSUKI, M.; YIU, C. K.; TAGAMI, J. Effect of phytic acid etchant on the structural stability of demineralized dentine and dentine bonding. **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials**, v. 48, p. 145-152, ago. 2015.
- KONG, K.; HIRAISHI, N.; NASSAR, M.; OTSUKI, M.; YIU, C. K.; TAGAMI, J. Effect of phytic acid etchant on resin–dentin bonding: Monomer penetration and stability of dentin collagen. **Journal of prosthodontic research**, v. 61, n. 3, p. 251-258, out. 2017.
- KU, C. S.; SATHISHKUMAR, M.; MUN, S. P. Binding affinity of proanthocyanidin from waste *Pinus radiata* bark onto proline-rich bovine achilles tendon collagen type I. **Chemosphere**, v. 67, n. 8, p. 1618-1627, abr. 2007.

LEE, H.; JEONG, C.; GHAFOOR, K.; CHO, S.; PARK, J. Oral delivery of insulin using chitosan capsules cross-linked with phytic acid. **Bio-medical materials and engineering**, v. 21, n. 1, p. 25-36, jan. 2011.

LIU, Y.; TJÄDERHANE, L.; BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; LI, N.; MAO, J.; TAY, F.R. Limitations in bonding to dentin and experimental strategies to prevent bond degradation. **Journal of dental research**, v. 90, n. 8, p. 953-968, jan. 2011.

LOGUERCIO, A. D.; LUQUE-MARTINEZ, I.; MUÑOZ, M. A.; SZESZ, A. L.; CUADROS-SÁNCHEZ, J.; REIS, A. A comprehensive laboratory screening of three-step etch-and-rinse adhesives. **Operative dentistry**, v. 39, n. 6, p. 652-662, nov. 2014.

NASSAR, M.; HIRAIISHI, N.; ISLAM, M. S.; AIZAWA, M.; TAMURA, Y.; OTSUKI, M.; TAGAMI, J. Effect of phytic acid used as etchant on bond strength, smear layer, and pulpal cells. **European journal of oral sciences**, v. 121, n. 5, p. 482-487, jun. 2013.

NASSAR, M.; HIRAIISHI, N.; TAMURA, Y.; OTSUKI, M.; AOKI, K.; TAGAMI, J. Phytic acid: An alternative root canal chelating agent. **Journal of endodontics**, v. 41, n. 2, p. 242-247, fev. 2015.

NEZU, T.; WINNIK, F.M. Interaction of water-soluble collagen with poly (acrylic acid). **Biomaterials**, v. 21, n. 4, p. 415-419, fev. 2000.

NORDBÖ, H.; RÖLLA, G. Desorption of salivary proteins from hydroxyapatite by phytic acid and glycerophosphate and the plaque-inhibiting effect of the two compounds in vivo. **Journal of dental research**, v. 51, n. 3, p. 800-802, mai. 1972.

PASHLEY, D. H.; TAY, F. R.; YIU, C. K. Y.; HASHIMOTO, M.; BRESCHI, L.; CARVALHO, R. M.; ITO, S. Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. **Journal of dental research**, v. 83, n. 3, p. 216-221, mar. 2004.

PASHLEY, D. H.; TAY, F. R.; BRESCHI, L.; TJÄDERHANE, L.; CARVALHO, R. M.; CARRILHO, M.; TEZVERGIL-MUTLUAY, A. State of the art etch-and-rinse adhesives. **Dental materials**, v. 27, n. 1, p. 1-16, jan. 2011.

PERDIGAO, J. New developments in dental adhesion. **Dental Clinics of North America**, v. 51, n. 2, p. 333-357, abr. 2007.

PRATI, C.; CHERSONI, S.; PASHLEY, D.H. Effect of removal of surface collagen fibrils on resin–dentin bonding. **Dental Materials**, v. 15, n. 5, p. 323-331, set. 1999.

RAVICHANDRAN, R.; SEITZ, V.; REDDY VENUGOPAL, J.; SRIDHAR, R.; SUNDARRAJAN, S.; MUKHERJEE, S.; RAMAKRISHNA, S. Mimicking native extracellular matrix with phytic acid-crosslinked protein nanofibers for cardiac tissue engineering. **Macromolecular bioscience**, v. 13, n. 3, p. 366-375, jan. 2013.

REIS, A. F.; GIANNINI, M.; PEREIRA, P. N.R. Long-term TEM analysis of the nanoleakage patterns in resin–dentin interfaces produced by different bonding strategies. **dental materials**, v. 23, n. 9, p. 1164-1172, set. 2007.

SCHLEMMER, U.; FRØLICH, W.; PRIETO, R. M.; GRASES, F. Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. **Molecular nutrition & food research**, v. 53, n. S2, p. S330-S375, set. 2009.

SELLE, P. H.; COWIESON, A. J.; COWIESON, N. P.; RAVINDRAN, V. Protein–phytate interactions in pig and poultry nutrition: a reappraisal. **Nutrition Research Reviews**, v. 25, n. 1, p. 1-17, jun. 2012.

SUPPA, P.; BRESCHI, L.; RUGGERI, A.; MAZZOTTI, G.; PRATI, C.; CHERSONI, S.; TAY, F. R. Nanoleakage within the hybrid layer: a correlative FEISEM/TEM investigation. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials**, v. 73, n. 1, p. 7-14, jan. 2005.

TAY, F. R.; CARVALHO, R. M.; YIU, C. K. Y.; KING, N. M.; ZHANG, Y.; AGEE, K.; PASHLEY, D. H. Mechanical disruption of dentin collagen fibrils during resin-dentin bond testing. **Journal of Adhesive Dentistry**, v. 2, n. 3, out. 2000.

TAY F.R.; PASHLEY D.H. Biomimetic remineralization of resin-bonded acid-etched dentin. **J Dent Res**, Chicago; v. 88, n. 8, p. 719-724, ago. 2009.

TJÄDERHANE, L.; NASCIMENTO, F. D.; BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; TERSARIOL, I. L.; GERALDELI, S.; PASHLEY, D. H. Strategies to prevent hydrolytic degradation of the hybrid layer—a review. **Dental Materials**, v. 29, n. 10, p. 999-1011, out. 2013.

TORII, Y.; HIKASA, R.; IWATE, S.; OYAMA, F.; ITOU, K.; YOSHIYAMA, M. Effect of EDTA conditioning on bond strength to bovine dentin promoted by four current adhesives. **American journal of dentistry**, v. 16, n. 6, p. 395-400, dez. 2003.

VAIDYANATHAN, T. K.; VAIDYANATHAN, Jayalakshmi. Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: a critical review. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials**, v. 88, n. 2, p. 558-578, out. 2009.

VAN MEERBEEK, B.; YOSHIHARA, K.; YOSHIDA, Y.; MINE, A. J. D. M. K. L. V. L. DE MUNCK, J.; VAN LANDUYT, K. L. State of the art of self-etch adhesives. **Dental materials**, v. 27, n. 1, p. 17-28, jan. 2011.

VIDAL, C. M.; AGUIAR, T. R.; PHANSALKAR, R.; MCALPINE, J. B.; NAPOLITANO, J. G.; CHEN, S. N.; BEDRAN-RUSSO, A. Galloyl moieties enhance the dentin biomodification potential of plant-derived catechins. **Acta biomaterialia**, v. 10, n. 7, p. 3288-3294, jul. 2014.

ZHANG, J.; SENGER, B.; VAUTIER, D.; PICART, C.; SCHAAF, P.; VOEGEL, J. C.; LAVALLE, P. Natural polyelectrolyte films based on layer-by layer deposition of collagen and hyaluronic acid. **Biomaterials**, v. 26, n. 16, p. 3353-3361, jun. 2005.

FIGURAS E; TABELAS

Tabela 1: Médias (\pm desvio padrão) da resistência de união à dentina após 24 horas de procedimento adesivo, sob ensaio de microtração

Grupos	μ TSB
AF37	20,5 \pm 9,8 B
F1	25,3 \pm 10,5 AB
F2	40,2 \pm 14,8 A
F3	39,3 \pm 18,8 A

*Valores de resistência de união cujas letras maiúsculas são semelhante entre si representam a ausência de diferenças estatisticamente significantes ($p > 0,05$).

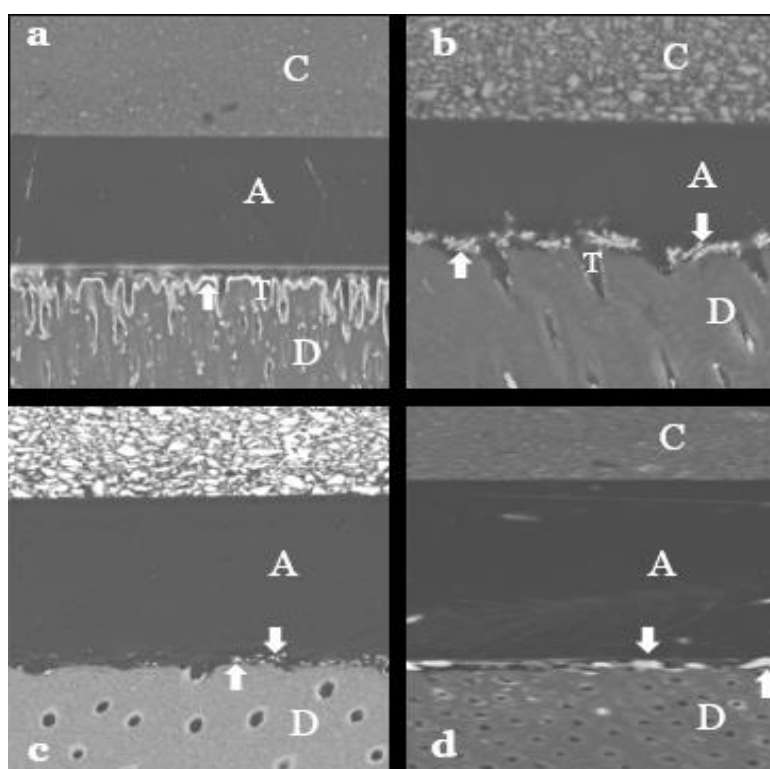


Figura 2 - Imagens representativas de MEV com aumento de 1000X, mostrando nanoinfiltração na interface ligada de cada grupo. (a) grupo AF37, (b) grupo F1, (c) grupo F2 e (d) grupo F3. As setas representam a deposição de nitrato de prata indicando nanoinfiltração (área clara). (C) composto, (A) adesivo, (T) tag resina, (D) dentina. Observa-se nanoinfiltração distinta na

camada híbrida ao redor e sob tags de resina dos grupos F1 e AF37, enquanto os grupos F2 e F36 mostraram apenas uma leve nanoinfiltração

APÊNCIDE A- TERMO DE DOAÇÃO DE DENTESTERMO DE DOAÇÃO DE DENTES HUMANOS

Eu, _____, portador do RG _____, inscrito no CRO _____, residente à (Rua, Avenida) _____, nº _____, bairro _____ na cidade de _____, Estado _____, CEP _____ telefone _____, concordo em doar de forma voluntária _____ dentes para realização da pesquisa intitulada **A UTILIZAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO COMO AGENTE CONDICIONANTE DE DENTINA**. Declaro que estes dentes foram extraídos por indicação terapêutica. Estou ciente que serão utilizados por alunos e pesquisadores da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem da Universidade Federal do Ceará para realização de pesquisas.

_____, _____ de _____ de 20____.

Assinatura do doador