

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Rafaela Ricci

**INFLUÊNCIA DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DO
ÁCIDO GLICÓLICO EM DIFERENTES PROPRIEDADES
MECÂNICAS DA DENTINA RADICULAR – ESTUDO *IN*
*VITRO***

Passo Fundo

2022

Rafaela Ricci

**INFLUÊNCIA DA ATIVAÇÃO ULTRASSÔNICA DO
ÁCIDO GLICÓLICO EM DIFERENTES PROPRIEDADES
MECÂNICAS DA DENTINA RADICULAR – ESTUDO *IN*
*VITRO***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do prof. Dr. Matheus Albino Souza.

Passo Fundo

2022

Folha reservada para
Ata de aprovação da Banca Examinadora

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ata de aprovação fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

Folha reservada para
Ficha catalográfica

Observação:

Mantenha esta página no seu arquivo, imprimindo-a.
Após, faça a substituição pela Ficha Catalográfica fornecida pela
Secretaria para manter a correta numeração do seu trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Rafaela Ricci

Nascida em 13 de abril de 1996 na cidade de Passo Fundo/RS, a autora é cirurgiã dentista graduada pela Universidade de Passo Fundo (UPF) em 19 de janeiro de 2019, sob orientação do Prof. Dr. Matheus Albino Souza, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Influência da ativação ultrassônica sobre irrigantes finais na resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso autoadesivo à dentina radicular previamente tratada com terapia fotodinâmica”. Durante a graduação atuou como bolsista de iniciação científica Pibic/UPF desenvolvendo trabalhos na linha de pesquisa: Clínica odontológica baseada em evidências. Obteve o título de Especialista em Endodontia pela Universidade de Passo Fundo em 27 de fevereiro de 2021 com monografia intitulada “Manejo endodôntico de um primeiro pré-molar inferior com 3 canais: Relato de caso”. Atualmente integra o corpo docente permanente do curso de Especialização em Endodontia da Universidade de Passo Fundo e realiza atendimentos clínicos em consultório privado localizado na cidade de Passo Fundo/RS, com foco para a área de endodontia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Cláudio Barreto Riccio e Cláudia Valéria Dário, que apoiaram os meus sonhos sem medir esforços para me ver feliz e realizada. Obrigada por terem despertado em mim a sede pelo conhecimento e pela evolução constante, vocês são os grandes responsáveis pela pessoa e pela profissional que me tornei ao longo dos últimos anos.

Aos meus professores, por compartilharem não apenas seu conhecimento teórico e prático, mas experiências pessoais, conselhos amigos e aprendizados de vida que levarei para sempre comigo ao exercer a docência.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Matheus Albino Souza, por confiar a mim a execução deste trabalho. Não sei se seria possível, de maneira justa, agradecer pelos 6 anos de convívio, trabalho em equipe e orientação. Obrigada por acreditar em mim e por abrir as portas da minha atuação como docente. Espero um dia poder retribuir à altura e despertar, em meus futuros alunos e orientados, tamanha admiração que despertastes em mim.

Aos meus colegas de turma, que mesmo em um cenário pandêmico e na grande maioria do tempo de forma EaD, se fizeram próximos e se mostraram dispostos a tornar a jornada mais leve. Foi um prazer imenso conhecer e dividir os últimos dois anos com cada um de vocês.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, por ser a minha segunda casa. A todos os colaboradores, funcionários,

alunos e professores da instituição os quais tenho imenso carinho, sinto enorme alegria e gratidão por terem participado da minha trajetória .

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de uma bolsa de estudos, que me permitiu realizar a presente pesquisa e concluir o meu curso de Mestrado.

SUMÁRIO

BIOGRAFIA DO AUTOR.....	5
AGRADECIMENTOS.....	6
SUMÁRIO.....	8
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3. PROPOSIÇÃO.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
5. RESULTADOS.....	45
6. DISCUSSÃO.....	46
7. CONCLUSÕES.....	48
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
9. REFERÊNCIAS.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão dos grupos experimentais de acordo com as substâncias testadas e a utilização da PUI.....36

Tabela 2 - Média e desvio padrão (\pm) dos testes mecânicos em estudo.....45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Seleção dos dentes bovinos.....	34
Figura 2: Secção das raízes no longo eixo.....	36
Figura 3: Corte perpendicular ao longo eixo, totalizando 4 fragmentos.....	36
Figura 4: Dentina em formato de ampulheta.....	36
Figura 5: Amostra submersa em 2mL da substância irrigadora em tubo Eppendorf.....	37
Figura 6: Ativação da substância irrigadora através da PUI.....	37
Figura 7: Teste de microtração.....	38
Figura 8: Secção das raízes no longo eixo.....	39
Figura 9: Divisão da metade da raiz em terços.....	39
Figura 10: Palito de dentina.....	39
Figura 11: Palito de dentina em tubo Eppendorf.....	39
Figura 12: Ativação da substância irrigadora através da PUI.....	40
Figura 13: Irrigação final com 5mL de DW.....	40
Figura 14: Teste de resistência flexural de três pontos.....	41
Figura 15: Obtenção de paredes dentinárias de 1mm de espessura.....	42
Figura 16: Preparo do canal radicular com brocas Largo.....	42
Figura 17: Irrigação das raízes com as substâncias testadas.....	43
Figura 18: Raízes submetidas ao protocolo de irrigação com PUI.....	43
Figura 19: Teste de resistência à fratura.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS

EDTA – Ácido etilenodiaminotetracético

GA – Ácido glicólico

CA – Ácido cítrico

PUI – Irrigação ultrassônica passiva

MEV – Microscopia eletrônica de varredura

PA – Ácido fosfórico

DW – Água destilada

EDS – espectroscopia de raios X por dispersão em energia

μm – Micrômetro

NaOCl – Hipoclorito de sódio

UFC – Unida de Formadora de Colônia

NaCl – Cloreto de sódio

KHN – Microdureza

FS – Resistência flexural

CHX – Clorexidina

MI – Irrigação manual

EA – Endoactivator®

CI – Irrigação convencional

GSE – Extra to de semente de uva

mm – milímetro

FRV – Fratura radicular vertical

Ca(OCl)₂ – Hipoclorito de cálcio

σ /UTS – Resistência coesiva

Mpa – Mega pascal

RESUMO

Esse estudo avaliou a influência da ativação ultrassônica (PUI) do ácido glicólico (GA) e do EDTA na resistência coesiva (UTS), resistência flexural (FS) e resistência à fratura dentina radicular. Noventa raízes de dentes unirradiculares bovinos foram utilizadas no estudo. As amostras formadas foram distribuídas aleatoriamente em 5 grupos, de acordo com as substâncias irrigadoras finais e o método de ativação testados (n=12): G1 - água destilada (DW); G2 - EDTA 17%; G3 - EDTA 17% com PUI; G4 - GA 17%; G5 - GA 17% com PUI. Os resultados obtidos em cada teste mecânico foram analisados estatisticamente com ANOVA de um fator, seguido pelo teste de Tukey HSD ($P < 0.05$). Não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos testados para a UTS. GA com PUI foi estatisticamente semelhante ao grupo controle e ao EDTA com PUI para a FS. GA e GA com PUI resultaram em maiores valores de resistência à fratura em comparação aos demais grupos, porém sem diferença estatística entre eles. Pode-se concluir que a ativação ultrassônica do GA 17% pelo período de 1 minuto não traz prejuízos adicionais significativos às propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes bovinos. Esse estudo suporta a ativação ultrassônica do GA como protocolo de irrigação final na terapia endodôntica.

Palavras-chave: ativação ultrassônica passiva, resistência flexural, resistência à fratura, resistência à flexão.

ABSTRACT¹

This study evaluated the influence of ultrasonic activation (PUI) of glycolic acid (GA) and EDTA on cohesive strength (UTS), flexural strength (FS) and dentin root fracture strength. Ninety roots of bovine single-rooted teeth were used in the study. The samples were randomly divided in 5 groups, according to the final irrigating substances and the activation method tested (n=12): G1 - distilled water (DW); G2 - 17% EDTA; G3 - 17% EDTA with PUI; G4 - GA 17%; G5 - GA 17% with PUI. The results obtained in each mechanical test were statistically analyzed with one-way ANOVA, followed by the Tukey HSD test ($P < 0.05$). No statistical differences were observed between the groups tested for the UTS. GA with PUI was statistically similar to the control group and to EDTA with PUI for FS. GA and GA with PUI resulted in higher values of fracture resistance compared to the other groups, but with no statistical difference between them. It can be concluded that the ultrasonic activation of GA 17% for a period of 1 minute does not bring significant additional damage to the mechanical properties of the root dentin of bovine teeth. This study supports the ultrasonic activation of GA as a final irrigation protocol in endodontic therapy.

Key words: passive ultrasonic irrigation, flexural strength, fracture resistance, ultimate tensile strength.

¹ Influence of ultrasonic activation of glycolic acid on different mechanical properties of radicular dentin - *in vitro* study

1. INTRODUÇÃO

Durante a terapia endodôntica, o uso de soluções eficazes é proposto para que se obtenha uma limpeza profunda, com o intuito de eliminar a camada de *smear layer*, que, eventualmente, serviria como substrato para crescimento bacteriano e futuras inflamações periapicais, além de proporcionar a diminuição da força adesiva entre cimento e dentina (BEHREND *et al.*, 2002; TORABINEJAD *et al.*, 2002). Dentre essas soluções podemos citar os detergentes (tergensol), os quelantes (EDTA) e as substâncias ácidas (ácido cítrico e fosfórico).

O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) é o agente quelante mais utilizado atualmente para a remoção da *smear layer* após o preparo dos canais radiculares. Diante da busca por alternativas no âmbito dos irrigantes finais que promovam uma remoção efetiva da *smear layer*, muitos são os trabalhos que revelam bons resultados com o uso do ácido glicólico (GA) (CECCHIN *et al.*, 2018; DAL BELLO *et al.*, 2019; DAL BELLO *et al.*, 2020; GAMBIN *et al.*, 2020; BARCELLOS *et al.*, 2020). Também conhecido como ácido hidroxiaético, o GA pertence ao grupo de alfa hidroxiaácidos que incluem o ácido cítrico (CA) e recentemente tem sido estudado como uma solução alternativa para a irrigação final dos canais radiculares.

Já foi observado que o GA possui capacidade de *remover smear layer*, sendo menos citotóxico que o EDTA (DAL BELLO *et al.*, 2019). Essa solução ganha destaque pelas suas propriedades biológicas e

químicas, como ação anti-inflamatória, queratolítica e antioxidante intimamente ligadas a concentração do produto (FARTASCH *et al.*, 1997), além de sua capacidade de induzir síntese de colágeno e a proliferação de fibroblastos (KIM *et al.*, 1998; BERNSTEIN *et al.*, 2001). OGA também se mostra capaz de condicionar esmalte e dentina, induzindo uma melhora significativa na adesão de materiais restauradores nestas superfícies (CECCHIN *et al.*, 2018). Portanto, mostra-se como um ácido biodegradável, com pH estável, sendo um irrigante endodôntico promissor para uso clínico e que não demonstra alterações na resistência flexural da dentina radicular (DAL BELLO *et al.*, 2020).

A irrigação ultrassônica passiva (PUI) é definida como a ativação de um instrumento endodôntico por um dispositivo ultrassônico, o qual é inserido no interior do canal radicular, promovendo a agitação mecânica da substância química auxiliar que será impulsionada para as regiões de complexidade anatômica (VAN DER SLUIS *et al.*, 2007). A PUI cria *micro streaming* acústicas que produzem tensões de cisalhamento suficientes para desalojar detritos dos canais instrumentados e melhorar a ruptura do biofilme intraradicular (PLOTINO *et al.*, 2019). As técnicas de ativação dos irrigantes finais melhoram a remoção de *smear layer* e de detritos quando comparados à irrigação convencional com agulha e, portanto, seu uso durante o tratamento do canal radicular é recomendado (VIRDEE *et al.*, 2018).

A estrutura exclusiva dos dentes naturais é a base de suas propriedades mecânicas anisotrópicas (ZHANG *et al.*, 2014). O uso de soluções irrigantes pode gerar modificações na composição da dentina radicular e promover alterações nessas propriedades mecânicas

(MARENDING *et al.*, 2007; MAI *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2014; CECCHIN *et al.*, 2015) contribuindo para a fratura radicular, que, eventualmente, condenaria o elemento dentário. A resistência à flexão, resistência coesiva (MARENDING *et al.*, 2007; CECCHIN *et al.*, 2015) e a resistência à fratura da dentina (ZHANG *et al.*, 2014) são parâmetros comumente usados para avaliar os efeitos de agentes químicos no tecido duro saudável remanescente. Diante dos bons resultados observados com o uso do ácido glicólico durante a terapia endodôntica, somados aos diversos benefícios da ativação ultrassônica de irrigantes finais, este estudo testou a hipótese de que a ativação ultrassônica do ácido glicólico não interfere negativamente nas propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes bovinos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ácido Glicólico

Também conhecido como ácido hidroxiaçético, o GA pertence ao grupo de alfa hidroxiaácidos que incluem o ácido cítrico (CA) e recentemente tem sido estudado como uma solução alternativa para a irrigação final dos canais radiculares. Essa solução ganha destaque pelas suas propriedades biológicas e químicas, como ação anti-inflamatória, queratolítica e antioxidante intimamente ligadas a concentração do produto (FARTASCH *et al.*, 1997), caracteriza-se como um sólido cristalino incolor, inodoro e higroscópico, sendo altamente solúvel em água (THIBAUT *et al.*, 1998), além de possuir capacidade de induzir síntese de colágeno e a proliferação de fibroblastos (KIM *et al.*, 1998; BERNSTEIN *et al.*, 2001).

No âmbito da odontologia, estudos recentes como o de Cecchin *et al.* (2018) avaliaram o uso do GA como um pré-tratamento de superfície para restaurações dentais. O padrão de condicionamento do pré-tratamento com GA de tecidos duros foi avaliado por microdureza de superfície e MEV. Os autores observaram que o condicionamento com GA diminuiu a microdureza do esmalte, sendo significativamente menos agressivo do que PA, enquanto ambos os ácidos mostraram reduções semelhantes na microdureza dentinária. Além disso, padrões de corrosão semelhantes para GA e PA foram revelados por MEV, enquanto aparentemente uma camada híbrida mais fina foi observada para os grupos de GA. Assim, concluiu-se que o GA condicionou efetivamente as superfícies de esmalte e dentina, sendo um agente condicionante de

superfície de esmalte e dentina adequado para procedimentos restauradores adesivos.

Os efeitos do GA na microdureza, rugosidade e distribuição do conteúdo mineral da dentina, remoção da *smear layer* e citotoxicidade também foram investigados por Dal Bello *et al.* (2019). O estudo utilizou dentes humanos submetidos à diferentes protocolos de irrigação: DW (grupo controle), 17% de EDTA, 10% de CA, 5% de GA, 10% de GA e 17% de GA. Os resultados de menor microdureza e maior rugosidade foram apresentados por GA 17%. Em células e fibroblastos em que se realizou o ensaio de viabilidade celular o GA mostrou-se capaz de remover a *smear layer* em um nível semelhante a o EDTA e CA, sem que houvesse diferença estatística entre as concentrações que foram utilizadas. Independentemente da dose, o GA e CA foram citotóxicos. Desta forma, o estudo concluiu que o GA se apresentou como um agente endodôntico de alto potencial para irrigação final em terapias endodônticas.

Dal Bello *et al.* (2020) também avaliaram as características do GA e os seus efeitos no pó de dentina e na resistência à flexão da dentina mineralizada. Avaliou-se em diferentes tempos e temperaturas a tensão superficial e os níveis de pH das soluções de EDTA, CA e GA em pó. Foram obtidos pó de dentina e palitos de dentina mineralizada, que foram imersos por 1 minuto nas soluções: EDTA, CA ou GA e sujeitos à espectroscopia infravermelha com transformada de Fourier com o intuito de obter uma análise da razão apatita/colágeno e teste de flexão de 3 pontos, respectivamente. O GA evidenciou o maior tamanho de partícula (μm) e sua tensão superficial foi similar à do EDTA e CA. Em soluções de maiores concentrações, a tensão superficial foi menor. O GA

apresentou maior constância do pH em todos os tempos e temperaturas em que foi avaliado. Conforme houve progressão da concentração de GA, a relação de apatita/colágeno diminuiu, e por outro lado, a força de flexão não foi evidentemente afetada pela concentração de GA. Esse estudo concluiu que o GA aparenta ser uma escolha agradável para ser utilizado como solução final de irrigação posteriormente a preparação do canal radicular.

Gambin *et al.* (2020) avaliou a capacidade antimicrobiana do GA em diferentes concentrações como irrigante final durante o preparo de canais radiculares. A amostra consistiu em dentes humanos unirradiculares extraídos. Os canais radiculares foram preparados de maneira padronizada com um sistema de limas rotatórias. Durante esse processo, a irrigação foi realizada com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 2,5%, e o irrigante final foi o EDTA 17%. Após o procedimento de preparo e desinfecção do canal radicular, *Enterococcus faecalis* foi cultivado em placa de Petri e 70 canais radiculares previamente preparados foram inoculados com uma suspensão contendo $3,0 \times 10^8$ UFCs por mililitro. As raízes foram divididas em 7 grupos ($n = 10$) de acordo com as seguintes soluções: cloreto de sódio a 0,9% (NaCl); 6% NaOCl; 17% EDTA; 10%, 17% ou 25% GA; ou CA a 17%. A capacidade das diferentes substâncias para reduzir o *Enterococcus faecalis* foi avaliada pela contagem das UFCs antes e depois do tratamento com as soluções irrigantes finais. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos irrigados com GA em diferentes concentrações, mas todos demonstraram maior capacidade de desinfecção do que CA e EDTA. Em diferentes concentrações, o GA

demonstrou maior capacidade de eliminar *Enterococcus faecalis* dos canais radiculares do que o EDTA.

Barcellos *et al.* (2020) avaliaram os efeitos GA (com pH 1,2 e 5) e do EDTA nas propriedades químicas e mecânicas da dentina para investigar o uso potencial do GA como irrigante final na terapia endodôntica. Foram avaliadas as alterações na KHN, remoção da *smear layer*, erosão, distribuição do conteúdo mineral, relação apatita/colágeno e resistência à flexão da dentina mineralizada tratada com GA. Os autores concluíram que o GA possui capacidade de remoção de *smear layer* semelhante ao EDTA, não afeta negativamente as propriedades químicas/mecânicas e não aumenta a erosão dentinária. O uso de GA com baixo pH parece promover menor alteração na relação colágeno/apatita, mas mais estudos são necessários para estabelecer um protocolo clínico ideal. Portanto, este estudo apoia o uso potencial de GA como uma solução de irrigação final alternativa para o preparo do canal radicular.

2.2 Ativação Ultrassônica de Irrigantes Finais

A irrigação ultrassônica passiva (PUI) se caracteriza pela agitação mecânica da substância irrigante através da ativação de um instrumento endodôntico por um dispositivo ultrassônico (VANDER SLUIS *et al.*, 2007). A PUI cria *microstreaming* acústicas que produzem tensões de cisalhamento suficientes para desalojar detritos dos canais instrumentados e melhorar a ruptura do biofilme intraradicular (PLOTINO *et al.*, 2007). Mostra-se superior à irrigação convencional com a agulha, sendo recomendada para otimizar a remoção de *smear layer*

após o preparo químico-mecânico dos canais radiculares (VIRDEE *et al.*, 2018).

Castagna *et al.* (2013) avaliaram a eficácia da PUI na remoção da *smear layer* e detritos da dentina radicular utilizando MEV. Foram preparados manualmente 25 dentes incisivos bovinos e posteriormente foram divididos em 3 grupos, conforme o protocolo final de irrigação: Grupo controle; EDTA (irrigação final com 12mL de EDTA 17% por 3 minutos, seguidos por 5mL de NaOCl 2,5%); EDTA/PUI (irrigação final com 4mL de EDTA 17% e PUI por 30 segundos). As raízes foram clivadas estudadas por MEV. Segundo a análise intragrupo o protocolo EDTA/PUI foi o que removeu maior quantidade de detritos no terço cervical. Em relação a análise de intergrupos, EDTA/PUI apresentou a menor quantidade de detritos no terço cervical. O estudo concluiu que nenhum dos protocolos irrigantes finais foi capaz de remover completamente a *smear layer* e detritos. Porém, o grupo EDTA/PUI melhorou significativamente a remoção de detritos presentes no terço cervical.

Cachovan *et al.* (2013) compararam, *in vitro*, os efeitos bactericidas de um sistema hidrodinâmico versus um sistema de PUI. Foram utilizados 250 dentes extraídos unirradiculares e estes foram contaminados com suspensões de *Enterococcus faecalis*, culturas aeróbicas mistas ou culturas anaeróbicas mistas. Primeiramente, eles compararam os efeitos antibacterianos do sistema hidrodinâmico (RinsEndo), sistema de PUI (Piezo smart) e irrigação manual com NaCl a 0,9% (grupo controle). As UFCs foram contadas e foram comparados os dois sistemas os quais utilizaram NaOCl 1,5% sozinho ou NaOCl + CHX 0,2%. Os autores observaram que os sistemas de irrigação

diminuíram o número de bactérias com maior eficácia quando comparados com a irrigação manual. A PUI com NaCl reduziu a contagem de bactérias substancialmente melhor quando comparada com a irrigação hidrodinâmica. Portanto, o estudo concluiu que os dois sistemas de irrigação quando associados com Na OCl + CHX, foram eficientes na remoção bacteriana dos canais radiculares.

Urban *et al.* (2017) avaliaram a eficácia de diferentes métodos de ativação de irrigação final na remoção de debris e *smear layer* na porção apical, média e coronal de canais radiculares retos. Canais radiculares retos de 58 pré-molares inferiores recém-extraídos foram usados. Os canais radiculares foram preparados até uma lima 40.06. A irrigação foi realizada com NaOCl a 3%. As amostras foram divididas em quatro grupos iguais (n = 12) de acordo com as técnicas de ativação de irrigação: (A) irrigação manual (MI), (B) EndoActivator (EA) (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), (C) ativação sônica EDDY (EDDY; VDW, Munique, Alemanha) e (D) PUI. Foi observado que a limpeza do canal diminuiu de coronal para apical e que significativamente mais detritos foram removidos com EA, EDDY e PUI em comparação com MI. Entretanto nenhuma diferença foi observada nas diferentes porções dos canais radiculares. Todos os métodos de ativação criaram paredes do canal quase livres de detritos e foram superiores em comparação com a irrigação manual. A PUI também mostrou escores de *smear layer* significativamente melhores em comparação com a irrigação manual.

Souza *et al.* (2017) avaliaram a influência da PUI na remoção do fotossensibilizador das paredes do canal radicular após a terapia fotodinâmica. Os canais radiculares de 60 dentes bovinos unirradiculares extraídos foram preenchidos com azul de metileno 0,01% e submetidos à

terapia fotodinâmica por 90 s. As raízes foram divididas em seis grupos (n = 10) de acordo com o protocolo final de irrigação: DW, DW + PUI, 17% EDTA, QMix, EDTA + PUI e QMix + PUI. Em seguida, as amostras foram analisadas por MEV nas regiões cervical, média e apical dos canais radiculares. Os tratamentos com 17% EDTA + PUI e QMix + PUI foram mais eficazes na remoção do fotossensibilizador em todas as regiões do canal radicular; a diferença foi estatisticamente significativa quando comparada a todos os outros grupos. Não houve diferenças significativas na análise intragrupo comparando a eficácia nas diferentes regiões do mesmo grupo. Assim, concluiu-se que a PUI pode auxiliar o EDTA 17% e o QMix na remoção do fotossensibilizador após a terapia fotodinâmica e contribuir para a limpeza das paredes do canal radicular.

Orlowski *et al.* (2020) avaliaram o efeito da PUI da solução de EDTA seguida de CI com duas concentrações de NaOCl na remoção da *smear layer*. Cinquenta pré-molares inferiores unirradiculares foram instrumentados com limas rotatórias de níquel-titânio e NaOCl a 1%. As raízes foram clivadas e as superfícies dentinárias analisadas em MEV operada à baixo vácuo. Os dentes foram remontados e distribuídos em 5 grupos de acordo com os protocolos finais de irrigação (n = 10): grupo 1, EDTA/PUI + NaOCl a 1%; grupo 2, EDTA/PUI + NaOCl a 5%; grupo 3, EDTA/CI + 1% NaOCl; grupo 4, EDTA/CI + NaOCl a 5%; e grupo 5 (controle negativo), solução salina/PUI. Após a irrigação, os dentes foram novamente separados e preparados para MEV convencional de alto vácuo da mesma superfície dentinária analisada anteriormente. Foi observado que a EDTA/PUI seguida de irrigação manual com NaOCl 1% e 5% não foram significativamente diferentes; no entanto, eles

diferiram significativamente do grupo 3 ($P < 0,05$). Com relação à limpeza do canal em diferentes terços, todos os grupos apresentaram a pior limpeza no terço apical. Os autores concluíram que a PUI é necessária quando o desbridamento do canal é realizado com EDTA e uma concentração mais baixa de NaOCl.

2.3 Resistência flexural, resistência coesiva e resistência à fratura da dentina

Cullen *et al.* (2015) avaliaram o impacto causado pelas diferentes concentrações de NaOCl, incluindo 8,25%, na força e módulo de flexão da dentina. Esse estudo foi realizado com 55 palitos de dentina que foram retirados de dentes humanos extraídos. Esse material foi dividido em cinco grupos ($n = 10$) consistindo em uma amostra de polpa e um palito de dentina imersa em várias soluções de NaOCl. O grupo controle negativo ($n = 5$) consistiu em amostras de polpa e palitos de dentina imersos em solução salina. O grupo controle positivo ($n = 5$) consistiu em amostras de polpa imersas em NaOCl 8,25% sem palitos de dentina. A cada 6 minutos, durante uma hora, as soluções eram renovadas. Os palitos de dentina foram testados para a resistência e módulo de flexão em 3 pontos. Qualquer alteração na força e módulo de flexão dos palitos para as diferentes dissoluções de NaOCl foi analisada estatisticamente. Um aumento na concentração de NaOCl mostrou uma diminuição altamente significativa no tempo de dissolução da polpa. A propriedade de dissolução da polpa do NaOCl a 8,25% foi significativamente mais rápida do que qualquer outra concentração testada de NaOCl. A presença de dentina não teve um efeito significativo na capacidade de dissolução

do NaOCl se as soluções fossem renovadas. A concentração de NaOCl não teve um efeito estatisticamente significativo no módulo ou resistência à flexão da dentina. Neste estudo, o NaOCl não teve um efeito significativo na força ou no módulo de flexão da dentina.

Cecchin *et al.* (2015) avaliaram a influência de extrato de semente de uva (GSE), NaOCl, CHX e QMix na resistência à flexão e na resistência coesiva da dentina do canal radicular. Os canais radiculares foram divididos em cinco grupos (n = 10), de acordo com as substâncias utilizadas: 2,5% NaOCl, 2% CHX, 6,5% GSE, QMix e grupo controle (DW). A irrigação final foi realizada com 17% de EDTA em todos os grupos, exceto quando DW foi utilizada. Para a avaliação da resistência flexural foram obtidos palitos de dentina e para a avaliação da resistência coesiva foram realizados cortes de dentina em formato de ampulheta. As amostras foram submetidas ao tratamento com as substâncias descritas anteriormente (n = 10). Observou-se que NaOCl e QMix reduziram significativamente a resistência coesiva e flexural da dentina radicular e que nenhuma diferença estatística foi encontrada entre CHX, GSE e DW. CHX e GSE não prejudicaram a resistência flexural e coesiva da dentina como observado para NaOCl e QMix. O uso de GSE pode ser recomendado para procedimentos endodônticos, uma vez que não interfere na resistência flexural e coesiva da dentina, assim como o uso de CHX.

Tiwari *et al.* (2016) avaliaram o impacto de vários agentes irrigantes na fratura radicular no tempo de exposição de 5 minutos. Sessenta pré-molares superiores com estruturas radiculares totalmente formadas foram seccionados, mantendo o comprimento radicular de aproximadamente 14 mm. Cinco grupos de estudo foram feitos

compreendendo EDTA, cetrimida, CA e assim por diante como vários agentes de irrigação. Uma máquina de teste de força universal foi usada para calcular a força suficiente para fraturar cada raiz. A solução de EDTA a 10% apresentou resistência máxima à fratura da porção radicular. A seleção de uma concentração adequada de EDTA que tenha efeito adverso mínimo nas propriedades mecânicas do dente é muito importante para o tratamento bem-sucedido da fratura dentária. Cerca de 10% de EDTA proporcionou a maior resistência à fratura, sendo necessário o uso de solução irrigante na terapia de canal radicular. Mas pesquisas com grupos de estudo maiores e diferentes são necessárias para buscar uma solução de irrigação mais eficiente para melhorar o resultado da terapia de canal radicular.

Uzunoglu *et al.* (2016) compararam o efeito de diferentes soluções finais de irrigação a respeito dos valores de resistência à fratura (FRVs) de dentes tratados endodonticamente. Foram utilizadas as raízes de 82 incisivos humanos extraídos. Para o grupo controle negativo, foram selecionadas 10 raízes de forma aleatória. O restante das raízes foi preparado pelo sistema ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) até a lima F2. Para o grupo controle positivo foram selecionadas 10 raízes preparadas. As raízes restantes foram divididas em 6 grupos conforme a solução de irrigação final utilizada (n=10): 5 mL de solução salina, 17% de EDTA, EDTA com surfactante (REDTA), CHX, QMix (Dentsply Tulsa Dental Specialities, Tulsa, OK) e BioPure MTAD (Dentsply Tulsa Dental Specialities). As amostras foram preenchidas com um único cone de guta-percha e selador AH Plus (Dentsply, De Trey, Konstanz, Alemanha). Os espécimes foram carregados na direção vertical a 1 mm/min de velocidade até que ocorresse fratura. Em relação

ao grupo controle negativo, os espécimes que foram irrigados com REDTA e QMix demonstraram um FRV maior. Em comparação ao grupo controle negativo, as amostras que foram expostas à clorexidina e ao BioPure MTAD apresentaram um FRV menor. Desta forma, o estudo concluiu que o sistema final de irrigação tem impacto no FRV. Além de que, quando há exposição a soluções de irrigação como RDTA e QMix que incluem surfactantes, em curto prazo, há uma provável contribuição para o FRV alto, ao contrário de como feito com BioPure MTAD, que foi uma exposição de longo tempo.

Cecchin *et al.* (2017) avaliaram os efeitos de diferentes irrigantes de canal radicular de origem sintética e natural (NaOCl 6%, Ca(OCl)₂ 6% e GSE) nas propriedades mecânicas da dentina (resistência flexural, resistência coesiva [UTS] e resistência à fratura). Palitos de dentina e cortes em forma de ampulheta foram obtidos da dentina médio-coronal e radicular (n = 10) e foram tratados com 6% de NaOCl, 6% de Ca(OCl)₂ ou 6,5% GSE por 30 min. As soluções irrigantes foram renovadas a cada 5 min. Em seguida, os espécimes de dentina foram enxaguados com DW seguida de irrigação com EDTA 17% por 1 min, e completamente enxaguados com DW novamente. As amostras do grupo controle foram testadas sem irrigação prévia. Após o tratamento com os irrigantes, os palitos de dentina foram usados para avaliar a resistência à flexão (n = 10), enquanto o UTS foi avaliado usando seções em formato de ampulheta de dentina radicular (n = 10). Da mesma forma, raízes com 1 mm de espessura da parede dentinária foram obtidas de dentes humanos e tratadas com as mesmas soluções irrigantes (n = 10). Uma carga compressiva foi aplicada às superfícies coronais das raízes até a fratura. Pode-se concluir que Ca(OCl)₂ e GSE podem ser soluções irrigantes

alternativas, uma vez que não afetam negativamente as propriedades mecânicas da dentina radicular.

Turk *et al.* (2017) avaliaram o efeito da CHX em relação à resistência à fratura de raízes tratadas com diferentes concentrações de EDTA. Cem raízes de dentes pré-molares unirradiculares tiveram os canais instrumentados e separados em 5 grupos de forma aleatória ($n = 20$) de acordo com a irrigação final: Grupo 1: DW; Grupo 2: 5% de EDTA e 2,5% de NaOCl; Grupo 3: 17% de EDTA e 2,5% de NaOCl; Grupo 4: 5% de EDTA, 2,5% de NaOCl, DW e 2% de CHX; Grupo 5: 17% de EDTA e 2,5% de NaOCl, DW e 2% de CHX. Os canais radiculares foram preenchidos utilizando uma técnica de cone único com cimento AH Plus. O grupo controle negativo foi composto por 20 dentes os quais não foram instrumentados nem preenchidos (Grupo 6). Todos os espécimes foram embebidos em resina acrílica autopolimerizável e foram carregadas verticalmente a 0,5-1 mm/min até ocorrer a fratura. A menor força de fratura vertical esteve presente no grupo 1 (apenas DW), seguido pelo grupo 3 (17% de EDTA e 2,5% de NaOCl). O maior valor de resistência à fratura esteve presente no grupo 6 (grupo controle negativo). A resistência à fratura das raízes aumentou significativamente nos grupos 4 e 5, com irrigação final com CHX após irrigação com 17% de EDTA ou 5% de EDTA e 2,5% de NaOCl, respectivamente. Concluiu-se nesse estudo que, através da irrigação intracanal com CHX de dentina radicular tratada com EDTA/ NaOCl, houve o aumento da resistência à fratura em raízes obturadas com AH Plus.

Baechtold *et al.* (2018) avaliaram a resistência à fratura de coroas dentárias submetidas a irrigação endodôntica usando diferentes protocolos. Setenta e seis dentes incisivos bovinos foram selecionados e

divididos em quatro grupos (n=19). No grupo controle foi realizada irrigação com DW; no grupo 2, foi realizada irrigação convencional com pressão apical positiva (PAP); no grupo 3, foi realizada PUI; e no grupo 4, realizou-se irrigação com PAP e solução de NaOCl a quecido (PHS). Foi medida em uma máquina de teste universal a força necessária para fraturar a coroa em um ângulo de 45°. Em consequência, o grupo controle apresentou maior resistência à fratura, quando comparado com os grupos PAP e PUI. O grupo que apresentou o menor valor de resistência à fratura foi o PHS. Desta forma os protocolos de irrigação tiveram um efeito significativo na resistência da coroa. Conclui-se nesse estudo que os dentes que apresentaram menor resistência à fratura da coroa, foram aqueles submetidos à irrigação com PHS e que, clinicamente, o contato da solução irrigadora com as paredes do canal radicular, possivelmente pode causar sua fraqueza, ocasionando a fratura da coroa.

Pedersen *et al.* (2019), avaliaram os diversos efeitos que ocorrem na dentina de coroas jovens e envelhecidas sob a ação de diferentes protocolos de irrigação nos valores FS. O estudo utilizou 120 barras de dentina, todas adquiridas da coroa de molares humanos, sendo pacientes jovens ou idosos e sem apresentar cárie. Posteriormente, ocorreu a formação de subgrupos, sendo eles: NaOCl 2,5% + EDTA 5%, NaOCl 2,5% + EDTA 15%, NaOCl 2,5%, NaOCl 15%, EDTA 5%, EDTA 15% e solução salina. As soluções de EDTA foram empregadas por 1 min e NaOCl e solução salina por 20 min. Após o protocolo de irrigação das amostras realizou-se a análise de resistência a flexão. O grupo jovem tratado com solução salina apresentou altos valores de FS quando comparado com o grupo envelhecido. Além disso, houve uma

diminuição nos valores de FS das amostras jovens em NaOCl + EDTA, quando comparados com solução salina. Concluiu-se então, que o envelhecimento mostrou um efeito considerável nos valores de FS em amostras de dentina da coroa. Houve semelhança nos resultados entre soluções de 5% de EDTA e 15% de EDTA quando relacionados aos valores de FS da dentina coronal em ambos os grupos. A combinação NaOCl+ EDTA teve um efeito mais alto em valores de FS em amostras de dentina envelhecida.

Barcellos *et al.* (2020) avaliaram os efeitos do GA (com pH 1,2 e 5) e do EDTA nas propriedades químicas e mecânicas da dentina para investigar o uso potencial do GA como irrigante final na terapia do endodôntica. Especificamente, foram avaliadas as alterações na microdureza, remoção da *smear layer*, erosão, distribuição do conteúdo mineral, relação apatita/colágeno e FS da dentina mineralizada tratada com GA. Solução salina foi usada como controle negativo. Palitos de dentina foram usados para teste de FS de 3 pontos. Os resultados de FS foram analisados estatisticamente com os testes ANOVA e Tukey ($\alpha = 0,05$). A FS não foi significativamente afetada pelas soluções experimentais ($p = 0,559$). Pode-se concluir que o GA possui capacidade de remoção de *smear layer* semelhante ao EDTA, não afeta negativamente as propriedades químicas/mecânicas e não aumenta a erosão dentinária. Portanto, este estudo apoia o uso potencial de GA como uma solução de irrigação final alternativa para o preparo de canais radiculares.

Bosaid *et al.* (2020) avaliaram os efeitos do uso prolongado de várias soluções irrigantes na estrutura física e química da dentina radicular em dentes humanos extraídos. Amostras de dentina de 60 raízes extraídas de

dentures humanas unirradiculares foram divididas em 10 grupos. Oito grupos foram irrigados com NaOCl 1,5% por 5 min, seguido por 3%, 10%, EDTA 17% ou CA10% por 5 ou 10 min. Um grupo recebeu apenas irrigação com NaOCl, e amostras com irrigação apenas DW foram usadas como grupo controle. As mudanças na FS foram determinadas usando teste de flexão de 3 pontos. Os dados foram analisados estatisticamente. O efeito do EDTA no conteúdo inorgânico não foi dependente da concentração e do tempo ($P > 0,05$). O NaOCl sozinho foi associado à menor FS, enquanto nenhum dos outros regimes de irrigação diminuiu significativamente a FS em comparação com o grupo controle ($P > 0,05$). Esse estudo concluiu que o EDTA e o CA 10% afetaram principalmente o conteúdo inorgânico e a microdureza das superfícies dentinárias. Nenhuma das soluções irrigantes diminuiu significativamente as propriedades mecânicas de toda a amostra de dentina.

Durigon *et al.* (2020) avaliaram o efeito de diferentes protocolos de irrigação endodôntica na FS e na UTS da dentina radicular. Os protocolos de irrigação foram: DW + EDTA; GSE + EDTA; NaOCl + EDTA; NaOCl + EDTA + GSE; Ca (ClO)₂ + EDTA; Ca (ClO)₂ + EDTA + GSE; CHX + EDTA; CHX + EDTA + GSE. As amostras foram preparadas e os valores de FS e UTS foram obtidos. A redução da FS dentinária foi observada nos grupos contendo NaOCl, enquanto nenhuma alteração significativa foi observada nos outros grupos. Um aumento nos valores de UTS foi obtido nos grupos contendo CHX, enquanto valores semelhantes foram observados entre o controle e os demais grupos. Segundo os autores, o protocolo de

irrigação endodôntica tem um impacto significativo nas propriedades mecânicas da dentina radicular, incluindo a UTS e FS.

De Andrade Marafija *et al.* (2021) avaliaram o efeito do EDTA e do GA na UTS, FS e resistência à fratura da dentina radicular bovina. Para os testes descritos foram utilizadas ampulhetas de dentina radicular, palitos de dentina e raízes padronizadas com 1 mm de espessura, respectivamente. ANOVA e teste de Tukey foram usados para a análise estatística ($P < 0,05$). Os resultados mostraram que EDTA e GA 17% reduziram os valores de força coesiva quando comparados à água destilada (controle; $P = 0,0022$ e $P = 0,0016$ respectivamente), enquanto os valores do grupo GA 10% foram semelhantes aos do grupo controle ($P = 0,093$). Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos para o teste de resistência à flexão ($P = 0,1974$). O teste de resistência à fratura mostrou que EDTA e GA 17% foram estatisticamente semelhantes entre si ($P = 0,7694$) e estatisticamente inferiores a GA 10% ($P = 0,0007$ e $P = 0,0004$ respectivamente). Concluiu-se que o GA 10% apresentou menos efeitos negativos nas propriedades mecânicas da dentina.

3. PROPOSIÇÃO

Esse estudo tem como objetivo avaliar a influência da ativação ultrassônica do GA 17% nas seguintes propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes bovinos: resistência coesiva, resistência flexural e resistência à fratura.

Hipótese em estudo: A ativação ultrassônica do GA 17% não interfere negativamente nas propriedades mecânicas da dentina radicular.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Seleção da amostra

O estudo não necessitou ser submetido à apreciação do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade de Passo Fundo (UPF), pelo fato de que as amostras foram compostas de dentes bovinos extraídos que iriam para descarte. Os dentes foram doados pela Fazenda Acatrolli localizada na cidade de Palmeira das Missões/RS/Brasil.

Para a realização deste trabalho, foram utilizados 90 dentes bovinos provenientes de animais abatidos para fins comerciais (Figura 1). Todos os dentes se encontravam íntegros e após a extração foram limpos com curetas periodontais, imersos em soro fisiológico a 0,9% e armazenados sob refrigeração por no máximo 3 meses antes de sua utilização. As metodologias utilizadas para a confecção das amostras para a avaliação das propriedades de resistência coesiva, resistência flexural e resistência à fratura estão de acordo com Cecchin *et al.* (2017).



Figura 1: Seleção dos dentes bovinos.

4.2 Teste de resistência coesiva

Para o teste de resistência coesiva foram selecionados 15 dentes bovinos. Uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Illinois, Estados Unidos) foi utilizada sob constante refrigeração para a remoção das coroas. Logo após, as raízes foram seccionadas no longo eixo do dente (Figura 2) e um corte perpendicular ao longo eixo foi realizado nas duas metades para produzir 4 fragmentos de dentina radicular (Figura 3). Os espécimes foram cortados manualmente em formato de ampulheta usando uma broca cilíndrica com área transversal de aproximadamente 0,8 mm². Ao todo foram obtidas 60 amostras de dentina em formato de ampulheta (Figura 4).

As amostras obtidas foram distribuídas aleatoriamente em cinco grupos, de acordo com os protocolos de irrigação final testados (n = 12): Grupo 1 – água destilada (DW) como grupo controle; Grupo 2 – EDTA 17%; Grupo 3 – Ácido glicólico 17% (GA); Grupo 4 – EDTA 17% com PUI; Grupo 5 – GA 17% com PUI (Tabela 1).

Tabela 1. Divisão dos grupos experimentais de acordo com as substâncias testadas e a utilização da PUI.

Grupo 1	DW
Grupo 2	EDTA 17%
Grupo 3	GA 17%
Grupo 4	EDTA 17% + PUI
Grupo 5	GA 17% + PUI

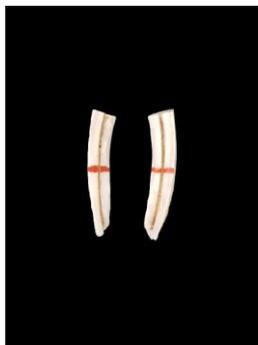


Figura 2: Secção das raízes no longo eixo.



Figura 3: Corte perpendicular ao longo eixo, totalizando 4 fragmentos.



Figura 4: Dentina em formato de ampulheta.

Cada amostra foi submersa em 2 mL da respectiva substância testada em um tubo Eppendorf (Axygen Inc, Union City, CA, USA) por 1 minuto (Figura 5). No G4 (EDTA 17% com PUI) e G5 (GA 17% com PUI), a substância irrigadora foi ativada em três ciclos de 20 segundos com um inserto ultrassônico E1 Irrisonic (Helse Ultrasonic, Brasil), totalizando 1 minuto de agitação (Figura 6). Ao final dos protocolos de

irrigação, todas as amostras foram lavadas com 5 ml de água destilada para evitar a ação contínua das substâncias nas superfícies dentinárias e mantidas em água destilada até o momento do teste mecânico.



Figura 5: Amostra submersa em 2mL da substância irrigadora em tubo Eppendorf.



Figura 6: Ativação da substância irrigadora através da PUI.

A seguir, cada espécime foi fixado em uma alça de teste microtênsil com cola de cianoacrilato (Loctite Super Bonder; Henkel Loctite Corporation, Rocky Hill, CT, EUA) e submetido à uma carga de coesiva a 0,5 mm/min em uma máquina de teste (EMIC DL 2000) (Figura 7). A área da seção transversal no local da fratura foi medida com paquímetro digital e a resistência coesiva (UTS) foi calculada pela seguinte fórmula: $\sigma = F / A$.

Onde σ representa a resistência coesiva máxima, F (N) representa a força usada e A (mm²) representa a área no local da fratura. Os dados obtidos foram expressos em MPa.

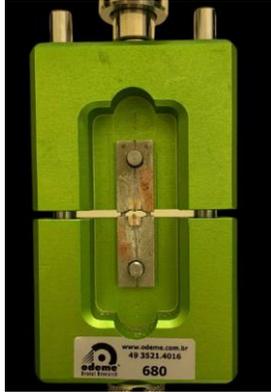


Figura 7: Teste de microtração.

4.2 Teste de resistência flexural

Para a avaliação da resistência flexural foram selecionados 15 dentes, os quais tiveram suas coroas removidas com o auxílio de uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Illinois, Estados Unidos), sob constante refrigeração com água. Logo após, um corte paralelo ao longo eixo foi realizado a fim de obter duas metades da raiz (Figura 8). Em seguida, cada metade foi dividida em terços perpendicularmente ao longo eixo, a porção mais apical foi descartada a fim de obter 4 espécimes de cada raiz (Figura 9). Para a padronização no tamanho das amostras foram utilizadas lixas abrasivas obedecendo uma sequência de granulagens decrescentes. Ao todo, foram obtidos 60 palitos de dentina em formato retangular (0,18 mm de espessura X 1,8 mm de largura X 5,0 mm de comprimento) (Figura 10).



Figura 8: Secção das raízes no longo eixo.



Figura 9: Divisão da metade da raiz em terços.



Figura 11: Palito de dentina.



Figura 10: Palito de dentina em tubo Eppendorf.

Cada amostra foi submersa em 2 mL da respectiva substância em um tubo Eppendorf (Axygen Inc, Union City, CA, USA) por 1 minuto (Figura 11). No G4 (EDTA 17% com PUI) e G5 (GA 17% com PUI), a substância irrigadora foi ativada em três ciclos de 20 segundos com um inserto ultrassônico E1 Irrisonic (Helse Ultrasonic, Brasil), totalizando 1

minuto de agitação (Figura 12). Ao final dos protocolos de irrigação, todas as amostras foram lavadas com 5 ml de DW para evitar a ação contínua das substâncias nas superfícies dentinárias e armazenadas em DW até o momento do teste mecânico (Figura 13).

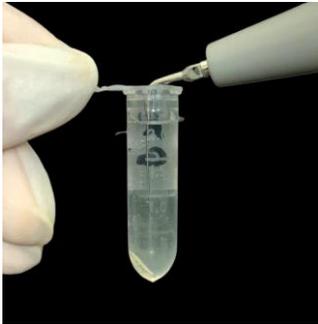


Figura 13: Ativação da substância irrigadora através da PUI.



Figura 12: Irrigação final com 5mL de DW.

O teste de resistência flexural foi realizado utilizando um dispositivo de três pontos em miniatura com uma extensão de suporte de 3 mm, no qual cada palito foi inserido no vão de suporte (Figura 14). Uma carga em MPa foi aplicada na porção central do palito por meio de uma Máquina Universal de Ensaio (EMICDL 2000) à uma velocidade de 0,5 mm/minuto até a fratura. A resistência à flexão (FS) foi calculada utilizando a seguinte fórmula: $FS = 3PL/2bd^2$

Onde P representa a carga máxima até o momento da fratura (N), L representa a distância entre os pontos de apoio (mm), b representa a largura do palito (mm) e d representa a espessura do palito (mm). Os dados obtidos foram expressos em Mega pascals (MPa).

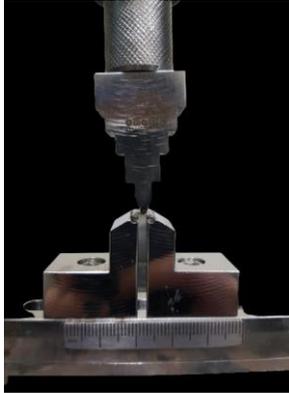


Figura 14: Teste de resistência flexural de três pontos.

4.3 Teste de resistência à fratura

Para a realização do teste de resistência à fratura, 60 dentes bovinos foram utilizados. As 60 raízes foram segmentadas das coroas utilizando uma cortadora de precisão Isomet 1000 (Buehler, Illinois, Estados Unidos) sob constante refrigeração, de modo que se obtiveram raízes retas de 15 mm de comprimento. Para a padronização das raízes, foram realizadas marcações de referência nas superfícies radiculares por meio de uma caneta de retroprojeto, cuja localização foi obtida a partir da utilização de uma régua-paquímetro digital. A primeira marcação foi realizada 2 mm abaixo do corte superior, a segunda marcação foi feita 2 mm acima do ápice radicular e a terceira marcação na metade das distâncias, entre as duas marcas.

Os canais radiculares foram preparados com brocas Largo que se adaptassem ao diâmetro do canal radicular (Figura 15). Durante esse

procedimento foram realizadas medições constantes com paquímetro digital adaptado para canais internos, até a obtenção de paredes dentinárias de 1 mm de espessura em todas as raízes (Figura 16), sendo água destilada, a substância utilizada para remover o material proveniente da preparação do canal radicular. As raízes foram embebidas em resina acrílica utilizando moldes cilíndricos plásticos de PVC com ½ polegada de espessura com 20 mm de altura, mantendo uma exposição radicular de 3 mm para simular o espaço biológico.



Figura 15: Preparo do canal radicular com brocas Largo.



Figura 16: Obtenção de paredes dentinárias de 1mm de espessura.

Com o auxílio de uma seringa e agulha descartável 25 x 0,7mm (Descarpack, São Paulo, Brasil), os condutos foram preenchidos com 2 mL da substância testada que permaneceu em contato com a paredes do canal radicular pelo tempo de 1 minuto (Figura 17). Ao mesmo tempo, no G4 (EDTA 17% com PUI) e G5 (GA 17% com PUI), a substância irrigadora foi ativada em três ciclos de 20 segundos com um inserto ultrassônico E1 Irrisonic (Helse Ultrasonic, Brasil) posicionado 2 mm aquém do forame apical, sem tocar as paredes do canal radicular,

totalizando 1 minuto de agitação (Figura 18). Ao final dos protocolos de irrigação, todas as amostras foram lavadas com 5 ml de água destilada para evitar a ação contínua das substâncias nas superfícies dentinárias e em seguida serão secas com cânula de aspiração e mantidas em água destilada até o momento do teste mecânico.



Figura 15: Irrigação das raízes com as substâncias testadas.



Figura 16: Raízes submetidas ao protocolo de irrigação com PUI.

As amostras foram posicionadas na parte inferior de uma Máquina Universal de Ensaio (EMIC DL 2000). Uma carga compressiva foi aplicada verticalmente às superfícies coronais das raízes com uma velocidade de carregamento de 1 mm/minuto até a ocorrência da fratura (Figura 19). A carga em que ocorreu a fratura foi registrada e expressa em Newtons (N).



Figura 17: Teste de resistência à fratura.

4.3 Análise estatística

Os resultados obtidos em cada teste mecânico foram analisados estatisticamente com ANOVA one-way, seguido pelo teste de Tukey e HSD ($P < 0.05$). Toda a análise estatística foi realizada utilizando o software StatPlus (Stat Plus Analyst Soft Inc. version 6.0, Vancouver, BC, Canada).

5. RESULTADOS

Tabela 2 – Média e desvio padrão (\pm) dos testes mecânicos em estudo			
Grupos	Resistência coesiva	Resistência flexural	Resistência à fratura
DW	73,12 (27,59) ^a	2,58 (1,23) ^b	285,58 (60,39) ^b
EDTA	78,56 (29,39) ^a	6,57 (3,29) ^a	325,46 (129,70) ^b
GA	75,87 (38,92) ^a	5,58 (2,64) ^a	483,36 (152,78) ^a
EDTA + PUI	81,79 (36,40) ^a	4,09 (2,32) ^{a,b}	278,53 (113,48) ^b
GA + PUI	114,58 (42,75) ^a	3,13 (1,51) ^b	361,84 (146,55) ^{a,b}
<p><i>DW</i> distilled water, <i>EDTA</i> ethylenediaminetetraacetic acid, <i>GA</i> glycolic acid, <i>PUI</i> passive ultrasonic irrigation Different letters represent statistically significant differences ($P < .05$). The comparison is made only in each column</p>			

A média e o desvio padrão para os valores de resistência coesiva, resistência flexural e resistência à fratura estão dispostos na Tabela 2.

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos testados para a resistência coesiva. GA + PUI foi estatisticamente semelhante ao grupo controle e ao EDTA + PUI para a resistência flexural. GA e GA + PUI resultaram em maiores valores de resistência à fratura em comparação aos demais grupos, porém sem diferença estatística entre eles.

6. DISCUSSÃO

O uso de dentes bovinos pode ser uma alternativa para a realização de estudos *in vitro*. Além de serem mais facilmente obtidos, já foi observado que a geometria radicular e as características da dentina humana e bovina assemelham-se possibilitando essa substituição (SCHILKE *et al.*, 2000; SCHMALZ *et al.*, 2001; COSTA *et al.*, 2015). Embora as propriedades mecânicas possam diferir após a exposição a diferentes irrigantes endodônticos, os dois substratos mostram tendências semelhantes. Portanto, o uso de dentina bovina em estudos *in vitro* para a avaliação das propriedades mecânicas da dentina é preconizado (COCHRANE *et al.*, 2019).

Recentemente, De Andrade Marafiga *et al.* (2021) utilizaram dentes bovinos para a avaliação das mesmas propriedades mecânicas da dentina radicular utilizando GA 10%, GA 17% e EDTA 17% como irrigantes finais. As amostras padronizadas ficaram em contato com as diferentes soluções pelo período de 5 minutos. Os autores observaram que os grupos EDTA 17% e GA 17% reduziram significativamente os valores de resistência coesiva, divergindo dos resultados obtidos nesse estudo, onde nenhuma diferença significativa foi encontrada. Em contrapartida, os resultados observados para a resistência flexural estão de acordo com De Andrade Marafiga *et al.* (2021), já que os grupos EDTA 17% e GA 17% apresentaram valores estatisticamente semelhantes quando utilizados sem PUI.

Nos resultados encontrados por De Andrade Marafiga *et al.* (2021), todos os irrigantes reduziram a resistência à fratura em um período de 5 minutos quando comparados ao grupo controle e não foram

observadas diferenças entre GA 17% e EDTA 17%. Já no presente estudo, os maiores valores de resistência à fratura foram observados para GA e GA + PUI, sem diferença estatística entre eles. O GA sozinho apresentou valores de resistência à fratura significativamente maiores do que os demais grupos. A relação entre a melhora desta propriedade mecânica e as diversas propriedades biológicas já evidenciadas em estudos com ácido glicólico pode ser um ponto a ser investigado para explicar esse efeito (FARTASCH *et al.*, 1997; KIM *et al.*, 1998; BERNSTEIN *et al.*, 2001).

Considerando que o EDTA é o agente quelante mais utilizado atualmente para a irrigação final dos canais radiculares, é interessante observar que, no presente estudo, o grupo GA + PUI foi similar ao EDTA + PUI e ao grupo controle para todas as propriedades mecânicas avaliadas. Sendo assim, não parece trazer prejuízos adicionais à dentina radicular de dentes bovinos. Dessa forma, a hipótese de que a ativação ultrassônica do GA não altera as propriedades mecânicas da dentina bovina foi aceita pelo estudo.

Uma das limitações enfrentadas está relacionada ao menor tempo de exposição da dentina radicular aos irrigantes. Autores que submeteram as amostras de dentina aos irrigantes finais por tempos de exposição iguais ou superiores a 5 minutos obtiveram piores escores de resistência coesiva, flexural e à fratura (TIWARI *et al.*, 2016; CECCHIN *et al.* 2017; BOSAIID *et al.*, 2020; DE ANDRADE MARAFIGA *et al.*, 2021). Assim, 1 minuto de exposição parece ser insuficiente para resultar em efeitos significativos nas diferentes propriedades mecânicas da dentina bovina.

A padronização da dentina radicular bovina também parece ser importante, a algumas diferenças podem ser observadas na microdureza da dentina de dentes bovinos com diferentes idades. Portanto, recomenda-se a seleção de dentes bovinos mais velhos devido às maiores chances de encontrar maior semelhança com dentes humanos (FONSECA *et al.*, 2008). Mais pesquisas são necessárias para esclarecer se o tempo de exposição, a padronização da dentina bovina e diferentes concentrações do GA associado à PUI podem interferir negativamente nas propriedades mecânicas estudadas *in vitro*.

7. CONCLUSÕES

A partir das limitações do presente estudo, pode-se concluir que a ativação ultrassônica do GA 17% pelo período de 1 minuto não traz prejuízos adicionais significativos às propriedades mecânicas da dentina radicular de dentes bovinos. Esse estudo suporta a ativação ultrassônica do GA como protocolo de irrigação final na terapia endodôntica.

Entretanto, mais pesquisas são necessárias para esclarecer se o tempo de exposição, a idade dos dentes selecionados e diferentes concentrações do GA associado à PUI podem interferir negativamente nas propriedades mecânicas estudadas *in vitro*.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há conflito de interesse na realização desta pesquisa.

Sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas a fim de esclarecer se o tempo de exposição, a idade dos dentes selecionados e diferentes concentrações do GA associado à PUI podem interferir negativamente nas propriedades mecânicas estudadas *in vitro*.

9. REFERÊNCIAS

BAECHTOLD, M.; DA CUNHA, L.; SOUZA, E.; GABARDO, M.; DE OLIVEIRA, K.; BARATTO-FILHO, F. *et al.* Effect of Endodontic Irrigation Protocols on Crown Fracture Resistance. *J Contemp Dent Pract*, v. 19, n. 7, 2018.

BARCELLOS, D. P. D. C.; FARINA, A. P.; BARCELLOS, R.; SOUZA, M. A.; BORBA, M.; BEDRAN-RUSSO, A. K. *et al.* Effect of a new irrigant solution containing glycolic acid on smear layer removal and chemical/mechanical properties of dentin. *SciRep*, v. 10, n.1, 2020.

BEHREND, G. D.; CUTLER, C. W.; GUTMANN, J. L. An in- vitro study of smear layer removal and microbial leakage a long root- canal fillings. *Int Endod J*, v. 29, n. 2, p. 99, 1996.

BERNSTEIN, E. F.; JASON, L.; BROWN, D. B.; YU, R.; SCOTT, E. V. Glycolic acid treatment increases type I collagen mRNA and hyaluronic acid content of human skin. *Dermatol surg*, v. 27, n. 5, p. 429-433, 2001.

BOSAID, F.; AKSEL, H.; MAKOWKA, S.; AZIM, A.A. Surface and structural changes in root dentine by various chelating solutions used in regenerative endodontics. *Int Endod J* v. 53, n. 10, p.1438-1445, 2020.

CACHOVAN, G.; SCHIFFNER, U.; ALTENHOF, S.; GUENTSCH, A.; PFISTER W.; EICK, S. Comparative antibacterial efficacies of

hydrodynamic and ultrasonic irrigation systems in vitro. *J Endod*, v. 39, n. 9, 2013.

CASTAGNA, F.; RIZZON, P.; SANTINI, M.F.; BARRETO, M.S.; DUARTE, M.A.H.; SÓ, M.V.R. Effect of passive ultrasonic instrumentation as a final irrigation protocol on debris and smear layer removal - a sem analysis. *Microsc Res Tech*, v. 76, n. 5, p. 496- 502, 2013.

CECCHIN, D.; FARINA, A.P.; VIDAL, C.; BEDRAN-RUSSO, A.K. A Novel Enamel and Dentin Etching Protocol Using α -hydroxy Glycolic Acid: Surface Property, Etching Pattern, and Bond Strength Studies. *Oper Dent*, v. 23, n. 1, 2018.

CECCHIN, D.; FARINA, A. P.; SOUZA, M. A.; ALBARELLO, L. L.; SCHNEIDER, A. P.; VIDAL, C. M. P. *et al.* Evaluation of antimicrobial effectiveness and dentine mechanical properties after use of chemical and natural auxiliary irrigants. *J. Dent*, v.43, n. 6, 2015.

CECCHIN, D.; GIARETTA, V. S.; CADORIN, B. G.; SOUZA, M. A.; VIDAL, C. M. P.; FARINA, A. P. Effect of synthetic and natural-derived novel endodontic irrigant solutions on mechanical properties of human dentin. *J Mater Sci Mater Med*, v.28, n.9, 2017.

COCHRANE, S.; BURROW, M.F.; PARASHOS, P. Effect on the mechanical properties of human and bovine dentine of intracanal medicaments and irrigants. *Aust Dent J*, v. 64, n.1, p. 35-42, mar. 2019.

COSTA, B.M.; IWAMOTO, A.S.; PUPPIN-RONTANI, R.M.; PASCON, F.M. Comparative Analysis of Root Dentin Morphology and Structure of Human Versus Bovine Primary Teeth. *Microsc Microanal*, v. 21, n.3, p. 689-94, jun. 2015.

CULLEN, J. K. T.; WEALLEANS, J. A; KIRKPATRICK, C.; YACCINO, J. M. The Effect of 8.25% Sodium Hypochlorite on Dental Pulp Dissolution and Dentin Flexural Strength and Modulus. *J Endod*, v. 48, n. 6, 2015.

DAL BELLO, Y.; FARINA, A. P.; SOUZA, A. M.; CECCHIN, D. Glycolic acid: Characterization of a new final irrigant and effects on flexural strength and structural integrity of dentin. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, v. 106, 2020.

DAL BELLO, Y.; PORSCHE, H. F.; SOUZA, A. M.; SILVA, E.J.N.L.; BEDRAN-RUSSO, A. K.; CECCHIN, D. Glycolic acid as the final irrigant in endodontics: Mechanical and cytotoxic effects. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, v. 100p. 323-329, 2019.

DE ANDRADE MARAFIGA, F.; BARBOSA, A.F.A.; SILVA, E.J.N.L.; SOUZA, M.A.; FARINA, A.P.; CECCHIN, D. Effect of glycolic acid and EDTA on dentin mechanical properties. *Aust Endod J*, Epub ahead of print, 2021.

DURIGON, M.; CECCHIN, D.; DE CARLI, J. P.; SOUZA, M. A.; FARINA, A. P. Could calcium hypochlorite and grape seed extract keep

the mechanical properties of root dentin and fracture resistance of weakened roots? *J Mech Behav Biomed Mater*, v. 106, 2020.

FARTASCH, M.; TEAL, J.; MENON, G. K. Mode of action of glycolic acid on human stratum corneum: ultrastructural and functional evaluation of the epidermal barrier. *Arch Dermatol Res*, v. 289, n. 7, p. 404–409, 1997.

FONSECA, R.B.; HAITER-NETO, F.; CARLO, H.L.; SOARES, C.J.; SINHORETI, M.A.; PUPPIN-RONTANI, R.M.; CORRER-SOBRINHO, L. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol*, v. 53, p. 1023-29, 2008.

FUENTES, V.; CEBALLOS, L.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M.; CARVALHO, R.M.; PASHLEY, D.H. Tensile strength and microhardness of treated human dentin. *Dent Mater*, v. 20, n. 6, p.522-9, 2004.

GAMBIN, D. J.; LEAL, L. O.; FARINA, A. P.; SOUZA, M. A.; CECCHIN, D. Antimicrobial activity of glycolic acid as a final irrigant solution for root canal preparation. *Gen Dent*, v. 68, n. 1, p.41-44, 2020.

KATAOKA, M.; SASAKI, M.; HIDALGO, G. D.; NAKANO, M.; SHIMIZU, S. Glycolic acid production using ethylene glycol-oxidizing microorganisms. *Biosci Biotechnol Biochem*, v. 65, n. 10, p.2265-2270, 2001.

KIM, S.; PARK, J.; KIM, D.; WON, Y.; MAIBACH, H. I. Increased in vivo collagen synthesis and in vitro cell proliferative effect of glycolic acid. *Dermatol surg*, v. 24, n. 10, p. 1054-1058, 1998.

MAI, S.; KIM, Y.K.; AROLA, D.D.; GU, L.S.; KIM, J.R.; PASHLEY, D.H.; *et al.* Differential aggressiveness of ethylenediamine tetraacetic acid in causing canal wall erosion in the presence of sodium hypochlorite. *J Dent* v.38, p. 201–6, 2010.

MARENDING, M.; LUDER, H.U.; BRUNNER, T.J.; KNECHT, S.; STARK, W.J.; ZEHNDER, M. Effect of sodium hypochlorite on human root dentine: mechanical, chemical and structural evaluation. *Int Endod J* v. 40, p. 786–9, 2007.

ORLOWSKI, N.B.; SCHIMDT, T.F.; TEIXEIRA, C.D.S.; GARCIA, L.D.F.R.; SAVARIS, J.M.; TAY, F.R.; BORTOLUZZI, E.A. Smear Layer Removal Using Passive Ultrasonic Irrigation and Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. *J Endod* v.25, n.20. p. 30509-4, 2020.

PEDERSEN, N. D.; UZUNOGLU, E.; BUZOGLU, H. D. Influence of Different Irrigation Protocols on Microhardness and Flexural Strength Values of Young and Aged Crown Dentin. *Gerodontology*, v. 37, n. 1, 2020.

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; MERCADE, M.; CORTESE, T.; STAFFOLI, S.; GAMBARINI, G. *et al.* Efficacy of sonic and ultrasonic irrigation devices in the removal of debris from canal irregularities in artificial root canals. *J Appl Oral Sci*, v. 27, 2019.

QIAN, W.; SHEN, Y.; HAAPASALO, M. Quantitative analysis of the effect of irrigant solution sequences on dentin erosion. *J Endod*, v. 37, n. 10, p. 1437-1441, 2011.

SANO, H.; CIUCCHI, B.; MATTHEWS, W.G.; PASHLEY, D.H. Tensile properties of mineralized and demineralized human and bovine dentin. *J Dent Res*, v. 73, n. 6, p. 1205-1211, 1994.

SCHILKE, R.; LISSON, J.A.; BAUSS, O.; GEURTSSEN, W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol*, v. 45, n. 5, p. 355-61, maio 2000.

SCHMALZ G, HILLER KA, NUNEZ LJ, STOLL J, WEIS K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod*, v. 27, n. 1, p. 23-30, jan. 2001.

SCHMIDT, T.F.; TEIXEIRA, C.S.; FELIPPE, M.C.S.; PASHLEY, D.H.; BORTOLUZZI, E.A. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod*, v. 41, n. 8, 2015.

SOUZA, E.M.; CALIXTO, A.M.; LIMA, C.N.; PAPPEN, F.G.; DE-DEUS, G. Similar influence of stabilized alkaline and neutral sodium hypochlorite solutions on the fracture resistance of root canal-treated bovine teeth. *J Endod* v.40, n.10, p.1600-3, 2014.

SOUZA, M. A.; PAZINATTO, B.; BISCHOFF, K. F.; PALHANO, H. S.; CECCHIN, D.; FIGUEIREDO, J. A. P. Influence of ultrasonic activation over final irrigants in the removal of photosensitizer from root canal walls after photodynamic therapy. *Science Direct*, v. 17, p. 216-220, 2017.

THIBAUT, P.K.; WLODARCZYK, J.; WENCK, A. A double-blind randomized clinical trial on the effectiveness of a daily glycolic acid 5% formulation in the treatment of photoaging. *Dermatol Surg*, v. 24, n. 5, p. 573-578, 1998.

TIWARI, S.; NIKHADE, P.; CHANDAK, M.; SUDARSHAN, C.; SHETTY, P.; GUPTA, N.K. Impact of Various Irrigating Agents on Root Fracture: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract*, v. 17, n. 8, p.659-662, 2016.

TURK, T.; KAVAL, M. E.; SARIKANAT, M.; HÜLSMANN, M. Effect of final irrigation procedures on fracture resistance of root filled teeth: an ex vivo study. *Int Endod J*, v. 5, n. 8, p.799-804, 2016.

TORABINEJAD, M.; HANDYSIDES, R.; KHADEMI, A. A.; BAKLAND, L. K. Clinical implications of the smear layer in

endodontics: A review. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol*, v. 94, n. 6, p. 658-666, 2002.

URBAN, K.; DONNERMEYER, D.; SCHÄFER, E.; BÜRKLEIN, S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Investig*, v.21. n. 9, 2017.

UZUNGOLU, E.; YILMAZ, Z.; ERDOGAN, O.; GÖRDUYSUS, M. Final Irrigation Regimens Affect Fracture Resistance Values of Root-filled Teeth. *J Endod*, v. 42, n. 3, 2016.

VAN DER SLUIS, L.W.M.; VERSLUIS, M.; WU, M.K.; WESSELINK, P.R. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J*, v. 40, n. 6, p. 415–426, 2007.

VAN DER SMISSEN, A.; HOFFMEISTER, P.G.; FRIEDRICH, N.; WATARAI, A.; HACKER, M.C.; SIEGMUND, M.S. *et al.* Artificial extracellular matrices support cell growth and matrix synthesis of human dermal fibroblasts in macroporous 3D scaffolds. *J Tissue Eng Regen Med*, v. 11, n. 5, 2015.

VIRDEE, S. S.; SEYMOUR, D. W.; FARNELL, D.; BHAMRA, G. Efficacy of irrigant activation techniques in removing intra canal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*, v. 51, n. 6, p. 605-621, 2018.

ZHANG, Y.R.; DU, W.; ZHOU, X.D.; YU, H.Y. Review of research on the mechanical properties of the human tooth. *Int J Oral Sci* v. 6, n. 2, p.61-9, 2014.

