

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
Curso de Odontologia
Programa de Pós-graduação em Odontologia (PPGOdonto)

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA OZONIZADA E DA
TERAPIA FOTODINÂMICA NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE
PINOS DE FIBRA DE VIDRO À DENTINA RADICULAR**

Mestranda: Sara de Figueiredo Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. João Paulo De Carli

Co-orientador: Prof. Dr. Matheus Albino Souza

Passo Fundo, março de 2023.

Sara de Figueiredo Ribeiro

**INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO COM ÁGUA OZONIZADA E DA
TERAPIA FOTODINÂMICA NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE
PINOS DE FIBRA DE VIDRO À DENTINA RADICULAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia do Curso de Odontologia da UPF, para obtenção do título de Mestra em Odontologia – Área de Concentração em Clínica Odontológica, sob orientação do Prof. Dr. João Paulo De Carli e co-orientação do Prof. Dr. Matheus Albino Souza.

Passo Fundo, março de 2023.

Folha reservada para
Aprovação da Banca Examinadora

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

Sara de Figueiredo Ribeiro

Nascida em 27 de dezembro de 1991 na cidade de Lagoa Vermelha/RS, a autora é cirurgiã-dentista, graduada pela Universidade de Passo Fundo (UPF) em 16 de janeiro de 2016, sob orientação do Prof. Dr. João Paulo De Carli, com o trabalho de conclusão de curso intitulado “Avaliação da atividade proliferativa celular da leucoplasia bucal por meio da técnica de impregnação tecidual pela prata (AGNOR)”. Atualmente realiza atendimento clínico, com foco em estética facial e dental, nos municípios de Lagoa Vermelha/RS e Joaçaba/SC.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Valnéia G. de Figueiredo, por todo o apoio para que eu nunca desista frente às adversidades e siga sempre firme na conquista dos meus objetivos. Agradeço ao meu pai Generi Carlos da Silva Ribeiro (*in memorian*), o qual mesmo com a distância física tenho certeza que esteve presente em muitos momentos sendo meu guia de luz. Em especial, à minha avó, Leopoldina Dias da Silva Ribeiro (*in memorian*), que partiu durante a pandemia e, durante minha trajetória neste curso de pós-graduação, foi responsável com seu amor e sua personalidade de me tornar esta mulher forte e resistente, que luta pelos seus ideais e sonhos.

Ao Prof. Dr. João Paulo De Carli, pela orientação, profissionalismo, competência, por partilhar não apenas seu conhecimento teórico e prático, mas experiências, conselhos amigos e aprendizados de vida que levarei para sempre comigo.

À equipe de pesquisa da graduação do meu orientador: Eduarda Ferreira, Marciele Fuhr e Felipe Dallepiane, certamente vocês tornaram esses dois anos de mestrado muito especial, ficaram guardados com muito carinho nas minhas mais belas recordações.

À coorientação do Prof. Dr. Matheus Albino Souza, e aos colaboradores que tive no transcorrer desta pesquisa: Prof. Dr. Huriel Scartazzini Palhano, Prof. Dr. Pedro Henrique Corazza e os Doutorandos Leonardo Saraiva e Letícia Dogenski.

Agradeço à Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, por todos esses anos, de graduação e mestrado. A todos os demais professores e funcionários desta instituição, meu eterno carinho.

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.

À empresa Angelus Produtos Odontológicos (Londrina/PR/Brasil), pela doação de parte dos materiais utilizados nesta pesquisa.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média e desvio-padrão ($M \pm DP$) de resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular dos grupos experimentais nos terços cervical, médio e apical das raízes. 32

Tabela 2 - Distribuição de tipos de falha encontrados em cada grupo. 33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amostras padronizadas em 2 mm de diâmetro interno e 5 mm de diâmetro externo.	21
Figura 2 - Gerador de Ozônio Philozon Medplus®.	22
Figura 3 - Irrigação dos canais radiculares com as substâncias testadas.	23
Figura 4a - Preenchimento dos canais com azul de metileno.	24
Figura 4b - Irradiação com laser de baixa intensidade.	24
Figura 4c - Irrigação dos canais com água destilada.	25
Figura 5 - Lavagem final com EDTA.	25
Figura 6a - Pinos de fibra de vidro após a aplicação do sistema adesivo Ambar APS®.	26
Figura 6b - Fotoativação do adesivo sobre os pinos.	27
Figura 7a - Isolamento do canal radicular com gel hidrossolúvel.	27
Figura 7b - Pino de fibra de vidro envolvido com resina composta levado ao interior do canal radicular.	27
Figura 7c - Pino retirado e recolocado no canal para remoção dos excessos de compósito.	27
Figura 8a - Cimentação do pino de fibra de vidro com cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U200®.	28
Figura 8b - Fotopolimerização do pino por 5s.	28
Figura 9a - Corte das raízes em cortadora metalográfica com disco diamantado dupla face.	29
Figura 9b - Demonstração da espessura das fatias com paquímetro eletrônico.	29
Figura 9c - Fatias do grupo NaOCl 5,25%+PDT utilizadas nos testes: duas do terço cervical, duas do terço médio e duas do terço apical.	29
Figura 10 - Vista do dispositivo de teste PO acoplado à máquina universal de ensaios.	30
Figura 11 - Área do cilindro. Fonte: Autores.	31
Figura 12 - Gráficos comparativos dos grupos estudados quanto aos valores de resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular nos terços radiculares cervical, médio e apical.	32

LISTA DE ABREVIATURAS

NaOCl – Hipoclorito de sódio

PDT – Terapia fotodinâmica

O₂ – Oxigênio

Na⁺ – Cátion sódio

ClO⁻ – Ânion hipoclorito

nm – Nanômetro

µg – Micrograma

mL – Mililitro

min – Minuto

LED – Diodos emissores de luz

mm – Milímetro

nº – Número

DW – água destilada

OW – Água ozonizada

mg – Miligrama

mW – Megawatt

µm – Micrômetro

J – Joules

cm² – Centímetro quadrado

h – Horas

EDTA – Ácido etilenodiamino tetra-acético

s – Segundos

PO – *push out*

N – Newtons

A – Área

π – Pi

R – Raio

H – Altura

MPa – Mega-Pascal

HO₃ – Trióxido de hidrogênio

Er,Cr:YSGG – *Laser* de érbio impregnado por cromo: ítrio, escândio, gálio, garnet

Nd:Yag – *Laser* de neodímio dopado com ítrio-alumínio-granada

Sumário	
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. Protocolos adesivos	13
2.2. Soluções endodônticas auxiliares	15
2.2.1. <i>NaOCl</i>	15
2.2.2. <i>Água ozonizada</i>	16
2.3. Terapia fotodinâmica (PDT)	17
3. OBJETIVOS	19
3.1. Objetivos gerais	19
3.2. Objetivos específicos	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1. Obtenção e preparo das amostras	20
4.1.1. <i>Obtenção das soluções irrigadoras auxiliares</i>	22
4.1.2. <i>Protocolo de irrigação</i>	23
4.1.3. <i>Terapia fotodinâmica (PDT)</i>	23
4.2. Irrigação final	24
4.3. Preparo dos pinos de fibra de vidro	25
4.3.1. <i>Cimentação do retentor intrarradicular</i>	27
4.4. Obtenção dos espécimes em forma de disco	28
4.5. Teste de <i>Push Out</i> (PO)	29
4.6. Análise estatística	31
5. RESULTADOS	31
6. DISCUSSÃO	33
7. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	39
ANEXO I - ARTIGO A SER SUBMETIDO	49

RESUMO

Objetivo: Este estudo teve como objetivo avaliar, *in vitro*, os efeitos da água ozonizada (OW) utilizada como solução irrigante endodôntica auxiliar, e da terapia fotodinâmica (PDT), na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular, por meio do teste de *push out* (PO). **Materiais e métodos:** Sessenta raízes de incisivos bovinos foram ampliadas com o mesmo protocolo de preparo e divididas em 6 grupos (n=10): DW-água destilada (G1); NaOCl-hipoclorito de sódio 5,25% (G2); OW (12 µg/mL) (G3); DW+PDT (G4); NaOCl 5,25%+PDT (G5); OW+PDT (G6). Em todos os grupos as substâncias irrigadoras auxiliares foram agitadas dentro do conduto com lima manual no primeiro minuto e renovadas a cada 5 min, até completar 30 min. Nos Grupos DW+PDT, NaOCl 5,25%+PDT e OW+PDT, para aplicação da PDT, os canais radiculares foram preenchidos com azul de metileno a 0,01% ativado por *laser* de baixa intensidade com 100 mW de potência, 690 nm de comprimento de onda, utilizando-se uma fibra óptica intracanal com diâmetro de 600 µm. Os pinos de fibra de vidro foram cimentados com o cimento RelyX U200® e após foi realizada a secção das raízes no formato de discos com 2 mm de espessura, que foram submetidos ao teste de PO em máquina universal de ensaios. Os valores de resistência de união e os padrões de falha foram analisados por ANOVA a dois fatores, seguido pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%. **Resultados:** Ao se avaliar os resultados globais de resistência de união em cada terço radicular da amostra, notou-se diferença estatisticamente significativa, com as médias decrescendo do terço cervical para o terço apical. Os maiores valores de resistência de união ocorreram nos grupos nos quais foram utilizados NaOCl 5,25% e água ozonizada como irrigantes auxiliares, sem aplicação de PDT. O grupo no qual foi associada a irrigação com água ozonizada seguida de PDT mostrou valores intermediários. O grupo no qual se utilizou NaOCl associado à PDT mostrou os valores de resistência de união mais baixos em todos os terços radiculares. **Conclusão:** Quando utilizada como solução endodôntica auxiliar, a água ozonizada não interfere na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Por outro lado, a PDT mostrou interferir em tais valores de resistência de união, principalmente quando associada ao NaOCl 5,25% e, em menor escala, quando utilizada em associação à água ozonizada. **Palavras-chave:** Adesivos dentinários. Irrigantes do canal radicular. Ozônio. Terapia fotodinâmica.

ABSTRACT¹

Objective: This study aimed to evaluate, *in vitro*, the effects of ozonated water (OW) as an auxiliary endodontic irrigating solution, and of photodynamic therapy (PDT), on the bond strength of fiberglass posts to root dentin, through the push out (PO) test.

Materials and methods: Sixty roots of bovine incisors were enlarged with the same preparation protocol and divided into 6 groups (n=10): DW–distilled water (G1); NaOCl–5.25% sodium hypochlorite (G2); OW (12 µg/mL) (G3); DW+PDT (G4); NaOCl 5,25%+PDT (G5); OW+PDT (G6). In all groups, the auxiliary irrigating substances were stirred inside the canal with a manual file in the first minute and renewed every 5 min, until completing 30 min. In Groups DW+PDT, NaOCl 5.25%+PDT and OW+PDT, for the application of PDT, the root canals were filled with 0.01% methylene blue activated by a low intensity laser with 100 mW of power, 690 nm of wavelength, using an intracanal optical fiber with a diameter of 600 µm. The fiberglass posts were cemented with RelyX U200[®] cement and then the roots were sectioned in the form of 2 mm thick disks, which were submitted to the PO test in a universal testing machine. Bond strength values and failure patterns were analyzed by two-way ANOVA, followed by the Tukey test, at a significance level of 0.05. **Results:** When evaluating the global bond strength results in each root third of the sample, a statistically significant difference was noted, with the means decreasing from the cervical third to the apical third. The highest values of bond strength occurred in the groups in which 5.25% NaOCl and ozonated water were used as auxiliary irrigant, without application of PDT. The group in which irrigation with ozonated water was associated followed by PDT showed intermediate values. The group in which NaOCl was used associated with PDT showed the lowest bond strength values in all root thirds. **Conclusion:** When used as an auxiliary endodontic solution, ozonated water does not interfere with the adhesive strength of fiberglass posts to root dentin. On the other hand, PDT has shown to interfere with such bond strength values, especially when associated with 5.25% NaOCl and, to a lesser extent, when used in association with ozonated water.

Keywords: Dental adhesives. Root canal irrigants. Ozone. Photodynamic therapy.

¹ Influence of irrigation with ozonated water and photodynamic therapy on the bond strength of fiberglass posts to root dentin

1. INTRODUÇÃO

Os microrganismos desempenham papel fundamental na indução e perpetuação das alterações patológicas que acometem a polpa e os tecidos periapicais (BUKHARY; BALTO, 2017). Deste modo, o sucesso da terapia de canais radiculares é altamente dependente da eliminação desses microrganismos através de uma correta instrumentação, bem como uso de soluções irrigantes e medicações intracanais adequadas (ARNEIRO *et al.*, 2014). O hipoclorito de sódio (NaOCl) é a solução irrigante conhecida como “padrão-ouro” na endodontia devido à sua atividade antimicrobiana de amplo espectro, capacidade de dissolução de tecidos orgânicos e capacidade oxidante e hidrolisante (BUKHARY; BALTO, 2017). Contudo, são necessárias concentrações elevadas e longos tempos de exposição ao NaOCl para eliminação de bactérias persistentes, fazendo com que o mesmo apresente potencial citotóxico (BLATTES *et al.*, 2017).

Substâncias irrigantes alternativas ao NaOCl têm sido pesquisadas em Endodontia para auxiliar na descontaminação do sistema de canais radiculares, a exemplo da água ozonizada, conhecida como um potente agente antimicrobiano (OZNURHAN *et al.*, 2015). Já foi relatado que a água ozonizada apresenta 99,9% de eficácia antibacteriana, resultado do seu potencial de oxidação capaz de destruir a parede celular e a membrana citoplasmática de bactérias e fungos da cavidade oral (NOGALES *et al.*, 2014; NOGALES *et al.*, 2016; CAMACHO-ALONSO *et al.*, 2017; DING *et al.*, 2019). O ozônio na fase aquosa também apresenta as vantagens de ser biocompatível às estruturas dentárias e não mostrar mutagenicidade celular (OZNURHAN *et al.*, 2015). No entanto, ainda não existe um consenso na literatura sobre a influência direta da água ozonizada sobre a resistência de união de materiais obturadores/restauradores à dentina radicular (RUEGGEBERG; MARGESON, 1990; SUH, 2004; YAMAJI *et al.*, 2013).

A terapia fotodinâmica (PDT ou *photodynamic therapy*) também tem se mostrado como um recurso auxiliar promissor em Endodontia no que se refere à descontaminação intracanal (SOUZA *et al.*, 2018), induzindo níveis insignificantes de citotoxicidade (GOMES FILHO *et al.*, 2016). A PDT envolve a associação entre uma fonte de luz *laser* de baixa potência e um fotossensibilizador não tóxico (SOUZA *et al.*, 2019). Isso resulta em excitação de elétrons que, na presença de oxigênio (O₂), promovem a formação de espécies reativas de O₂ de curta duração, as quais entram na

parede celular bacteriana causando lise do microrganismo através de oxidação irreversível (RAMOS *et al.*, 2018; GARCIA *et al.*, 2018; VOHRA *et al.*, 2020). Por outro lado, alguns estudos têm mostrado efeitos negativos da PDT sobre a resistência de união e penetrabilidade dentinária nos protocolos de cimentação de pinos de fibra de vidro, o que prejudicaria a longevidade das restaurações dentárias cimentadas intracanal (GHINZELI *et al.*, 2014; GARCIA *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2018).

Uma vez que a união durável entre materiais restauradores poliméricos e as estruturas dentais é um importante parâmetro para o sucesso de restaurações, sua resistência mecânica é usualmente mensurada pela determinação da resistência de união (ESCRIBANO *et al.*, 2003). Neste sentido, os ensaios de resistência de união são os mais frequentemente utilizados para avaliar a qualidade adesiva da interface entre estrutura dentinária e sistemas adesivos. Diante do exposto, é necessária a investigação dos efeitos da água ozonizada como irrigante endodôntico auxiliar, associado ou não à influência da PDT, na resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Protocolos adesivos

A ciência da adesão é uma das maiores contribuições da odontologia restauradora, que não só estabeleceu os princípios atuais de preservação do tecido, mas também permitiu a produção de restaurações mais herméticas e duradouras. Porém, embora estratégias adesivas sejam usadas rotineiramente na maior parte das situações clínicas, a adesão à dentina radicular ainda é um grande desafio (ESTAY *et al.*, 2018) devido à presença de umidade e à menor quantidade de dentina intertubular. Esta situação é ainda mais desfavorável em dentes tratados endodonticamente e preparados para pinos intrarradiculares pré-fabricados ou customizados, já que esses procedimentos podem alterar as propriedades mecânicas dos dentes e modificar a superfície de dentina viável para adesão (ASQUINO *et al.*, 2016; ESTAY *et al.*, 2018).

Entre os fatores que podem dificultar a adesão dos pinos à dentina radicular está a criação da camada de *smear layer* durante o tratamento endodôntico, contendo componentes inorgânicos e orgânicos, microrganismos e dentina deteriorada infecciosa (BITTER *et al.*, 2013). Apesar de a acidez do cimento ser alta o suficiente para

promover a hibridação com a estrutura do dente, a remoção da *smear layer* é necessária para se obter uma adesão suficiente pela penetração do cimento resinoso nos túbulos dentinários e, para isso, a irrigação do canal é obrigatória (SCOTTI *et al.*, 2013; SEBALLOS *et al.*, 2018). A resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular também pode ser comprometida ao longo do tempo pela degradação da interface adesiva, bem como pelas propriedades mecânicas de dureza e módulo de elasticidade dos cimentos resinosos e da dentina subjacente, que são influenciadas pelas soluções condicionantes e pela profundidade intrarradicular (SUZUKI *et al.*, 2019).

Percebe-se, assim, que a padronização dos procedimentos e cuidados durante as etapas clínicas são fundamentais para o sucesso da adesão à dentina coronária ou intrarradicular, sendo imprescindível que se conheçam seus fatores de interferência na busca por novos protocolos irrigantes e adesivos (AGGARWAL *et al.*, 2016). Carvalho *et al.* (2017) demonstraram que as médias de resistência de união entre diferentes sistemas adesivos e estruturas dentinárias não foram influenciadas por diferentes protocolos de irrigação endodôntica. No entanto, vários estudos (BITTER *et al.*, 2013; PRADO; SIMÃO; GOMES, 2013; SEBALLOS *et al.*, 2018; DE MACEDO *et al.*, 2021) afirmam que as soluções irrigantes usadas durante o tratamento endodôntico podem afetar a resistência de união dos sistemas adesivos ao esmalte e à dentina, mantendo os diferentes irrigantes utilizados durante e após o preparo e seus efeitos na resistência de união como um assunto de muito interesse na literatura (BITTER *et al.*, 2013).

Outro ponto a ser considerado quanto aos protocolos adesivos atuais é a possível interferência que eles podem sofrer pelas novas técnicas e recursos sugeridos para a limpeza e desinfecção dos canais radiculares. Isso porque a ação efetiva das soluções irrigantes é alcançada pelo contato direto com as paredes da dentina, mas esse contato pode ser restringido pela presença de *smear layer*, pelo método de irrigação e pela complexidade anatômica do sistema de canais, que inclui cantos, reentrâncias, anastomoses e túbulos dentinários (FIGUEIREDO *et al.*, 2014; PRADO *et al.*, 2017). Nesse sentido, diferentes dispositivos auxiliares e técnicas de irrigação têm sido propostos para melhorar a distribuição do fluxo de irrigantes e aumentar sua ação, entre eles a PDT, conforme demonstram Tisler *et al.* (2022), que observaram um número de bactérias reduzido em superfícies dentárias preparadas e colonizadas com *Streptococcus mutans* após o uso da PDT, além da resistência de união ter aumentado a partir do uso dessa técnica.

2.2. Soluções endodônticas auxiliares

O preparo mecânico dos canais radiculares carece da utilização de substâncias que apresentem ação química, denominadas de substâncias químicas auxiliares (ROÇAS *et al.*, 2016). Não há um consenso claro sobre a sequência de irrigação, mas o tratamento tradicional envolve o uso sequencial desses irrigantes endodônticos com diferentes modos de ação contra a matéria orgânica e inorgânica. Entre as substâncias irrigantes mais empregadas durante o preparo químico-mecânico para dissolver a matéria orgânica e eliminar microrganismos do canal radicular está o NaOCl (MORAGO *et al.*, 2018), mas outras substâncias irrigantes já foram propostas na literatura e empregadas durante o preparo do canal radicular e como solução final, entre elas a água ozonizada (NOGALES *et al.*, 2016; BOCH *et al.*, 2016).

2.2.1. NaOCl

O NaOCl é um composto altamente oxidante que apresenta diversas propriedades físico-químicas consideradas essenciais (ROÇAS *et al.*, 2016), como atividade antimicrobiana e capacidade de promover a dissolução da matéria orgânica (ILKE, 2017). Isso porque, como um composto iônico, ao entrar em contato com a água o NaOCl dissocia-se em cátion sódio (Na^+) e ânion hipoclorito (ClO^-), dois agentes oxidantes fortes que reagem com proteínas, aminoácidos, peptídeos e lipídios (GOŁĄBEK *et al.*, 2019).

Como irrigante endodôntico, o NaOCl está disponível em concentrações que variam entre 0,5 e 5,25% (REYHANI *et al.*, 2016), e embora haja pouca dúvida sobre sua capacidade antimicrobiana e de dissolução de tecidos necróticos, permanece a controvérsia sobre o seu impacto em diferentes concentrações ou tempo de exposição na estrutura da dentina (WANG *et al.* 2017), bem como sua influência na resistência de união de protocolos adesivos à mesma. Apesar disso, um estudo de Retammozzi *et al.* (2010) demonstrou que a irrigação mais eficaz com NaOCl utiliza a concentração de 5,25% por 40 min. Essa alta concentração e longa exposição seria necessária para a eliminação de microrganismos resistentes, além de aumentar a permeabilidade dentinária por dissolver os componentes orgânicos presentes nela, permitindo uma

melhor difusão e, dessa forma, uma maior resistência adesiva do material restaurador ao substrato dentinário (VIOLICH; CHANDLER, 2010; GONÇALVES *et al.*, 2016).

Por outro lado, estudos demonstram (KARKEHABADI; YOUSEFIFAKHR; ZADSIRJAN, 2018; VOUZARA *et al.*, 2016) que o NaOCl é uma solução citotóxica quando utilizada em elevadas concentrações e tempos de exposição, situação em que pode gerar efeitos citotóxicos prejudiciais ao potencial de diferenciação celular e induzir altos níveis de resposta inflamatória, além de ser quimicamente instável e poder interferir negativamente na adesão do material restaurador à dentina. Isso porque a ação de agentes desproteinizantes e sua presença nas superfícies tratadas afeta adversamente a polimerização dos adesivos por terminação prematura da cadeia, e o NaOCl é difícil de ser removido das superfícies biológicas tratadas devido à sua alta reatividade com aminoácidos (SANON *et al.*, 2022).

Tendo estes aspectos do NaOCl em vista, esforços são feitos para identificar substâncias químicas auxiliares alternativas, que sejam adequadas para o uso na Endodontia, apresentem vantagens quanto à ação antimicrobiana e menores efeitos citotóxicos, e que não sejam prejudiciais aos protocolos adesivos das restaurações subsequentes ao tratamento endodôntico.

2.2.2. Água ozonizada

A utilização da água ozonizada como uma substância auxiliar alternativa se justifica em seu mecanismo de ação, que inclui o dano à membrana citoplasmática das células e a modificação de conteúdo intracelular pelo oxidante secundário, que leva à oxidação de proteínas e perda de função das organelas (BAYSAN; LYNCH, 2007; ELVIS *et al.*, 2017). Assim, a atividade antibacteriana da água ozonizada é resultado do seu potencial de oxidação, que destrói a parede celular e membrana citoplasmática de bactérias e fungos. Isso porque o ozônio, quando se dissocia, cria um ambiente rico em O₂, que perturba o ecossistema da célula até que haja o cessamento funcional e morte do microrganismo (NOGALES *et al.*, 2014; BOCH *et al.*, 2016; NOGALES *et al.*, 2016).

Outra vantagem da água ozonizada é o efeito imunoestimulante de proliferação de células imunocompetentes e de síntese de imunoglobulina. Isto leva à produção de citocinas e, como consequência, outras células imunitárias são ativadas, aumentando a produção de interleucinas, prostaglandinas e leucotrienos, que ajudam na redução da

inflamação e cicatrização de feridas (JYOTI *et al.*, 2013; MOHAMMADI *et al.*, 2013; ELVIS *et al.*, 2017; MOHAMMADI *et al.*, 2017). Por esses motivos, além do efeito antimicrobiano, a água ozonizada é considerada biocompatível às estruturas dentárias, além de não ser mutagênica (REDDY *et al.*, 2013), conforme demonstra o estudo de Boch *et al.* (2016) que, avaliando o efeito antimicrobiano do ozônio em comparação a métodos convencionais, concluiu que ele demonstra eficácia e pode ser usado como adjuvante ou como um tratamento alternativo quando o NaOCl não pode ser usado.

Contudo, ainda não há consenso na literatura sobre a influência da água ozonizada na resistência de união de materiais restauradores à estrutura dental. Alguns estudos (SUH, 2004; YAMAJI *et al.*, 2013) evidenciaram falhas prematuras de materiais resinosos em esmalte e dentina após sua aplicação. Por outro lado, Schmidlin *et al.* (2005) e Pithon & dos Santos (2010), ao avaliarem os efeitos da aplicação de ozônio sobre a dentina e esmalte de dentes bovinos na resistência de união a materiais restauradores, não observaram redução na adesão entre o substrato dentário e a resina composta.

Fernandes *et al.* (2021) verificaram uma grande variabilidade entre os protocolos de aplicação da água ozonizada na Endodontia, diferindo em equipamentos geradores de ozônio, concentrações, tempo e técnica de aplicação, o que pode ser um fator de influência para os resultados conflitantes encontrados na literatura. Além disso, embora os estudos laboratoriais sugiram um potencial promissor da água ozonizada como solução irrigadora, os estudos clínicos são insuficientes. Uma vez que os efeitos antimicrobianos estejam fortemente relacionados à dose de terapia e ao tempo de aplicação, sugerem-se mais experimentos com objetivo de verificar a dosagem ideal de ozônio, assim como o tempo de aplicação mais indicado para o tratamento reabilitador (FERNANDES *et al.*, 2021).

2.3. Terapia fotodinâmica (PDT)

A PDT é uma terapia minimamente invasiva e reprodutível aplicada na Odontologia, principalmente na Endodontia, que auxilia no preparo químico-mecânico convencional e na terapia antimicrobiana (BERGMAN *et al.*, 2007; CHINIFORUSH, 2016). Seu princípio de ação inclui o uso de três elementos: um fotossensibilizador não tóxico, uma fonte de luz e O₂. O fotossensibilizador é aplicado no local da infecção, acumulando seletivamente em tecidos anormais ou infectados sem causar qualquer

dano às células saudáveis. Estimulado, então, por uma fonte de luz *laser* de baixa intensidade, ele reage com as moléculas de O_2 , gerando espécies reativas de O_2 (FUMES *et al.*, 2018). O O_2 age nos componentes celulares bacterianos por meio de oxidação ou reação de redução, induzindo a morte dos microrganismos sem danificar as células hospedeiras (CHINIFORUSH *et al.*, 2016; ZORITA-GARCÍA *et al.*, 2019).

Os fotossensibilizadores são agentes químicos ativados pela luz num comprimento de onda específico situado geralmente entre 630 nm e 700 nm (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Para ser considerado um fotossensibilizador adequado, a molécula deve ser fotoquimicamente eficiente (podendo atuar sobre bactérias, leveduras e vírus ao mesmo tempo), com uma alta estabilidade, afinidade e seletividade, uma fotossensibilidade de curto intervalo (entre sua administração e seu pico máximo de acumulação), apresentando citotoxicidade mínima (PLOTINO *et al.*, 2018). Entre os fotossensibilizadores disponíveis para a PDT, os derivados das fenotiazinas, compostos heteroaromáticos tricíclicos e corantes azuis, especialmente o azul de toluidina e o azul de metileno, são os mais utilizados (ARNEIRO, 2014; PINTO *et al.*, 2018).

O azul de metileno vem sendo empregado nos estudos da PDT por absorver luz de comprimento de onda entre 550 e 700 nm, coincidente com a luz emitida pelo *laser* de diodo (OLIVEIRA *et al.*, 2014; PINTO *et al.*, 2018). Ele age na eliminação de bactérias resistentes devido à sua hidrofiliabilidade, seu baixo peso molecular e carga positiva, que permitem sua passagem através das porinas das proteínas das bactérias (PAGONIS, 2010; GARCEZ; HAMBLIN, 2017). Utilizado em concentrações abaixo de 100 $\mu\text{g/mL}$, é relatado que o azul de metileno é eficaz contra muitas espécies Gram+ e Gram- sem gerar danos à coloração dentária ou irritação dos tecidos moles (CHINIFORUSH *et al.*, 2016). Para garantir esses efeitos, porém, é importante considerar o tempo decorrido entre a aplicação do fotossensibilizador e sua ativação pela luz, chamado tempo de pré-irradiação. Nesse período, o fotossensibilizante deverá passar através da dentina e anexar ao microrganismo ou ultrapassar sua membrana celular para, no momento da ativação da radiação luminosa, promover a destruição dessas espécies tóxicas (PLOTINO *et al.*, 2018).

O tempo de pré-irradiação, porém, é muito controverso. Chiniforush *et al.* (2016) já recomendaram um tempo de pré-irradiação entre 1 e 5 min, seguido de irradiação a *laser* por um período variável, a depender da potência de saída do dispositivo. Outros dados disponíveis sugerem um tempo de pré-irradiação entre 5 e 15

min (PAGONIS *et al.*, 2010; FUMES, 2018), embora Figueiredo *et al.* (2014) tenham afirmado que um tempo de pré-irradiação de 10 min produza uma maior descoloração da estrutura dentária quando comparado com um tempo de pré-irradiação de 5 min. Isso porque o fotossensibilizador é uma substância viscosa que impregna de forma significativa a superfície dentinária, onde uma camada de esfregaço químico pode se formar e promover a obliteração dos túbulos dentinários, levando a uma microinfiltração. Esse processo atuaria não apenas na descoloração da estrutura dentária, como também poderia provocar uma diminuição na resistência de união dos materiais obturadores à dentina do canal radicular (SOUZA *et al.*, 2017).

Além do fotossensibilizador, a PDT também requer o uso de dispositivos luminosos de potência leve para um comprimento de onda específico (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Apesar de a literatura descrever três tipos principais de fontes de luz clínicas (os *lasers*, lâmpadas halógenas e os diodos emissores de luz (LED)) (PLOTINO *et al.*, 2018), a luz *laser* tem se consagrado nesse quesito. Embora sejam equipamentos complexos e onerosos, os *lasers* apresentam as vantagens de poder direcionar a luz através de uma fibra óptica para fornecer uma quantidade adequada, ser monocromático e ter alta eficiência e potência (NAGATA, 2012; TRINDADE, 2015).

Os quesitos que tornam a PDT uma coadjuvante no tratamento endodôntico, potencializando a redução microbiana no sistema de canais radiculares, são afirmados por Souza *et al.* (2018) que, avaliando a atividade antimicrobiana de soluções de NaOCl e instrumentação reciprocante associada à PDT, observaram que a mesma auxiliou na redução bacteriana, em especial na eliminação de *Enterococcus faecalis* dos canais radiculares. No entanto, no que tange às consequências da PDT na resistência de união do cimento obturador/material restaurador à dentina intrarradicular, a literatura ainda carece de estudos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Este estudo teve como objetivo geral avaliar *in vitro* a influência da água ozonizada e da PDT na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular de dentes bovinos.

3.2. Objetivos Específicos

- Avaliar se a água ozonizada, quando utilizada como solução endodôntica auxiliar, associada ou não à PDT, interfere nos valores de resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular, quando comparada à solução de NaOCl 5,25%. A hipótese nula a ser testada é que a água ozonizada não interfere na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular.
- Avaliar se a PDT usada para desinfecção de canais radiculares, quando aplicada de maneira isolada ou em associação com substâncias endodônticas auxiliares (NaOCl 5,25% ou água ozonizada), interfere nos valores de resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. A hipótese nula a ser testada é que a PDT não interfere na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Obtenção e preparo das amostras

O presente projeto não necessitou de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, pois os dentes bovinos utilizados foram extraídos de carcaças de animais previamente abatidos para consumo de carne e derivados.

Foram selecionados 60 dentes bovinos unirradiculares extraídos em abatedouros comerciais licenciados, apresentando dimensões externas semelhantes e condutos radiculares estreitos. Imediatamente após a extração, os dentes foram armazenados em caixa de isopor com gelo e, posteriormente, em *freezer* a -17 °C, para evitar a degradação do colágeno e demais estruturas dentinárias. Os dentes foram armazenados em sacos plásticos de 10 em 10 unidades para serem descongelados gradativamente, conforme o uso.

Inicialmente, a porção coronária dos dentes foi seccionada com disco diamantado dupla face (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) acoplado a uma peça reta de baixa rotação, sob refrigeração constante, abaixo da junção amelocementária, de forma que o remanescente radicular apresentasse um comprimento de 15 mm. Os dentes

receberam marcações de referência nas superfícies radiculares por meio de uma caneta de retroprojeto, sendo a primeira marcação 2 mm abaixo do limite amelocementário, a segunda marca 2 mm acima do ápice radicular, e a última marcação na metade da distância entre as duas marcas anteriormente descritas. Essas medidas foram realizadas com auxílio de um paquímetro digital (Vonder Paquímetro Eletrônico Digital, Curitiba, PR, Brasil).

O diâmetro do conduto radicular foi avaliado por método de inclusão e exclusão dos dentes. Para isso, foram selecionados dentes com lima anatômica inicial (#45), padronizando-a para todos os dentes em estudo. Todas as raízes foram preparadas utilizando o mesmo protocolo, tendo sido o tecido pulpar removido por meio de limas endodônticas tipo K #45 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), sob abundante irrigação com água destilada. Em seguida, a porção apical de todas as amostras foi selada com resina composta fotoativada (Vittra APS, FGM Dental Group, Joinville, SC, Brasil) e os canais radiculares foram ampliados na direção cervico-apical, utilizando brocas largo nº 6 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) em baixa rotação, sob abundante irrigação com água destilada, até o comprimento de 10 mm. O diâmetro interno do conduto radicular das amostras foi padronizado em 2 mm e o diâmetro externo em 5 mm (CARRERA *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2017; ZHU *et al.*, 2018) (Figura 1).

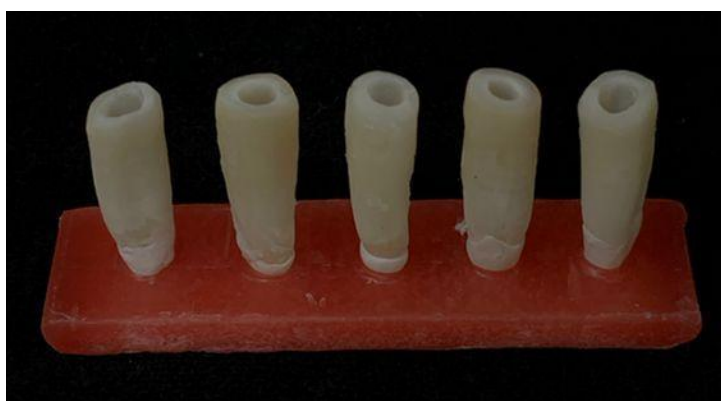


Figura 1 - Amostras padronizadas em 2 mm de diâmetro interno e 5 mm de diâmetro externo.

Após a padronização das raízes, foram estabelecidos 6 grupos de estudo, conforme solução irrigadora auxiliar e aplicação ou não de PDT, sendo (n=10):

DW – Água destilada (G1);

NaOCl – Hipoclorito de sódio 5,25% (G2);

OW – Água ozonizada (12 µg/mL) (G3);

DW+PDT – Água destilada + PDT (G4);

NaOCl+PDT – Hipoclorito de sódio 5,25% + PDT (G5);

OW+PDT – Água ozonizada (12 µg/mL) + PDT (G6).

4.1.1. Obtenção das soluções irrigadoras auxiliares

As soluções de NaOCl 5,25% e água destilada foram adquiridas em estabelecimento farmacêutico comercial (Natupharma[®], Passo Fundo, RS, Brasil). A água ozonizada foi preparada através da conversão de água bi-distilada com gás ozônio por 10-15 min, usando-se um gerador de ozônio Philozon Medplus[®] (Philozon, Balneário Camboriú, SC, Brasil) (Figura 2). Conforme as recomendações do fabricante, o gerador de ozônio foi calibrado para produzir 60 µg/mL, alcançando uma concentração final entre 10/15 µg/mL. Uma vez que essa concentração é reduzida em 20%, através dessa calibração alcançou-se a concentração resultante final necessária de 12 µg/mL, que tem efeito antimicrobiano para este modelo experimental (KATTI; CHAVA, 2013; NOGALES *et al.*, 2016). Para preservar as propriedades do ozônio, a água coletada foi armazenada em um recipiente escuro à prova de temperatura e usada dentro 24-48h a partir do momento em que foi produzida (AL HABASHNEH; ALSALMAN; KHADER, 2014).



Figura 2 - Gerador de Ozônio Philozon Medplus[®].

4.1.2. Protocolo de irrigação

Em todos os grupos, foram realizados ciclos de irrigação para simular o uso das substâncias irrigadoras auxiliares dentro do conduto (Figura 3), deixando-se a substância testada em cada grupo por 30 min, a qual foi agitada com lima manual no primeiro minuto e renovada a cada 5 min, até fechar os 30 min. Nos Grupos DW+PDT, NaOCl+PDT e OW+PDT, foi aplicado o protocolo de PDT imediatamente após o preparo químico-mecânico e previamente à irrigação final.



Figura 3 - Irrigação dos canais radiculares com as substâncias testadas.

4.1.3. Terapia fotodinâmica (PDT)

O protocolo de PDT se deu da seguinte forma: os canais radiculares foram preenchidos com 0,01% (0,1 mg/mL) de azul de metileno (Chimio Lux DMC, São Carlos, SP, Brasil) até o extravasamento na entrada do canal radicular (Figura 4a). O corante permaneceu no canal radicular por 5 min (tempo de pré-irradiação). Depois disso, utilizou-se um *laser* de baixa intensidade (Therapy XT[®] DMC, São Carlos, SP, Brasil), com 100 microwatts (mW) de potência, de emissão contínua e espectro de luz vermelha (690 nm de comprimento de onda), com uma fibra óptica intracanal de diâmetro de 600 micrômetros (µm) inserida 3 mm aquém do comprimento de trabalho (Figura 4b). Os canais radiculares foram irradiados por 90s, fornecendo uma dose total de 9 Joules (J) e densidade de energia de 320 J/cm², enquanto a fibra intracanal permaneceu em posição estática, conforme recomendado pelo fabricante. Em seguida, irrigou-se cada canal radicular com 5 mL de água destilada para remoção do corante (Figura 4c).

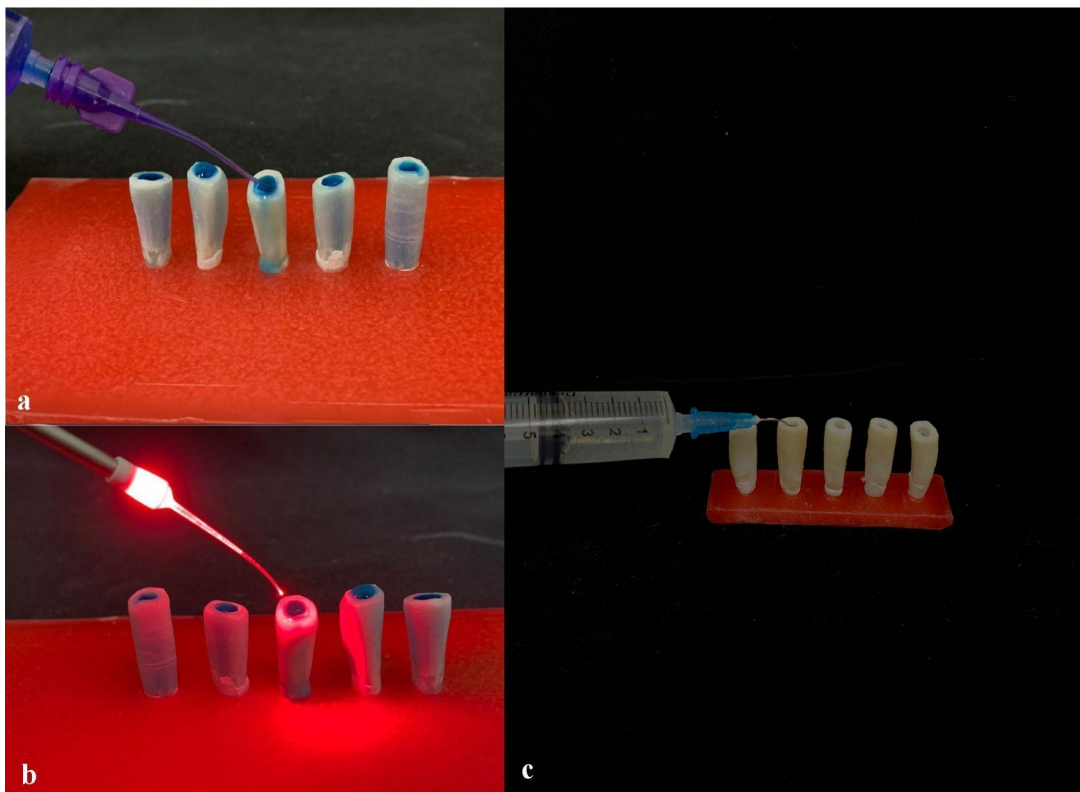


Figura 4a - Preenchimento dos canais com azul de metileno. 4b - Irradiação com *laser* de baixa intensidade. 4c - Irrigação dos canais com água destilada.

4.2. Irrigação final

Para todos os grupos estudados, foi realizada uma irrigação final com 5 mL de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (Figura 5) a 17% durante 30 segundos, a fim de remover a *smear layer*. Após a irrigação final, foi realizada nova irrigação com 5 mL de água destilada e os canais radiculares de todos os grupos foram aspirados e secos com cones de papel absorvente calibre #35 (Tanari, Manaus, AM, Brasil).



Figura 5 - Lavagem final com EDTA.

4.3. Preparo dos pinos de fibra de vidro

Retentores intrarradiculares pré-fabricados (pinos de fibra de vidro Exacto[®], (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brasil) foram utilizados após reembasamento com resina composta fotoativada (Vittra APS[®], FGM Dental Group, Joinville, SC, Brasil). Inicialmente, foi realizado o preparo dos pinos com aplicação de ácido fosfórico 37% (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brasil) sobre sua superfície (para limpeza) durante 1 min, lavagem por 1 min, secagem com jatos de ar, aplicação de silano (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brasil) com um microaplicador Cavibrush[®] (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brasil), friccionando sobre a estrutura do pino e aguardando 1 min para volatilizar o álcool presente em sua composição. Na sequência, foi feita a aplicação de uma fina camada do sistema adesivo Ambar APS[®] (FGM Dental Group, Joinville, SC, Brasil) (Figura 6a) sobre a superfície do pino e fotoativação em 2 faces por 40s cada uma (HARAGUSHIKU *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2021) (Figura 6b).

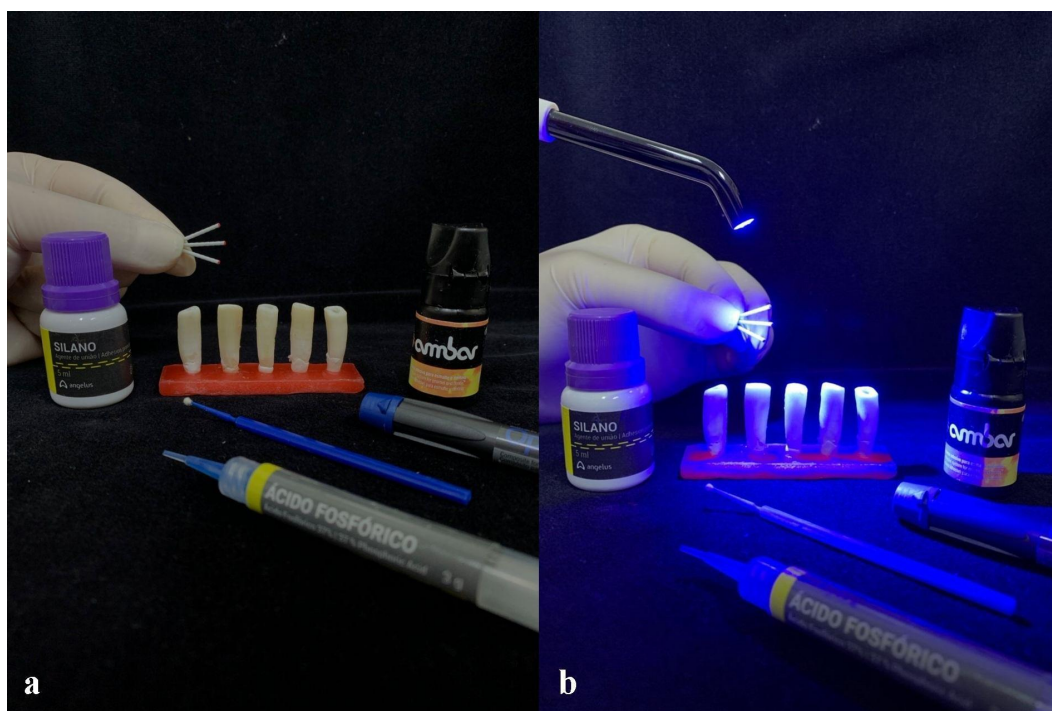


Figura 6a - Pinos de fibra de vidro após a aplicação do sistema adesivo Ambar APS®. 6b - Fotoativação do adesivo sobre os pinos.

Para confecção do reembasamento do pino, primeiramente o canal foi isolado com gel hidrossolúvel (KY, Semina, São Paulo, SP, Brasil) (Figura 7a). Em seguida, o pino de fibra de vidro foi envolvido com resina composta e o conjunto levado ao interior do canal radicular (Figura 7b), sendo retirado e recolocado duas vezes, removendo-se os excessos de compósito (Figura 7c) e fotoativando-o em posição no interior do canal por 3s. A seguir, uma marcação na região vestibular do pino e do dente foi feita objetivando identificar a posição correta de inserção do pino na etapa de cimentação.

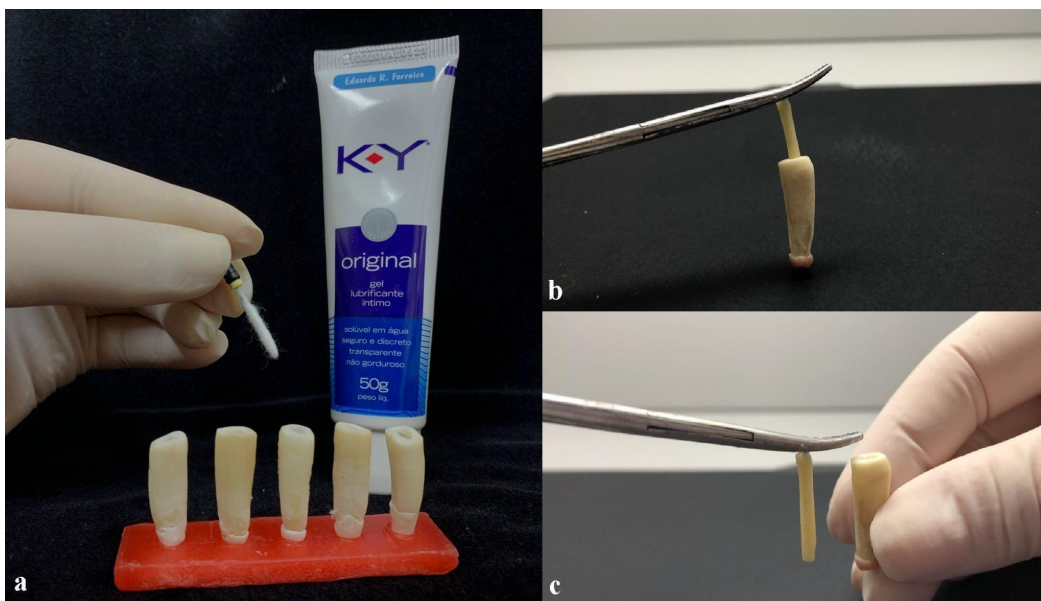


Figura 7a - Isolamento do canal radicular com gel hidrossolúvel. 7b - Pino de fibra de vidro envolvido com resina composta levado ao interior do canal radicular. 7c - Pino retirado e recolocado no canal para remoção dos excessos de compósito.

Em seguida, o pino modelado foi removido do interior do canal radicular, cuidando-se para não tocar nas paredes do canal, fotoativando-o imediatamente na superfície vestibular e palatina por 40s cada face. Por fim, o canal e o pino reembasado foram irrigados abundantemente com água destilada durante 1 min para remover completamente o gel hidrossolúvel. O canal foi aspirado com cânula endodôntica estreita até a completa remoção da água; logo após, um cone de papel absorvente #45 úmido com água destilada foi delicadamente passado nas paredes do canal radicular para deixar a dentina úmida.

4.3.1. Cimentação do retentor intrarradicular

Após a modelagem do pino, foi realizada a cimentação do mesmo com cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U200® (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) (Figura 8a). O cimento foi dispensado sobre um bloco de papel impermeável e manipulado por 10s. Com o auxílio de seringas do sistema Cêntrix e agulha Acudosse nº 2 (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), o cimento foi levado ao interior do canal radicular. O pino foi posicionado no interior do canal radicular, estabilizado manualmente por 20s e fotopolimerizado por 5s (Figura 8b), sem tempo de espera para a presa química. Os

excessos de cimento foram removidos e, logo após, foi realizada fotoativação final por 40s em 4 faces do dente (mesial, distal, vestibular e lingual) (SILVA *et al.*, 2021).

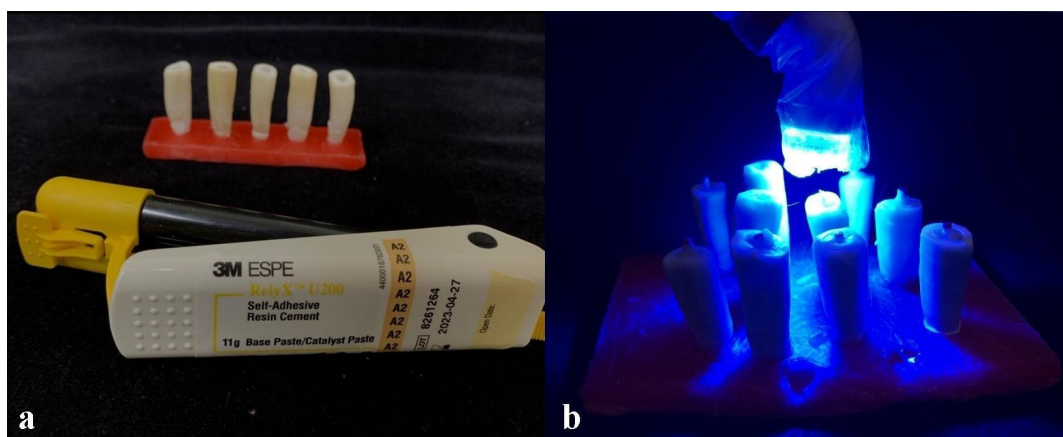


Figura 8a - Cimentação do pino de fibra de vidro com cimento resinoso autoadesivo dual RelyX U200®. 8b - Fotopolimerização do pino por 5s.

4.4. Obtenção dos espécimes em forma de disco

As raízes foram fixadas em uma placa de resina acrílica com godiva em bastão fundida e, em seguida, adaptadas a uma cortadora metalográfica (Miniton®, Struers, Copenhagen, Denmark) com disco diamantado dupla face, acionado a uma velocidade de 250 rpm sob refrigeração (Figura 9a). Foram utilizados 10 dentes por grupo, tendo sido obtidas 7 fatias de cada dente, com a primeira fatia de cada dente sempre sendo descartada. Para análise, foram utilizadas 6 fatias por dente, com espessura de 2 mm (Figura 9b), sendo: duas fatias do terço cervical, duas fatias do terço médio e duas fatias do terço apical (Figura 9c). Assim, foram obtidas 20 fatias por terço para o método avaliado (n=10), conforme artigos anteriores já publicados (SAKER; ÖZCAN, 2015; CARRERA *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2017; ZHU *et al.*, 2018). Todas as fatias foram marcadas com grafite na sua superfície mais apical, para permitir o correto posicionamento da amostra na máquina para o teste de *push out* (PO).

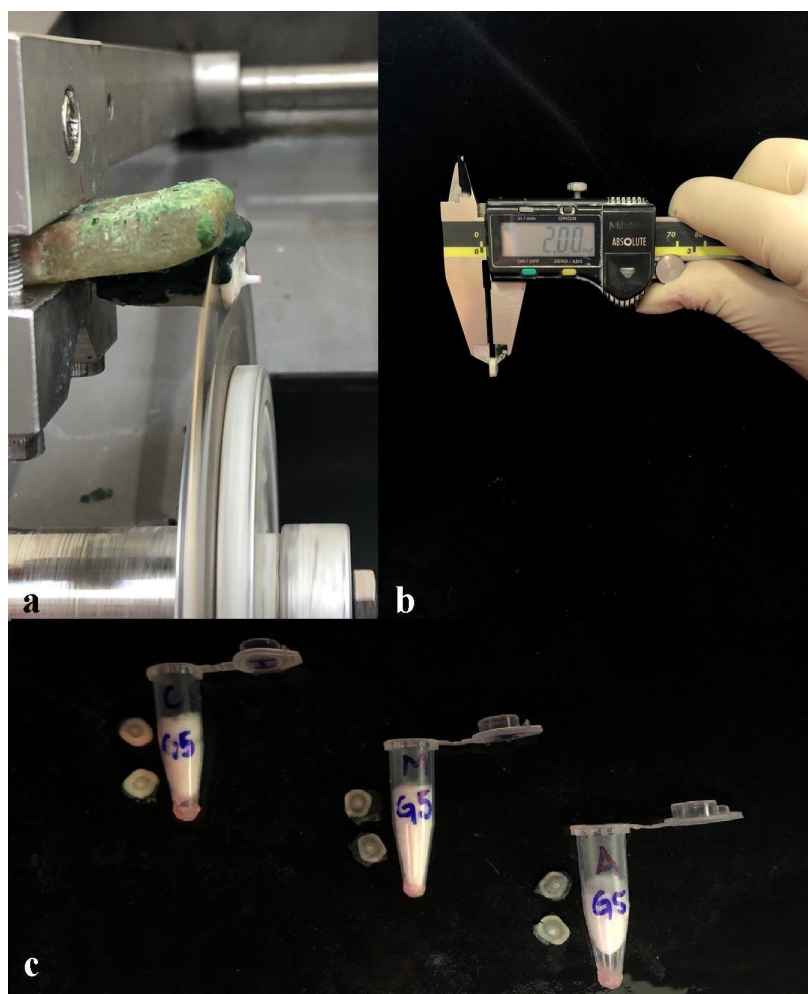


Figura 9a - Corte das raízes em cortadora metalográfica com disco diamantado dupla face. 9b - Demonstração da espessura das fatias com paquímetro eletrônico. 9c - Fatias do grupo NaOCl 5,25%+PDT utilizadas nos testes: duas do terço cervical, duas do terço médio e duas do terço apical.

4.5. Teste de *Push Out* (PO)

Para o teste de PO, os discos confeccionados foram posicionados com a parte cervical do corte voltada para baixo sobre a mesa (perfurada no centro) do dispositivo. Uma força vertical de cima para baixo foi aplicada perpendicularmente ao conjunto pino/resina/cimento por meio de um pistão metálico de seção circular, cujo diâmetro cobria a maior área possível do conjunto restaurador, sem tocar as paredes de dentina. O pistão metálico estava conectado a uma máquina de ensaios universal (Instron, Norwood, MA, EUA) com célula de carga de 500 Newtons (N) (Figura 10). O teste foi realizado a uma velocidade de 0,5 mm/min, com a carga aplicada até que ocorresse a

extrusão do conjunto pino/resina/cimento. A partir disso, foi obtida no computador conectado à máquina a medida de força necessária para o deslocamento do material.



Figura 10 - Vista do dispositivo de teste PO acoplado à máquina universal de ensaios.

Após a realização do teste PO, os discos de dentina foram observados individualmente em microscópio óptico (Carl Zeiss, São Paulo, SP, Brasil) acoplado a um computador, em um aumento de 50x. A área da superfície adesiva foi calculada pela fórmula da área (A) do cilindro $A = 2\pi R (R+H)$, considerando-se os canais com diâmetro interno de 2 mm, raio (R) de 1 mm e a altura (H) de cada espécime em forma de fatia de 2 mm (Figura 11). A resistência de união foi calculada em Megapascal (MPa), através da divisão da força obtida no teste de PO, pela área de superfície do canal.

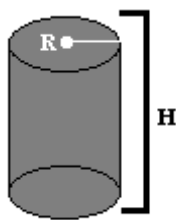


Figura 11 - Área do cilindro. Fonte: Autores.

Foram também observados e classificados os padrões de falha de cada amostra (CECCHIN *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2021), em 5 tipos: (1) adesiva entre compósito e cimento resinoso (cimento não visível em volta do compósito); (2) mista, com cimento resinoso cobrindo de 0 a 50% do diâmetro total do compósito; (3) mista com cimento resinoso cobrindo de 50 a 100% da superfície do compósito; (4) adesiva entre cimento resinoso e dentina radicular (compósito envolvido por cimento resinoso) e (5) coesiva em dentina.

4.6. Análise estatística

Após teste de normalidade, verificou-se que os valores obtidos para os terços cervical, médio e apical em todos os grupos tiveram uma distribuição normal, porém as variâncias não eram homogêneas (o que foi verificado pelo teste de Levene). Os três terços foram avaliados separadamente (após a transformação logarítmica dos dados) por teste ANOVA a dois fatores (substância irrigadora e PDT), seguida pelo Teste Tukey, ao nível de significância de 5%. Foram realizados dois cálculos de poder da amostra ($n=10$, $\alpha=0,05$ e desvio-padrão médio). Considerando os grupos DW e OW, o poder foi de 1,00. Considerando os grupos OW e DW+PDT, o poder foi de 0,99.

5. RESULTADOS

Ao se avaliar os resultados globais de resistência de união em cada terço radicular (cervical, médio e apical) da amostra estudada, foi possível notar diferença estatisticamente significativa, com as médias decrescendo de cervical para apical. Os valores de resistência de união por PO para todos os grupos experimentais se encontram descritos na Tabela 1.

Houve um mesmo padrão de resultados dentro de cada um dos terços radiculares, sendo que os maiores valores de resistência de união ocorreram nos grupos em que foram utilizados NaOCl 5,25% (NaOCl) e água ozonizada (OW) como irrigantes auxiliares, sem aplicação de PDT. Em seguida, nota-se o grupo no qual foi aplicada água ozonizada com a utilização de PDT (OW+PDT), seguido pelos grupos de água destilada sem e com aplicação de PDT, respectivamente (DW e DW+PDT). O grupo no qual se utilizou NaOCl associado à PDT (NaOCl+PDT) mostrou os valores de resistência de união mais baixos em todos os terços radiculares (Tabela 1 e Figura 12).

Tabela 1 - Média e desvio-padrão (M±DP) de resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular dos grupos experimentais nos terços cervical, médio e apical das raízes.

Terço (n)	DW	NaOCl	OW	DW+PDT	NaOCl+PD T	OW+PDT
Cervical (10)	3,43±0,76cA	6,72±0,92aA	6,53±1,28aA	2,74±0,43dA	2,19±0,29eA	4,37±0,30bA
Médio (10)	2,59±0,68cB	6,15±1,50aAB	5,30±0,73aB	2,09±0,51dB	1,65±0,27eB	3,74±0,20bB
Apical (10)	1,79±0,47dC	5,50±0,89aB	4,44±0,59bC	1,32±0,36eC	1,15±0,18eC	3,22±0,42cC

a,b,c,d,e - Letras iguais na mesma linha indicam resultados estatisticamente semelhantes e letras diferentes indicam resultados estatisticamente diferentes para diferentes Grupos em um mesmo terço radicular.

A,B,C - Letras iguais na mesma coluna indicam resultados estatisticamente semelhantes e letras diferentes indicam resultados estatisticamente diferentes para os mesmos Grupos em diferentes terços radiculares.

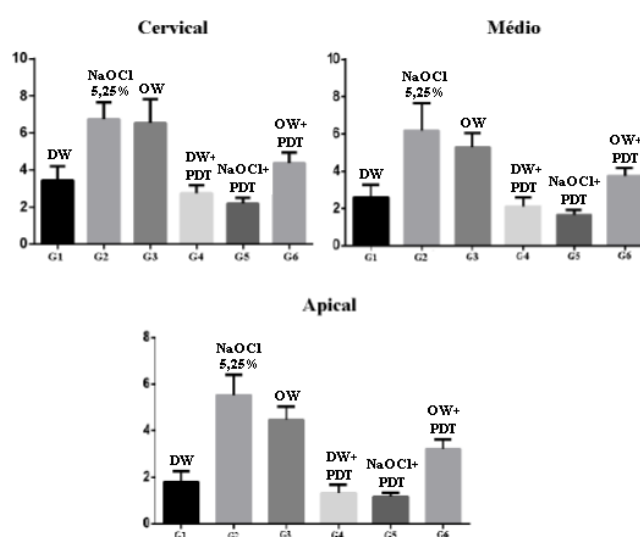


Figura 12 - Gráficos comparativos dos grupos estudados quanto aos valores de resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular nos terços radiculares cervical, médio e apical.

A porcentagem dos tipos de falha para cada grupo está descrita na Tabela 2. Observou-se que, para os grupos da água destilada associada ou não à PDT (DW e DW+PDT), o tipo de falha mais frequente foi o 3 (falha mista com cimento resinoso cobrindo de 50 a 100% da superfície do compósito). Para o grupo de NaOCl sem PDT (NaOCl), observou-se uma maior frequência de falhas do tipo 1 (falha adesiva entre compósito e cimento resinoso, com cimento não visível em volta do compósito), enquanto que para o grupo NaOCl associado à PDT (NaOCl+PDT), o tipo de falha mais frequente foi o 3. O mesmo padrão foi seguido pelos grupos de água ozonizada que, quando utilizada sem PDT (OW), mostrou mais falhas do tipo 1, enquanto que quando associada à PDT (OW+PDT), mostrou mais falhas do tipo 3.

Tabela 2 - Distribuição de tipos de falha encontrados em cada grupo.

Substância	PDT	Tipos de falha				
		1	2	3	4	5
DW	Não	0%	33%	43%	20%	4%
	Sim	0%	30%	43%	20%	7%
NaOCl	Não	57%	23%	0%	0%	20%
	Sim	0%	20%	57%	23%	0%
OW	Não	45%	25%	17%	0%	13%
	Sim	0%	10%	70%	20%	0%

6. DISCUSSÃO

Ao se analisar os resultados obtidos no presente estudo, pode-se confirmar a primeira hipótese, uma vez que a água ozonizada mostrou não interferir negativamente na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Tal resultado vem ao encontro dos achados de Garcia *et al.* (2012), Oznurhan *et al.* (2015) e Akturk *et al.* (2019), que relatam que a água ozonizada promove a limpeza dentinária sem afetar a resistência de união de sistemas adesivos autocondicionantes. Esse alto poder de limpeza é alcançado pela liberação de O₂, que abre a estrutura tubular, expõe um maior número de túbulos dentinários e remove detritos orgânicos, promovendo melhores resultados de resistência de união (OZNURHAN *et al.*, 2015).

Por outro lado, existem estudos na literatura que divergem dos nossos achados. Um exemplo é o estudo de Bitter *et al.* (2008), que mostrou que a adesão de pinos de fibra de vidro com cimento resinoso autoadesivo RelyX Unicem® à dentina radicular foi significativamente reduzida após o uso de ozônio. Isso pode ser explicado pela presença de oxidantes residuais da água ozonizada, que poderiam interferir nos procedimentos de união realizados imediatamente após o seu uso, reduzindo o grau de conversão dos monômeros do sistema adesivo (CADENARO *et al.*, 2006).

Murugesan *et al.* (2022) também relataram que a água ozonizada demonstrou uma capacidade insignificante de remover a *smear layer* quando comparada a outros irrigantes, como o NaOCl 5% e EDTA 17%, o que poderia interferir negativamente na capacidade de adesão de sistemas adesivos à dentina radicular. É possível, porém, que a falta de consistência nos resultados dos estudos se dê pelas diferentes metodologias, concentrações de água ozonizada e substratos dentinários empregados em cada um deles (AKTURK *et al.*, 2019), o que justifica a continuidade de estudos que empreguem a água ozonizada como substância irrigante auxiliar e que busquem elucidar essas questões.

Diferentemente, a segunda hipótese do presente estudo foi rejeitada, uma vez que a PDT mostrou interferir negativamente na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular, principalmente quando associada ao NaOCl e, em menor escala, quando associada à água ozonizada. Isso pode ter ocorrido devido à uma grande quantidade de oxigênio singlete gerado a partir dos corantes azuis estimulados pela PDT, que podem ter reduzido a capacidade do sistema adesivo, interferindo na resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina radicular. Menezes *et al.* (2017), avaliando o efeito da PDT na adesão e penetração de cimento em canais radiculares, também verificou os menores valores de resistência de união dos cimentos AH Plus® e MTA Fillapex® quando utilizados após a PDT, mas os relacionou a uma possível interferência ou presença de resquícios do agente fotossensibilizante na superfície dentinária.

Essa mesma hipótese é levantada por Hashem *et al.* (2021) que, observando que os valores de resistência de união dos pinos de fibra de vidro à dentina eram maiores no terço cervical em comparação ao apical, relacionam este resultado a uma remoção mais efetiva do fotossensibilizador da PDT na extremidade cervical do segmento radicular. Ferreira *et al.* (2015) explicam que a adesão é, de fato, mais problemática na dentina apical em comparação com a dentina cervical, por motivos que incluem também as

diferenças morfológicas, a redução na densidade dos túbulos dentinários e a expressão alterada de colágeno na dentina radicular.

Já o estudo de Ramos *et al.* (2018) demonstrou resultados parcialmente conflitantes com os nossos ao avaliar o efeito da PDT sobre a interface adesiva entre a dentina e diferentes sistemas de cimentação de pinos de fibra de vidro. Foi verificado que a PDT apresentou efeitos negativos na resistência de união no terço cervical após a cimentação com o cimento Relyx ARC®. Porém, para todos os outros terços e grupos, a resistência de união foi semelhante. Também Küçükekenci *et al.* (2019), testando a resistência de união de pinos de fibra de vidro cimentados à dentina radicular após preparo do canal com substâncias irrigantes variadas (que incluíam água destilada, NaOCl 5,25% e EDTA 17%), relataram não ter encontrado diferenças estatisticamente significativas na resistência de união entre todos os grupos experimentais, nem interferência da PDT na resistência de união dos pinos de fibra ao canal radicular.

Resultados divergentes também podem ocorrer devido a diferenças metodológicas, que incluem a utilização de diferentes fotossensibilizadores e tempos de pré-irradiação, bem como diferentes fontes de luz. O estudo de Alonaizan *et al.* (2019), por exemplo, avaliou a resistência de união e os modos de falha de pinos de fibra após utilização de PDT com *laser* de diodo, *laser* de érbio impregnado por cromo: ítrio, escândio, gálio, garnet (Er,Cr:YSGG), *laser* de neodímio dopado com ítrio-alumínio-granada (Nd:YAG) e limpeza e modelagem convencionais. Os *lasers* variavam entre si quanto ao comprimento de onda e a potência de saída. Neste estudo verificou-se, com diferenças significativas, uma maior força média de adesão alcançada pelo grupo de PDT com *laser* de diodo, seguido pelo *laser* Er,Cr:YSGG e *laser* Nd:YAG. Isso sugere que a PDT utilizando diferentes *lasers* e irradiações pode gerar diferentes resultados na resistência de união de pinos de fibra à dentina radicular.

No presente estudo, o fato de os maiores valores de resistência de união terem ocorrido com o uso NaOCl 5,25% corrobora com alguns estudos que relacionam o tratamento com NaOCl ao aumento da força de união de alguns sistemas adesivos devido aos efeitos desse irrigante na remoção da *smear layer*, o que pode ser benéfico para alguns materiais resinosos em proporcionar uma adesão adequada à dentina (PIOCH *et al.*, 1999; DE CASTRO *et al.*, 2000; INOUE *et al.*, 2002). Cecchin *et al.* (2011), por exemplo, compararam o NaOCl 5,25% à clorexidina 2% e ao etanol 100% e demonstraram que não só o NaOCl 5,25% apresenta os melhores valores de

resistência de união de pinos de fibra de vidro reembasados com resina composta à dentina radicular, como ele é capaz de preservar esses valores por 12 meses.

Os resultados favorecidos com o uso do NaOCl como irrigante endodôntico auxiliar provavelmente decorrem do fato de que essa substância remove as fibrilas superficiais do colágeno da dentina (CECCHIN *et al.*, 2011). Uma vez que essas fibrilas são intrinsecamente úmidas devido à sua alta afinidade com a água, os componentes adesivos são mais propensos à degradação ao longo do tempo como resultado da absorção de água, lixiviação da resina e outros fenômenos de envelhecimento mediados por água que enfraquecem a estrutura polimérica do adesivo e levam à falha da interface adesiva (BRESCHI *et al.*, 2008). Assim, ao remover parcialmente a rede desmineralizada de colágeno, altera-se a superfície da dentina e suas propriedades hidrofílicas, diminuindo a sensibilidade da técnica da camada híbrida sem comprometer a eficácia da adesão (CECCHIN *et al.*, 2011).

Conte *et al.* (2019) também reafirmam os resultados positivos obtidos com o NaOCl em seu estudo que avaliou o efeito do tratamento com clorexidina 2% e NaOCl 5,25% na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular após 24h ou 12 meses. Nesse trabalho, não foram notadas diferenças significativas entre os tratamentos imediato ou após um ano, com exceção do terço cervical do grupo clorexidina 2%, que apresentou perda significativa de adesão após 12 meses. Assim, tais autores concluíram que o uso de NaOCl 5,25% não influenciou negativamente na resistência de união dos pinos de fibra de vidro.

Por outro lado, estudos anteriores (LAI *et al.*, 2001; TANIGUCHI *et al.*, 2009) já demonstraram resultados divergentes dos nossos, relatando que a aplicação de NaOCl à dentina teve um efeito adverso na adesão de adesivos autocondicionantes. Taniguchi *et al.* (2009), por exemplo, investigaram o pH da superfície da dentina tratada com NaOCl, observando uma presença abundante de íons hidroxila mesmo após copiosa lavagem, o que poderia tamponar a acidez dos adesivos e, por consequência, reduzir sua hibridização com a dentina subjacente. Já Cecchin, Farina & Bedran-Russo (2018), ao avaliarem a eficácia dos *crosslinkers* de colágeno natural na resistência de união do adesivo à dentina radicular tratada com NaOCl, verificaram que o uso desta substância diminuiu significativamente a resistência de união das amostras. Essa adesão comprometida, porém, pôde ser revertida pela aplicação de extrato de semente de uva, ácido tânico ou chá verde nas superfícies dentinárias.

Quanto aos modos de falha, verificou-se no presente estudo que nos grupos NaOCl e água ozonizada sem PDT, a falha do tipo 1 (adesiva entre compósito e cimento resinoso, sem cimento visível em volta do compósito) foi a mais frequente, enquanto que nos grupos irrigados com água destilada (com ou sem PDT), NaOCl e água ozonizada associados a PDT, observou-se em maior escala a falha do tipo 3 (mista com cimento resinoso cobrindo de 50 a 100% da superfície do compósito). Assim, quando a PDT foi aplicada, a falha do tipo 3 foi mais comum em todos os grupos. Tais resultados nos levam a crer que o protocolo de PDT instituído no presente estudo precipitou a ocorrência de modos de falha mais desfavoráveis, uma vez que Cecchin *et al.* (2019) classificaram os tipos de falhas e afirmam que os modos 3 e 4 são os mais desfavoráveis, e os modos 1, 2 e 5 são considerados os mais favoráveis pelo fato da maior porção de cimento ter permanecido em contato com a dentina.

Entre as limitações deste trabalho, citamos o fato de que se trata de uma pesquisa laboratorial utilizando-se de dentes bovinos, que possuem composição e morfologia semelhantes aos dentes humanos. Apesar deste experimento ter sido desenvolvido procurando reproduzir ao máximo os procedimentos executados no ambiente clínico, os achados desta pesquisa devem ser interpretados com cautela, sendo necessária a realização de testes clínicos que avaliem as variáveis em estudo a fim de se comprovar os resultados obtidos. Além disso, sugere-se que mais estudos comparando diferentes fotossensibilizadores e fontes de luz diversas sejam realizados, objetivando comprovar ou não sua interferência na resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular.

7. CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos no estudo e levando em consideração as limitações, conclui-se que:

- A utilização da água ozonizada como solução endodôntica auxiliar não interfere negativamente na resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular;
- A PDT interfere negativamente nos valores de resistência adesiva de pinos de fibra de vidro à dentina radicular;

- Quando o NaOCl 5,25% foi utilizado de maneira isolada, demonstrou os maiores valores de resistência de união entre todas as substâncias irrigantes. Quando associado à PDT, porém, seus valores de resistência de união foram os mais baixos em todos os terços radiculares;
- Quando a água ozonizada foi utilizada de maneira isolada, proporcionou valores de resistência de união estatisticamente semelhantes ao NaOCl 5,25%. Porém, quando associada à PDT, os valores de resistência de união obtidos foram levemente prejudicados.

REFERÊNCIAS

- ACKROYD, R.; KELTY, C.; BROWN, N.; REED, M. The history of photodetection and photodynamic therapy. *Photochem Photobiol*, v.74, n.5, p.656-669, 2001. doi: 10.1562/0031-8655(2001)0740656THOPAP2.0.CO2.
- AGGARWAL, V.; SINGLA, M.; SHARMA, R.; MIGLANI, S.; BHASIN, S. S. Effects of simplified ethanol-wet bonding technique on immediate bond strength with normal versus caries-affected dentin. *J Conserv Dent*, v.19, n.5, p.419-423, 2016. doi: 10.4103/0972-0707.190009.
- AKTURK, E.; BEKTAS, O. O.; OZKANOGU, S. G.; AKIN, E. G. Do ozonated water and boric acid affect the bond strength to dentin in different adhesive systems? *Niger J Clin Pract*, v.22, n.12, p.1758-1764, 2019. doi: 10.4103/njcp.njcp_281_19.
- AL HABASHNEH, R.; ALSALMAN, W.; KHADER, Y. Ozone as an adjunct to conventional nonsurgical therapy in chronic periodontitis: A randomized controlled clinical trial. *J Periodontal Res*, v.50, n.1, p.37-43, 2014. doi: 10.1111/jre.12177.
- ALONAIZAN, F. A.; ALFAWAZ, Y. F.; ALSAHHAF A.; ALOFI, R. F.; ALAALI, K.A.; ALRAHLAH, A.; VOHRA, F.; ABDULJABBAR, T. Effect of photodynamic therapy and ERCRYSGG laser irradiation on the push-out bond strength between fiber post and root dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.27, p.415-418, 2019. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.06.022.
- ARNEIRO, R. A. S.; NAKANO, R. D.; ANTUNES, L. A. A.; FERREIRA, G. B.; FONTES, K. B. F. C.; ANTUNES, L. S. Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *J Oral Sci*, v.56, n.4, p.277-285, 2014. doi: 10.2334/josnusd.56.277.
- ASQUINO, N.; PEREIRA PRADO, V.; APELLANIZ, D.; BUENO, R. L.; TAPIA, G.; BOLOGNA, M. R. Metaloproteinasas de la matriz extracelular (MMPs) en Odontología. *Odontostomatología*, v.18, n.28, p.20-29, 2016.
- BAYSAN, A.; LYNCH, E. Use of ozone in dentistry and medicine. *Prim Dent Care*, v.12, n.2, p.47-52, 2005.
- BERGMANS, L.; MOISIADIS, P.; HUYBRECHTS, B.; VAN MEERBEEK, B.; QUIRYNEN, M.; LAMBRECHTS, P. Effect of photo-activated disinfection on endodontic pathogens ex vivo. *Int Endod J*, v.41, n.3, p.227-239, 2008. doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01344.x.
- BITTER, K.; NOETZEL, J.; VOLK, C.; NEUMANN, K.; KIELBASSA, A. M. Bond strength of fiber posts after the application of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod*, v.34, n.3, p.306-309, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.011.
- BLATTES, G. B. F.; MESTIERI, L. B.; BÖTTCHER, D. E.; FOSSATI, A. C. M.; MONTAGNER, F.; GRECCA, F. S. Cell migration, viability and tissue reaction of

calcium hypochlorite based-solutions irrigants: An in vitro and in vivo study. *Arch Oral Biol*, v.73, n.1, p.34-39, 2017. doi: 10.1016/j.archoralbio.2016.08.037.

BOCH, T.; TENNERT, C.; VACH, K.; AL-AHMAD, A.; HELLWIG, E.; POLYDOROU, O. Effect of gaseous ozone on *Enterococcus faecalis* biofilm-an in vitro study. *Clin Oral Investig*, v.20, n.7, p.1733-1739, 2016. doi: 10.1007/S00784-015-1667-1.

BRESCHI, L.; MAZZONI, A.; RUGGERI, A.; CADENARO, M.; DI LENARDA, R.; DE STEFANO DORIGO, E. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*, v.24, p.90-101, 2008.

BRICHKO, J.; BURROW, M. F.; PARASHOS, P. Design variability of the push-out bond test in endodontic research: A systematic review. *J Endod*, v.44, n.8, p.1237-1245, 2018. doi: 10.1016/j.joen.2018.05.003.

BUKHARY S.; BALTO H. Antibacterial efficacy of octenisept, alexidine, chlorhexidine, and sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod*, v.43, n.4, p.643-647, 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.09.013.

CADENARO, M.; BRESCHI, L.; ANTONIOLLI, F.; MAZZONI, A.; DI LENARDA, R. Influence of whitening on the degree of conversion of dental adhesives on dentin. *Eur J Oral Sci*, v.114, n.3, p.257-262, 2006. doi: 10.1111/j.1600-0722.2006.00351.x.

CAMACHO-ALONSO, C. F.; LOZANO, S. P.; BENEYTON, M. Y. Effects of photodynamic therapy, 2% chlorhexidine, triantibioticmixture, própolis and ozone on root canals experimentally infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Odontology*, v.105, n.3, p.338-346, 2017. doi: 10.1007/s10266-016-0271-4.

CARRERA, C. A.; CHENA, Y. C.; LIA, Y.; RUDNEY, J.; APARICIO, C.; FOK, A. Dentin-composite bond strength measurement using the Brazilian disk test. *J Dent*, v.52, p.37-44, 2016. doi: 10.1016/j.jdent.2016.07.002.

CARTIER, H.; DAHAN, S.; TOUBEL, G. Les lasers en dermatologie. 4^aed. Paris: Doin, 2018. 295p.

CECCHIN, D.; ALMEIDA, J. F.; GOMES, B. P.; ZAIA, A. A.; FERRAZ, C. C. Deproteinization technique stabilizes the adhesion of the fiberglass post relined with resin composite to root canal. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, v.100, n.2, p.577-583, 2011. doi: 10.1002/jbm.b.31946.

CECCHIN, D.; BRINGHENTI, I. L.; BERNARDI, J. B.; LEAL, L. O.; SOUZA, M. A.; BBEDRAN-RUSSO, A. K.; FARINA, A. P. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: Morphological analysis and push out bond strength. *Int J Adhes Adhes*, v.90, p.138-143, 2018. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2019.02.010.

CHINIFORUSH, N.; POURHAJIBAGHER, M.; SHAHABI, S.; KOSARIEH, E.; BAHADOR, A. Can antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) enhance the endodontic treatment? *J Lasers Med Sci*, v.7, n.2, p.76-85, 2016. doi: 10.15171/jlms.2016.14.

CONTE, T.; ANDRADE, G. S.; GADONSKI, A. P.; SANTIN, D. C.; NAUFEL, F. S. Evaluation of the effect of chlorhexidine and sodium hypochlorite in adhesive cementation of fiber posts: In vitro study. *Rev Odontol UNESP*, v.48, p.e20190020, 2019. doi: 10.1590/1807-2577.02019.

DE CASTRO, A. K.; HARA, A. T.; PIMENTA, L. A. Influence of collagen removal on shear bond strength of one-bottle adhesive systems in dentin. *J Adhes Dent*, v.2, n.4, p.271-277, 2000.

DE MACEDO, P. A. D. S.; FAVARÃO, J.; UEDA, J. K.; DE CASTRO, E. T.; DETOGNI, A. C.; MENOLLI, R. A.; MENDONÇA, M. J.; CAMILOTTI, V. Influence of ozonated water as an irrigant and dentin-cleaning solution on the bond strength of fiberglass pins. *J Contemp Dent Pract*, v.22, n.8, p.876-881, 2021.

DING, W.; JIN, W.; CAO, S.; ZHOU, X.; WANG, C.; JIANG, Q.; HUANG, H.; TU, R. S. F.; WANG, Q. Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water. *Water Res*, v.160, p.339-349, 2019. doi: 10.1016/j.watres.2019.05.014.

ELVIS, A. M.; EKTA, J. S. Ozone therapy: A clinical review. *J Nat Sci Biol Med*, v.2, n.1, p.66-70, 2017. doi: 10.4103/0976-9668.82319.

ESCRIBANO, N. I.; DEL-NERO, M. O.; MACORRA, J. C. Inverse relationship between tensile bond strength and dimensions of bonded area. *J Biomed Mater Res*, v.66B, n.1, p.419-424, 2003. doi: 10.1002/jbm.b.10033.

ESTAY, J.; MARTIN, J.; VILDÓSOLA, P.; VILLABLANCA, C.; MJÖR, I.; DE OLIVEIRA JR, O. B.; LASKE, M.; LOOMANS, B.; ANDRADE, M. F. D.; MONCADA, G.; GORDAN, V. V.; OPDAM, N.; FERNÁNDEZ, E. Sealing of restorations with marginal defects does not affect their longevity. *Am J Dent*, v.31, n.2, p.107-112, 2018.

FERNANDES, K. G. C.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I.; TIM, C. R.; BAZAN, L. G.; MORETI, L. C. T.; SIMONATO, L. E.; GARCIA, L. A. Ozonotherapy as a coadjuvant in the irrigation of the radicular channels system. *Res Soc Dev*, v.10, n.1, p.e40210111855, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i1.11855.

FERREIRA, R.; PRADO, M.; SOARES, A. J.; ZAIA, A. A.; DE SOUZA-FILHO, F. J. Influence of using clinical microscope as auxiliary to perform mechanical cleaning of post space: A bond strength analysis. *J Endod*, v.41, n.8, p.1311-1316, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2015.05.003.

FIGUEIREDO, R. A.; ANAMI, L. C.; MELLO, I.; CARVALHO, E. S.; HABITANTE, S. M.; RALDI, D. P. Tooth discoloration induced by endodontic phenothiazine dyes in photodynamic therapy. *Photomed Laser Surg*, v.32, n.8, p.458-462, 2014. doi: 10.1089/pho.2014.3722.

FUMES, A. C.; TELLES, P. D. S.; CORONA, S. A. M.; BORSATTO, M. C. Effect of aPDT on *Streptococcus mutans* and *Candida albicans* present in the dental biofilm:

Systematic review. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.21, p.363-366, 2018. doi: 10.1016/j.pdpdt.2018.01.013.

GALLER, K. M.; BUCHALLA, W.; HILLER, K. A.; FEDERLIN, M.; EIDT, A.; SCHIEFERSTEINER, M.; SCHMALZ, G. Influence of root canal disinfectants on growth factor release from dentin. *J Endod*, v.41, n.3, p.363-368, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.021.

GALLER, K. M. Clinical procedures for revitalization: current knowledge and considerations. *Int Endod J*, v.49, n.10, p.926-936, 2016. doi: 10.1111/iej.12606.

GARCEZ, A. S.; HAMBLIN, M. R. Methylene blue and hydrogen peroxide for photodynamic inactivation in root canal: A new protocol for use in endodontics. *Eur Endod J*, v.2, n.1, p.29, 2017. doi: 10.14744/eej.2017.17023.

GARCIA, E. J.; SERRANO, A. P.; URRUCHI, W. I.; DEBONI, M. C.; REIS, A.; GRANDE, R. H.; LOGUERCIO, A. D. Influence of ozone gas and ozonated water application to dentin and bonded interfaces on resin-dentin bond strength. *J Adhes Dent*, v.14, n.4, p.363-370, 2012. doi: 10.3290/j.jad.a22707.

GARCIA, C.; RUALES-CARRERA, E.; PRATES, L. H.; VOLPATO, C. A. Effect of different irrigations on the bond strength of self-adhesive resin cement to root dentin. *J Clin Exp Dent*, v.10, n.2, p.139-145, 2018. doi: 10.4317/jced.54459.

GHINZELI, G. C.; SOUZA, M. A.; CECCHIN, D.; FARINA, A. P.; DE FIGUEIREDO, J. A. Influence of ultrasonic activation on photodynamic therapy over root canal system infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.11, n.4, p.472-478, 2014. doi: 10.1016/j.pdpdt.2014.07.004.

GOMES-FILHO, J. E.; SIVIERI-ARAUJO, G.; SIPERT, C. R.; DA SILVA SANTOS, L. M.; DE AZEVEDO QUEIROZ, I. O.; MARTINS, C. M.; DO CARMO, M. N. K.; CINTRA, L. T. A.; DEZAN-JUNIOR, E.; BAGNATO, V. S.; CHAVES-NETO, A. H.; DE OLIVEIRA, S. H. P. Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.13, p.97-100, 2016. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.01.007.

GONÇALVES, L. S.; RODRIGUES, R. C.; ANDRADE JR, C. V.; SOARES, R. G.; VETTORE, M. V. The effect of sodium hypochlorite and chlorhexidine as irrigant solutions for root canal disinfection: A systematic review of clinical trials. *J Endod*, v.42, n.4, p.527-532, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2015.12.021.

HARAGUSHIKU, G. A.; BACK, E. D.; TOMAZINHO, P. H.; BARATTO FILHO, F.; FURUSE, A. Y. Influence of antimicrobial solutions in the decontamination and adhesion of glass-fiber posts to root canal. *J Appl Oral Sci*, v.23, n.4, p.436-441, 2015. doi: 10.1590/1678-775720150005.

HASHEM, M.; ALTINAWI, A.; FOUAD, H.; VELLAPPALLY, S.; KHAN, A. A. Effectiveness of photodynamic therapy on bonding strength and failure modes of

fiber-posts in c-shaped treated root canals. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.35, p.102469, 2021. doi: 10.1016/j.pdpdt.2021.102469.

HIRAISHI, N.; KITASAKO, Y.; NIKAIDO, T.; NOMURA, S.; BURROW, M. F.; TAGAMI, J. Effect of artificial saliva contamination on pH value change and dentin bond strength. *Dent Mater*, v.19, n.5, p. 429-434, 2003. doi: 10.1016/S0109-5641(02)00087-8.

HUANG, M. C.; SHEN, M.; HUANG, Y. J.; LIN, H. C.; CHEN, C. T. Photodynamic inactivation potentiates the susceptibility of antifungal agents against the planktonic and biofilm cells of candida albicans. *Int J Mol Sci*, v.19, n.2, p.434, 2018. doi: 10.3390/ijms19020434.

ILKE, Y. Pathogenicity of enterococci. *Nihon Sajkingaku Zasshi*, v.72, n.2, p.189-211, 2017. doi: 10.3412/jsb.72.189.

INOUE, S.; MURATA, Y.; SANO, H.; KASHIWADA, T. Effect of NaOCl treatment on bond strength between indirect resin core-buildup and dentin. *Dent Mater J*, v.21, n.4, p.343-354, 2002. doi: 10.4012/dmj.21.343.

JYOTI, P.; NAGATHAN, V. M.; RAO, S. M.; BHEEMAPPA, F. B. Ozone in dental therapy: An outlook. *Int J Clin Dental Sci*, v.4, n.1, p.4-8, 2013.

KAKEHASHI S.; STANLEY H. R.; FITZGERALD R. J. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, v.20, n.3, p.340-349, 1965. doi: 10.1016/0030-4220(65)90166-0.

KANDASWAMY D.; VENKATESHBABU N. Root canal irrigants. *J Conserv Dent*, v.13, n.4, p.256-264, 2010. doi: 10.4103/0972-0707.73378.

KATTI, S. S.; CHAVA, V. K. Effect of ozonised water on chronic periodontitis: A clinical study. *J Int Oral Health*, v.5, n.5, p.79-84, 2013.

KIVANC, B. H.; ARISU, H. D.; OZCAN, S.; GEORGE, G.; ALAC, T. The effect of the application of gaseous ozone and ND:YAG laser on glass-fibre post bond strength. *Aust Endod J*, v.38, n.3, p.118-123, 2010. doi: 10.1111/j.1747-4477.2010.00265.x.

KÜÇÜKEKENCİ F.; KÜÇÜKEKENCİ, A. S.; Effect of ultrasonic and Nd: Yag laser activation on irrigants on the push-out bond strength of fiber post to the root canal. *J Appl Oral Sci*, v.27, p.e20180420, 2019. doi: 10.1590/1678-7757-2018-0420.

LAI, S. C.; MAK, Y. F.; CHEUNG, G. S.; OSORIO, R.; TOLEDANO, M.; CARVALHO, R. M.; TAY, F. R.; PASHLEY, D. H. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res*, v.30, n.10, p.1919-1924, 2001. doi: 10.1177/00220345010800101101.

LI, K.; GUO, J.; LI, Y.; HEO, Y. C.; CHEN, J.; XIN, H.; FOK, A. Accelerated fatigue testing of dentin-composite bond with continuously increasing load. *Dent Mater*, v.33, n.6, p.681-689, 2017. doi: 10.1016/j.dental.2017.03.016.

MENEZES, M.; PRADO, M.; GOMES, B.; GUSMAN, H.; SIMÃO, R. Effect of photodynamic therapy and non-thermal plasma on root canal filling: Analysis of adhesion and sealer penetration. *J Appl Oral Sci*, v.25, n.4, p.396-403, 2017. doi: 10.1590/1678-7757-2016-0498.

MOHAMMADI, Z.; SHALAVI, S.; SOLTANI, M. K.; ASGARY, S. A review of the properties and applications of ozone in endodontics: An update. *Iran Endod J*, v.8, n.2, p.40-43, 2013.

MOHAMMADI, Z.; YARIPOUR, S.; SHALAVI, S.; PALAZZI, F.; ASGARY, S. Root canal irrigants and dentin bonding: An update. *Iran Endod J*, v.12, n.2, p.131-136. 2017. doi: 10.22037/iej.2017.27.

MURUGESAN, K.; VISHWANATH, S.; KADANDALE, S.; THANIKACHALAM, Y.; PARTHASARATHY, R.; ILANGO, S. Comparative evaluation of smear layer removal in apical third using four different irrigants with ultrasonic agitation: An in vitro scanning electron microscopy (SEM) analysis. *Cureus*, v.14, n.3, p.e23142, 2022. doi: 10.7759/cureus.23142.

NAGAI, Y.; SUZUKI, A.; KATSURAGI, H.; SHINKAI, K. Effect of antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) on the sterilization of infected dentin in vitro. *Odontology*, v.106, n.2, p.154-161, 2018. doi: 10.1007/s10266-017-0321-6.

NAGATA, J. Y.; HIOKA, N.; KIMURA, E.; BATISTELA, V. R.; TERADA, R. S. S.; GRACIANO, A. X.; BAESSO, M. L.; HAYACIBARA, M. F. Antibacterial photodynamic therapy for dental caries: evaluation of the photosensitizers used and light source properties. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.9, n.2, p.122-131, 2012. doi: 10.1016/j.pdpdt.2011.11.006.

NOGALES, C. G.; FERREIRA, M. B.; LAGE-MARQUES, J. L.; ANTONIAZZI, J. H. Comparison of the antimicrobial activity of three different concentrations of aqueous ozone on *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Enterococcus faecalis* - In vitro study. *Ozone Ther Glob J*, v.4, n.1, p.9-15, 2014.

NOGALES, C. G.; FERREIRA, M. B.; MONTEMOR A. F.; RODRIGUES M. F. D. A.; LAGE-MARQUES, J. L.; ANTONIAZZI, J. H. Ozone therapy as an adjuvant for endodontic protocols: Microbiological ex vivo study and cytotoxicity analyses. *J Appl Oral Sci*, v.24, n.6, p.607-613, 2016. doi: 10.1590/1678-775720160029.

OLIVEIRA, B. P.; AGUIAR, C. M.; CÂMARA, A. C. Photodynamic therapy in combating the causative microorganisms from endodontic infections. *Eur J Dent*, v.8, n.3, p.424-430, 2014. doi: 10.4103/1305-7456.137662.

OZNURHAN F.; OZTURK C.; EKCI E. S. Effects of different cavity-disinfectants and potassium titanyl phosphate laser on microtensile bond strength to primary dentin. *Niger J Clin Pract*, v.18, n.3, p.400-404, 2015. doi: 10.4103/1119-3077.151774.

PAGONIS, T. C.; CHEN, J.; FONTANA, C. R.; DEVALAPALLY, H.; RUGGIERO, K.; SONG, X.; FOSCHI, F.; DUNHAM, J.; SKOBE, Z.; YAMAZAKI, H.; KENT, R.; TANNER, A. C. R.; AMIJI, M. M.; SOUKOS, N. S. Nanoparticle-based endodontic

antimicrobial photodynamic therapy. *J Endod*, v.36, n.2, p.322-328, 2010. doi: 10.1016/j.joen.2009.10.011.

PINTO, A. P.; ROSSETI, I. B.; CARVALHO, M. L.; DA SILVA, B. G. M.; ALBERTO-SILVA, C.; COSTA, M. S. Photodynamic antimicrobial chemotherapy (PACT), using toluidine blue o inhibits the viability of biofilm produced by candida albicans at different stages of development. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.21, p.182-189, 2018. doi: 10.1016/j.pdpdt.2017.12.001.

PIOCH, T.; KOBASLIJA, S.; SCHAGEN, B.; GÖTZ, H. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems after NaOCl treatment. *J Adhes Dent*, v.1, n.2, p.135-142, 1999.

PITHON, M. M.; DOS SANTOS, R. L. Does ozone water affect the bond strengths of orthodontic brackets? *Aust Orthod J*, v.26, n.1, p.73-77, 2010.

PLOTINO, G.; GRANDE, N. M.; MERCADE, M. Photodynamic therapy in endodontics. *Int Endod J*, v.52, n.6, p.760-774, 2019. doi: 10.1111/iej.13057.

PRADO, M. C.; LEAL, F.; SIMÃO, R. A.; GUSMAN, H.; DO PRADO, M. The use of auxiliary devices during irrigation to increase the cleaning ability of a chelating agent. *Restor Dent Endod*, v.42, n.2, p.105-110, 2017. doi: 10.5395/rde.2017.42.2.105.

RAMOS, A. T. P. R.; BELIZARIO, G. L.; VENÇÃO, A. C.; JORDÃO-BASSO, K. C. F.; RASTELLI, A. N. S.; ANDRADE, M. F.; KUGA, M. C. Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface of fiber posts cementation protocols. *J Endod*, v.44, n.1, p.173-178, 2018. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.035.

REDDY, M. S.; MAHESH, M. C.; BHANDARY, S.; PRAMOD, J.; SHETTY, A.; PRASHANTH, M. B. Evaluation of effect of different cavity disinfectants on shear bond strength of composite resin to dentin using two-step self-etch and one-step self-etch bonding systems: A comparative in vitro study. *J Contemp Dent Pract*, v.14, n.2, p.275-280, 2013.

RETAMOZO, B.; SHABAHANG, S.; JOHNSON, N.; APRECIO, R. M.; TORABINEJAD, M. Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate enterococcus faecalis bonnie. *J Endod*, v.36, n.3, p.520-523, 2010. doi: 10.1016/j.joen.2009.12.005.

ROÇAS, I. N.; PROVENZANO, J. C. NEVES, M. A. S.; SIQUEIRA JR, J. F. Disinfecting effects of rotary instrumentation with either 2,5% sodium hypochlorite or 2% chlorhexidine as the main irrigant: a randomized clinical study. *J Endod*, v.42, n.6, p.943-947, 2016. doi: 10.1016/j.joen.2016.03.019.

RUEGGEBERG, F. A.; MARGESON, D. H. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, v.69, n.10, p.1652-1658, 1990. doi: 10.1177/00220345900690100501.

SAKER, S.; ÖZCAN, M. Retentive strength of fiber-reinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin

conditioning protocols. *J Prosthet Dent*, v.114, n.6, p.856-861, 2015. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.015.

SCHMIDLIN, P. R.; ZIMMERMANN, J.; BINDL, A. Effect of ozone on enamel and dentin bond strength. *J Adhes Dent*, v.7, n.1, p.29-32, 2005.

SEBALLOS, V. G.; BARRETO, M. S.; ROSA, R. A. D.; MACHADO, E.; VALANDRO, L. F.; KAIZER, O. B. Effect of post-space irrigation with NaOCl and CaOCl at different concentrations on the bond strength of posts cemented with a self-adhesive resin cement. *Braz Dent J*, v.29, n.5, p.446-451, 2018. doi: 10.1590/0103-6440201801955.

SILVA, C. C.; CHAVES JR, S. P.; PEREIRA, G. L. D.; FONTES, K. B. F. C.; ANTUNES, L. A. A.; PÓVOA, H. C. C.; ANTUNES, L. S.; IORIO, N. L. P. P. Antimicrobial photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment: A clinical and molecular microbiological study. *Photochem photobiol*, v.94, n.2, p.351-356, 2018. doi: 10.1111/php.12869.

SILVA, E.; PEREIRA, C.; LIMEIRA, F.; AFFONSO, P.; MOREIRA, A.; MAGALHÃES, C. Resistência de união em função do momento de corte do pino de fibra fixado com cimento autoadesivo na dentina radicular. *J Clin Exp Dent*, v.13, n.1, p.e56-e60, 2021.

SOUZA, M. A.; PAZINATTO, B.; BISCHOFF, K. F.; PALHANO, H. S.; CECCHIN, D.; FIGUEIREDO, J. A. P. D. Influence of ultrasonic activation over final irrigants in the removal of photosensitizer from root canal walls after photodynamic therapy. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.17, p.216-220, 2017. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.12.011.

SOUZA, M. A.; DALLA LANA, D.; GABRIELLI, E.; RIBEIRO M. B.; MIYAGAKI, D. C.; CECCHIN, D. Effectiveness of final decontamination protocols against *Enterococcus faecalis* and its influence on bond strength of filling material to root canal dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.31, n.40, p.92-97, 2017. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.11.004.

SOUZA, M. A.; DIAS, C. T.; ZANDONÁ, J.; HOFFMANN, I. P.; MENCHIK, V. H. S.; PALHANO, H. S.; BERTOL, C. D.; ROSSATO-GRANDO, L. G.; CECCHIN, D.; FIGUEIREDO, J. A. P. D. Antimicrobial activity of hypochlorite solutions and reciprocating instrumentation associated with photodynamic therapy on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.23, p.437-352, 2018. doi: 10.1016/j.pdpdt.2018.07.015.

SOUZA, M. A.; BONACINA, L. V.; RICCI, R.; RAUBER, M. G. P.; ZUCHI, N.; HOFFMANN, I. P.; BISCHOFF, K. F.; ENGELMANN, J. L.; PALHANO, H. S.; CECCHIN, D. Influence of final irrigation protocols and type of resin cement on bond strength of glass fiber posts in root dentin previously treated with photodynamic therapy. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, v.26, p.224-228, 2019. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.04.007.

SUH, B. I. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. J Esthet Restor Dent, v.16, n.5, p.316-323, 2006. doi: 10.1111/j.1708-8240.2004.tb00060.x.

SUZUKI, T. Y. U.; PEREIRA, M. A.; GOMES-FILHO, J. E.; WANG, L.; ASSUNÇÃO, W. G.; SANTOS, P. H. D. Do Irrigation solutions influence the bond interface between glass fiber posts and dentin? Braz Dent J, v.30, n.2, p.106-116, 2019. doi: 10.1590/0103-6440201901963.

TANIGUCHI, G.; NAKAJIMA, M.; HOSAKA, K.; IWAMOTO, N.; IKEDA, M.; FOXTON, R. M.; TAGAMI, J. Improving the effect of NaOCl pretreatment on bonding to caries-affected dentin using self-etch adhesives. J Dent, v.37, n.10, p.769-775, 2009.

TISLER, C. E.; CHIFOR, R.; BADEA, M. E.; MOLDOVAN, M.; PRODAN, D.; CARPA, R.; CUC, S.; CHIFOR, I.; BADEA, A. F. Photodynamic therapy (PDT) in prosthodontics: Disinfection of human teeth exposed to *streptococcus mutans* and the effect on the adhesion of full ceramic veneers, crowns, and inlays: An in vitro study. Biomedicines, v.10, n.1, p.144, 2022. doi: 10.3390/biomedicines10010144.

TREVINO, E. G.; PATWARDHAN, A. N.; HENRY, M. A.; PERRY, G.; DYBDAL-HARGREAVES, N.; HARGREAVES, K. M.; DIOGENES, A. Effect of irrigants on the survival of human stem cells of the apical papilla in a platelet-rich plasma scaffold in human root tips. J Endod, v.37, n.8, p.1109-1115, 2011. doi: 10.1016/j.joen.2011.0013.

TRINDADE, A. C.; FIGUEIREDO, J. A. P.; STEIER, L.; WEBER, J. B. B. Photodynamic therapy in endodontics: A literature review. Photomed Laser Surg, v.33, n.3, p.175-182, 2015. doi: 10.1089/pho.2014.3776.

VIOLICH, D. R.; CHANDLER, N. P. The smear layer in endodontics - A review. Int Endod J, v.43, n.1, p.2-15, 2010. doi: 10.1111/j.1365-2591.2009.01627.x.

VOHRA, F.; BUKHARI, I. A.; SHEIKH, S. A.; NASEEM, M.; HUSSAIN, M. Photodynamic therapy and activations of irrigation (using different laser prototypes) on push out bond strength of fiber posts. Photodiagnosis Photodyn Ther, v.30, p.101716, 2020. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101716.

WAINWRIGHT, M. Photodynamic antimicrobial chemotherapy (PACT). J Antimicrob Chemother, v.42, n.1, p.13-28, 1998. doi: 10.1093/jac/42.1.13.

WANG, L.; BASSIRI, M.; NAJAFI, R.; NAJAFI, K.; YANG, J.; KHOSROVI, B.; HWONG, W.; BARATI, E.; BELISLE, B.; CELERI, C.; ROBSON, M. C. Hypochlorous acid as a potential wound care agent: Part I. Stabilized hypochlorous acid: A component of the inorganic armamentarium of innate immunity. J Burns Wounds, v.11, n.6, p.e-5, 2007.

YAMAJI, A.; KOGA, K.; TSUJIMOTO, A.; SHIMIZU, Y.; TSUBOTA, K.; TAKAMIZAWA, T.; MIYAZAKI, M. Influence of oxygen-inhibited layer on dentin bond strength of chemical-cured resin composite. Eur J Oral Sci, v.121, n.5, p.497-503, 2013. doi: 10.1111/eos.12077.

ZHU, L.; LI, Y.; CHEN, Y. C.; CARRERA, C. A.; CHONG, W.; FOK, A. Comparison between two postdentín bond strength measurement methods. *Sci Rep*, v.8, p.1-8, 2018. doi: 10.1038/s41598-018-20891-3.

ZORITA-GARCÍA, M.; ALONSO-EZPELETA, L. Ó.; COBO, M.; CAMPO, R. D.; RICO-ROMANO, C.; MENA-ÁLVAREZ, J.; ZUBIZARRETA-MACHO, A. Photodynamic therapy in endodontic root canal treatment significantly increases bacterial clearance, preventing apical periodontitis. *Quintessence Int*, v.50, n.10, p.782-789, 2019.

ANEXO I

ARTIGO A SER SUBMETIDO

Editado conforme as normas da revista *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*.

Influence of irrigation with ozonated water and photodynamic therapy on the bond strength of fiberglass posts to root dentin

Abstract

Aim: To evaluate, *in vitro*, the effects of ozonated water (OW) as an auxiliary endodontic irrigating solution, and of photodynamic therapy (PDT), on the bond strength of fiberglass posts to root dentin. **Methods:** Sixty roots of bovine incisors were prepared and divided into 6 groups (n=10): DW–distilled water (G1); NaOCl–5.25% sodium hypochlorite (G2); OW (G3); DW+PDT (G4); NaOCl 5.25%+PDT (G5); OW+PDT (G6). The irrigants were agitated in the canal with a manual file in the first minute and renewed every 5 min, until completing 30 min. In Groups DW+PDT, NaOCl 5.25%+PDT e OW+PDT the root canals were filled with 0.01% methylene blue activated by a low intensity laser with an intracanal optical fiber. Fiberglass posts were cemented with RelyX U200® and then the roots were sectioned in 2 mm thick disks, which were submitted to the push out (PO) test. Bond strength values were analyzed by two-way ANOVA, followed by the Tukey test, at a significance level of 5%. Finally, failure patterns were analyzed. **Results:** The 5.25% NaOCl and OW without PDT groups showed the highest values of bond strength. OW with PDT showed intermediate values. NaOCl associated with PDT showed the lowest bond strength values in all root thirds. **Conclusion:** OW as an auxiliary endodontic solution did not interfere with the bond strength of fiberglass posts to root dentin. PDT interfered with bond strength, especially when associated with 5.25% NaOCl.

Keywords: Dental adhesives. Root canal irrigants. Ozone. Photodynamic therapy.

Introduction

Microorganisms play a fundamental role in inducing and perpetuating the pathological changes that affect the pulp and periapical tissues [1]. Thus, the success of root canal therapy is highly dependent on the elimination of these microorganisms

through correct instrumentation and the use of irrigating solutions and appropriate intracanal medications [2]. Sodium hypochlorite (NaOCl) is the irrigating solution known as the “gold standard” in endodontics due to its broad-spectrum antimicrobial activity, ability to dissolve organic tissues, and oxidizing and hydrolyzing capacity [1]. However, high concentrations and long time exposure to NaOCl are required to eliminate persistent bacteria, making it potentially cytotoxic [3].

Irrigating substances alternative to NaOCl have been researched in Endodontics to decontaminate the root canal system, such as ozonated water (OW), known as a potent antimicrobial agent [4]. It has already been reported that OW has 99.9% antibacterial efficacy, a result of its oxidation potential capable of destroying the cell wall and cytoplasmic membrane of bacteria and fungi in the oral cavity [5,6,7,8]. Ozone in the aqueous phase also has the advantage of being biocompatible with dental structures and not showing cellular mutagenicity [4]. However, there is still no consensus in the literature on the direct influence of OW on the bond strength of obturator/restorative materials to root dentin [9,10,11].

Photodynamic therapy (PDT) has also been shown to be a promising auxiliary resource in Endodontics with regard to intracanal decontamination [12], inducing insignificant levels of cytotoxicity [13]. PDT associates a low-power laser light source and a non-toxic photosensitizer [12]. This results in the excitation of electrons that, in the presence of oxygen (O_2), promote the formation of short-lived reactive O_2 species, which enter the bacterial cell wall causing lysis of the microorganism through irreversible oxidation [14,15,16]. On the other hand, some studies have shown negative effects of PDT on bond strength and dentin penetrability in fiberglass post cementation protocols, which would impair the longevity of intracanal cemented dental restorations [14,15,17].

Since the durable bond between polymeric restorative materials and dental structures is an important parameter for the success of restorations, their mechanical resistance is usually measured by determining the bond strength [18]. In this sense, bond strength tests are the most frequently used to assess the adhesive quality of the interface between dentin structure and adhesive systems. Given the above, it is necessary to investigate the effects of OW as an auxiliary endodontic irrigant, associated or not with the influence of PDT, on the bond strength of fiberglass posts cemented to root dentin. Considering the above, the objective of the present study is to

evaluate *in vitro* the influence of OW and PDT on the bond strength of fiberglass posts to root dentin.

Materials and methods

Collection and preparation of samples

This project did not require submission to the Ethics Committee, as the bovine teeth used were extracted from carcasses of animals previously slaughtered for consumption of meat and derivatives.

Sixty single-rooted bovine teeth extracted in licensed commercial slaughterhouses, with similar external dimensions and narrow root canals, were selected. Immediately after extraction, the teeth were stored at -17 °C, to avoid the degradation of collagen and dentin structures. The teeth were stored in plastic bags every 10 units to be thawed gradually, according to use.

Initially, the coronal portion of the teeth was sectioned with a double-sided diamond disk (KG Sorensen, Cotia, SP, Brazil) attached to a straight low-speed piece, under constant irrigation, below the cementoenamel junction, so that the root remnant presented a 15 mm length. The teeth received reference markings on the root surfaces using a projector pen, the first marking being 2 mm below the cementoenamel limit, the second marking 2 mm above the root apex, and the last marking halfway between the two marks previously described. These measurements were performed with a digital caliper (Vonder Electronic Digital Caliper, Curitiba, PR, Brazil).

This, teeth with an initial anatomical file (#45) were selected, standardizing it for all teeth under study. All roots were prepared using the same protocol. The pulp tissue was removed with endodontic files K #45 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), under abundant irrigation with distilled water (DW). Then, the apical portion of all samples was sealed with light-activated composite resin (Vittra APS, FGM Dental Group, Joinville, SC, Brazil) and the root canals were enlarged in the cervico-apical direction, using #6 Largo drills (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) at low speed, under abundant irrigation with DW, up to a length of 10 mm. The internal diameter of the root canal of the samples was standardized at 2 mm and the external diameter at 5 mm [19,20,21].

After the standardization of the roots, 6 study groups were established, according to the auxiliary irrigating solution and application or not of PDT, being (n=10):

DW (G1);

5.25% NaOCl (G2);
OW (G3);
DW+PDT (G4);
5.25% NaOCl+PDT (G5);
OW+PDT (G6).

The 5.25% NaOCl and DW solutions were manipulated in a commercial pharmaceutical establishment (Natupharma®, Passo Fundo, RS, Brazil).

OW was prepared by converting bi-distilled water with ozone gas for 10-15 min, using a Philozon Medplus® ozone generator (Philozon, Balneário Camboriú, SC, Brazil). Following the manufacturer's recommendations, the ozone generator was calibrated to produce 60 µg/mL, reaching a final concentration between 10/15 µg/mL. Since this concentration is reduced by 20%, through this calibration the necessary final resultant concentration of 12 µg/mL was reached, which has an antimicrobial effect for this experimental model [6,22]. To preserve the ozone properties, the collected water was stored in a dark temperature-proof container and used within 24-48h from the time it was produced.

Irrigation protocol and photodynamic therapy (PDT)

In all groups, irrigation cycles were performed to simulate the clinical use of auxiliary irrigating substances inside the canal, leaving the tested substance in each group for 30 min, which was agitated with a manual file in the first minute and renewed every 5 min, until closing the 30 min. In Groups DW+PDT, 5.25% NaOCl+PDT and OW+PDT, the PDT protocol was applied immediately after the chemical-mechanical preparation and before the final irrigation.

For the PDT protocol, the root canals were filled with 0.01% (0.1 mg/mL) of methylene blue (Chimio Lux DMC, São Carlos, SP, Brazil) until overflow at the entrance of the root canal. The dye remained in the root canal for 5 min (pre-irradiation time). After that, a low-intensity laser (Therapy XT® DMC, São Carlos, SP, Brazil) with 100 mW of power and continuous emission and red light spectrum (690 nm wavelength) was used, with an intracanal optical fiber with a diameter of 600 µm inserted 3 mm short of the working length. Root canals were irradiated for 90s, providing a total dose of 9J and energy density of 320 J/cm², while the intracanal fiber remained in a static position, as recommended by the manufacturer. Then, each root canal was irrigated with 5 mL of DW to remove the dye.

For all groups, a final irrigation with 5 mL of 17% ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) was performed for 30 seconds, in order to remove the smear layer. After the final irrigation, a new irrigation was performed with 5 mL of DW and the root canals of all groups were aspirated and dried with absorbent paper cones (Tanari, Manaus, AM, Brazil).

Preparation of fiberglass posts

Prefabricated intraradicular retainers Exacto Fiberglass Post (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brazil) were used after relining with photoactivated composite resin (Vittra APS[®], FGM Dental Group, Joinville, SC, Brazil). Initially, the posts were prepared with the application of 37% phosphoric acid (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brazil) on their surface, for 1 min to cleaning, were washed for 1 min, dried with air jets, and silanized (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brazil) with a microbrush (Angelus Odonto, Londrina, PR, Brazil), rubbing over the post structure and waiting 1 min to volatilize the alcohol present in its composition. A thin layer of the Ambar APS[®] adhesive system (FGM Dental Group, Joinville, SC, Brazil) was applied on the post surface and photoactivation was performed on 2 sides for 40s each [23,24].

To prepare the post relining, the canal was first isolated with water-soluble gel (KY, Semina, São Paulo, SP, Brazil). The fiberglass post was involved with composite resin and the set taken inside the root canal, being removed and replaced twice, removing excess composite and photoactivating it in position inside the canal for 3s. Next, a marking was made on the buccal region of the post and the tooth in order to identify the correct position for insertion of the post in the cementation stage.

The modeled post was removed from the root canal, taking care not to touch the canal walls, immediately light-activating it on the buccal and palatal surface for 40s on each side. Finally, the canal and relined post were irrigated abundantly with DW for 1 min to completely remove the water-soluble gel. The canal was aspirated with a narrow endodontic cannula until the complete removal of water; then, a #45 absorbent paper cone moistened with DW were gently passed over the root canal walls to leave the dentine moist.

After modeling the post, it was cemented with dual self-adhesive resin cement RelyX U200[®] (3M-ESPE, St. Paul, MN, USA). The cement was dispensed onto an impermeable paper block and manipulated for 10s. Cêntrix system syringes and Acudosse n° 2 needle (DFL, Rio de Janeiro, RJ, Brazil) were used to applicate the

cement inside the root canal. The post was positioned, stabilized manually for 20s and light cured for 5s. Excess cement was removed and, after, final photoactivation was performed for 40s on 4 sides of the tooth (mesial, distal, buccal and lingual) [24].

Push out test (PO)

The roots were fixed on an acrylic resin plate and then adapted to a metallographic cutter (Miniton[®], Struers, Copenhagen, Denmark) with a double-sided diamond disc, driven at a speed of 250 rpm under refrigeration. Ten (10) teeth per group were used and 7 slices of each tooth were obtained, with the first slice of each tooth always being discarded. For analysis, 6 slices per tooth, with a thickness of 2 mm, were used: two slices from each cervical, middle and apical third. Thus, 20 slices per third were obtained for the evaluated method, according to previous studies [19,20,21,25]. All slices were marked on their most apical surface, to allow the correct positioning of the sample in the PO test machine.

The discs were placed with the cervical part of the cut facing down on the table (perforated in the center) of the device. A vertical force from top to bottom was applied perpendicularly to the post/resin/cement set by means of a metallic piston with a circular section, whose diameter covered the largest possible area of the restorative set, without touching the dentin walls. The metallic piston was connected to a universal testing machine (Instron, Norwood, MA, USA) with a 500 Newtons (N) load cell. The test was performed at a speed of 0.5 mm/min, with the load applied until extrusion of the post/resin/cement set occurred. From this, the measure of force necessary for the displacement of the material was obtained.

After performing the PO test, the dentin discs were observed individually in an optical microscope (Carl Zeiss, São Paulo, SP, Brazil), at a 50x magnification. The area of the adhesive surface was calculated using the cylinder area (A) formula $A = 2\pi R(R+H)$, considering channels with an internal diameter of 2 mm, radius (R) of 1 mm and height (H) of each specimen in the form of a 2 mm slice. The bond strength was calculated in Megapascal (MPa), by dividing the strength obtained in the PO test by the surface area of the canal.

The failure patterns of each sample were also observed and classified [24,26] into 5 types: (1) adhesive between composite and resin cement (cement not visible around the composite) ; (2) mixed, with resin cement covering from 0 to 50% of the total diameter of the composite; (3) mixed with resin cement covering 50 to 100% of the

composite surface; (4) adhesive between resin cement and root dentin (composite surrounded by resin cement) and (5) cohesive in dentin.

Statistical analysis

After a normality test, it was verified that the values obtained for the cervical, middle and apical thirds in all groups had a normal distribution, however the variances were not homogeneous (which was verified by Levene's test). The three thirds were evaluated separately (after logarithmic transformation of the data) by the two-way ANOVA test (irrigating substance and PDT), followed by the Tukey test, at a significance level of 5%. Two sample power calculations were performed ($n=10$, $\alpha=0.05$ and mean standard deviation). Considering DW and OW groups, the power was 1.00. Considering OW and DW+PDT groups, the power was 0.99.

Results

When evaluating the overall bond strength results in each root third (cervical, middle and apical) of the studied sample, it was possible to notice a statistically significant difference, with the means decreasing from cervical to apical. PO bond strength values for all experimental groups are described in Table 1.

There was the same pattern of results within each of the root thirds, with the highest values of bond strength occurring in the groups in which 5.25% NaOCl and OW were used, without application of PDT, followed by OW with PDT, and the groups in which DW was used without and with PDT, respectively. NaOCl associated with PDT showed the lowest bond strength values in all root thirds (Table 1).

The percentage of types of failure for each group is described in Table 2. For the groups of DW associated or not with PDT, the most frequent type of failure was type 3 (combined failure with resin cement covering 50 to 100% of the composite surface). For NaOCl without PDT, a higher frequency of type 1 failures was observed (adhesive failure between composite and resin cement, with cement not visible around the composite), whereas for the NaOCl associated with PDT, the most frequent type of failure was type 3. The same pattern was followed by the OW without PDT, showed more type 1 failures, while when associated with PDT, showed more type 3 failure.

Discussion

Analyzing the results obtained in the present study, the first hypothesis can be confirmed, since the OW did not interfere negatively in the adhesive strength of fiberglass posts to root dentin. This result is in line with the findings by Oznurhan et al. [4], Garcia et al. [27], and Akturk et al. [28], who report that OW promotes dentin cleaning without affecting the bond strength of self-etching adhesive systems. This high cleaning power is achieved by the release of O₂, which opens the tubular structure, exposes a greater number of dentinal tubules and removes organic debris, promoting better bond strength results [4].

On the other hand, some studies differ from our findings. Bitter et al. [29] showed that the adhesion of fiberglass posts with self-adhesive resin cement RelyX Unicem® to root dentin was significantly reduced after the use of ozone. This can be explained by the presence of residual oxidants in the OW, which could interfere with the bonding procedures performed immediately after its use, reducing the degree of conversion of the monomers in the adhesive system [30]. Murugesan et al. [31] also reported that OW demonstrated an insignificant ability to remove the smear layer when compared to other irrigants, such as 5% NaOCl and 17% EDTA, which could negatively interfere with the ability of adhesive systems to adhere to root dentin. It is possible, however, that the lack of consistency in the results of the studies is due to the different methodologies, concentrations of OW and dentin substrates used in each of them [28], which justifies the continuity of studies that employ OW as an auxiliary irrigating substance and that seek to elucidate these issues.

In contrast, the second hypothesis of the present study was rejected, since PDT was shown to negatively affect the bond strength of fiberglass posts to root dentin, especially when associated with NaOCl and, to a lesser extent, when associated with OW. This may have occurred due to a large amount of singlet oxygen generated from the blue dyes stimulated by the PDT, which may have reduced the capacity of the adhesive system, interfering with the bond strength of the fiberglass posts to the root dentin. Menezes et al. [32], evaluating the effect of PDT on cement adhesion and penetration in root canals, also verified the lowest values of bond strength of AH Plus® and MTA Fillapex® cements when used after PDT, but related them to a possible interference or presence of traces of the photosensitizing agent on the dentin surface.

This same hypothesis is raised by Hashem et al. [33] who, noting that the bond strength values of fiberglass posts to dentin were higher in the cervical third compared to the apical third, relate this result to a more effective removal of the PDT

photosensitizer at the cervical end of the root segment. Ferreira et al. [34] explain that adhesion is, in fact, more problematic in apical dentin compared to cervical dentin, for reasons that also include morphological differences, the reduction in density of dentinal tubules and the altered expression of collagen in root dentin.

Divergent results may also have occurred due to methodological differences, which include the use of different photosensitizers and pre-irradiation times, as well as different light sources. The study by Alonaizan et al. [35], for example, evaluated the bond strength and failure modes of fiber posts after using PDT with diode laser, or erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser (Er,Cr:YSGG), neodymium-doped yttrium aluminum garnet (Nd:YAG) laser, and conventional cleaning and shaping. The lasers varied among themselves in terms of wavelength and output power. It was verified, with significant differences, a higher average adhesion force achieved by the PDT group with diode laser, followed by Er,Cr:YSGG laser and Nd:YAG laser. This suggests that PDT using different lasers and irradiations can generate different results in the bond strength of fiber posts to root dentin. Although it was not the objective of our study to compare different photosensitizers and different light sources, it is worth mentioning that we used 0.01% methylene blue with a pre-irradiation time of 5 min and a low intensity laser source with 100 mW power, continuous emission and red light spectrum (690 nm wavelength). Root canals were irradiated for 90s, providing a total dose of 9J and energy density of 320 J/cm².

In the present study, the fact that the highest values of bond strength occurred with the use of 5.25% NaOCl corroborates with some studies that relate treatment with NaOCl to the increase in bond strength of some adhesive systems due to the effects of this irrigant on removal of the smear layer, which can be beneficial for some resinous materials in providing adequate adhesion to dentin [36,37,38]. Cecchin et al. [39], for example, compared 5.25% NaOCl to 2% chlorhexidine and 100% ethanol and demonstrated that not only 5.25% NaOCl presents the best bond strength values of fiberglass posts relined with composite resin to root dentin, as it is able to preserve these values for 12 months.

The results favored with the use of NaOCl as an auxiliary endodontic irrigant probably result from the fact that this substance removes the superficial fibrils of dentin collagen [39]. Since these fibrils are inherently wet due to their high affinity for water, adhesive components are more prone to degradation over time as a result of water absorption, resin leaching, and other water-mediated aging phenomena that weaken the

polymeric structure of the adhesive and lead to failure of the adhesive interface [40]. Thus, by partially removing the demineralized collagen network, the dentin surface and its hydrophilic properties are altered, decreasing the sensitivity of the hybrid layer technique without compromising the effectiveness of adhesion [39].

Conte et al. [41] also reaffirm the positive results obtained with NaOCl in their study that evaluated the effect of treatment with 2% chlorhexidine and 5.25% NaOCl on the bond strength of fiberglass posts to root dentin after 24 hours or 12 months. In that study, no significant differences were noted between treatments immediately or after one year, with the exception of the cervical third of the 2% chlorhexidine group, which showed a significant loss of adherence after 12 months. Thus, these authors concluded that the use of 5.25% NaOCl did not negatively influence the bond strength of fiberglass posts.

On the other hand, previous studies [42,43] have already shown results that differ from ours, reporting that the application of NaOCl to dentin had an adverse effect on the adhesion of self-etching adhesives. Taniguchi et al. [43], for example, investigated the pH of the dentin surface treated with NaOCl, observing an abundant presence of hydroxyl ions even after copious washing, which could buffer the acidity of the adhesives and, consequently, reduce their hybridization with the underlying dentin. Cecchin, Farina & Bedran-Russo [44], when evaluating the effectiveness of natural collagen crosslinkers in the bond strength of the adhesive to root dentin treated with NaOCl, found that the use of this substance significantly decreased the bond strength of the samples. This compromised adhesion, however, could be reversed by applying grape seed extract, tannic acid or green tea to the dentin surfaces.

As for the failure modes, it was found in the present study that in the groups NaOCl and OW without PDT, type 1 failure (adhesive between composite and resin cement, with no visible cement around the composite) was the most frequent, while in the groups irrigated with DW (with or without PDT), NaOCl and OW associated with PDT, type 3 failure was observed on a larger scale (mixed with resin cement covering 50 to 100% of the composite surface). Thus, when PDT was applied, type 3 failure was more common in all groups. Such results lead us to believe that the PDT protocol established in the present study precipitated the occurrence of more unfavorable failure modes, since Cecchin et al. [26] classified the types of failures and state that modes 3 and 4 are the most unfavorable, and modes 1, 2 and 5 are considered the most favorable due to the fact that the largest portion of cement remained in contact with the dentin.

Among the limitations of this work, we mention the fact that it is a laboratory research using bovine teeth, which have composition and morphology similar to human teeth. Although this experiment was developed with the aim of reproducing as much as possible the procedures performed in the clinical environment, the findings of this research must be interpreted with caution, requiring the performance of clinical tests that evaluate the variables under study in order to confirm the results obtained. In addition, it is suggested that more studies be carried out comparing different photosensitizers and different light sources, aiming to prove or not their interference in the bond strength of fiberglass posts to root dentin.

Conclusion

The use of OW as an auxiliary endodontic solution did not interfere negatively with the adhesive strength of fiberglass posts to root dentin. However, PDT interfered negatively with the bond strength. NaOCl showed the highest bond strength values. However when associated with PDT its bond strength values were the lowest. OW alone provided bond strength values statistically equivalent to 5.25% NaOCl, but when associated with PDT, the bond strength values obtained were slightly impaired.

References

- [1] BUKHARY S, BALTO H. Antibacterial efficacy of octenisept, alexidine, chlorhexidine, and sodium hypochlorite against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod*, 43(4):643-647, 2017. doi: 10.1016/j.joen.2016.09.013.
- [2] ARNEIRO RAS, NAKANO RD, ANTUNES LAA, FERREIRA GB, FONTES KBFC, ANTUNES LS. Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy for root canals infected with *Enterococcus faecalis*. *J Oral Sci*, 56(4):277-285, 2014. doi: 10.2334/josnusd.56.277.
- [3] BLATTES GBF, MESTIERI LB, BÖTTCHER DE, FOSSATI ACM, MONTAGNER F, GRECCA FS. Cell migration, viability and tissue reaction of calcium hypochlorite based-solutions irrigants: An in vitro and in vivo study. *Arch Oral Biol*, 73(1):34-39, 2017. doi: 10.1016/j.archoralbio.2016.08.037.
- [4] OZNURHAN F, OZTURK C, EKCI ES. Effects of different cavity-disinfectants and potassium titanyl phosphate laser on microtensile bond strength to primary dentin. *Niger J Clin Pract*, 18(3):400-404, 2015. doi: 10.4103/1119-3077.151774.
- [5] NOGALES CG, FERREIRA MB, LAGE-MARQUES JL, ANTONIAZZI JH. Comparison of the antimicrobial activity of three different concentrations of aqueous ozone on *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Enterococcus faecalis* - In vitro study. *Ozone Ther Glob J*, 4(1):9-15, 2014.

- [6] NOGALES CG, FERREIRA MB, MONTEMOR AF, RODRIGUES MFDA, LAGE-MARQUES JL, ANTONIAZZI JH. Ozone therapy as an adjuvant for endodontic protocols: Microbiological ex vivo study and cytotoxicity analyses. *J Appl Oral Sci*, 24(6):607-613, 2016. doi: 10.1590/1678-775720160029.
- [7] CAMACHO-ALONSO CF, LOZANO SP, BENEYTON MY. Effects of photodynamic therapy, 2% chlorhexidine, triantibioticmixture, própolis and ozone on root canals experimentally infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Odontology*, 105(3):338-346, 2017. doi: 10.1007/s10266-016-0271-4.
- [8] DING W, JIN W, CAO S, ZHOU X, WANG C, JIANG Q, HUANG H, TU RSF, WANG Q. Ozone disinfection of chlorine-resistant bacteria in drinking water. *Water Res*, 160:339-349, 2019. doi: 10.1016/j.watres.2019.05.014.
- [9] RUEGGEBERG FA, MARGESON DH. The effect of oxygen inhibition on an unfilled/filled composite system. *J Dent Res*, 69(10):1652-1658, 1990. doi: 10.1177%2F00220345900690100501.
- [10] SUH BI. Oxygen-inhibited layer in adhesion dentistry. *J Esthet Restor Dent*, 16(5):316-323, 2006. doi: 10.1111/j.1708-8240.2004.tb00060.x.
- [11] YAMAJI A, KOGA K, TSUJIMOTO A, SHIMIZU Y, TSUBOTA K, TAKAMIZAWA T, MIYAZAKI M. Influence of oxygen-inhibited layer on dentin bond strength of chemical-cured resin composite. *Eur J Oral Sci*, 121(5):497-503, 2013. doi: 10.1111/eos.12077.
- [12] SOUZA, MA, DIAS CT, ZANDONÁ J, HOFFMANN IP, MENCHIK VHS, PALHANO HS, BERTOL CD, ROSSATO-GRANDO LG, CECCHIN D, FIGUEIREDO JAPD. Antimicrobial activity of hypochlorite solutions and reciprocating instrumentation associated with photodynamic therapy on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 23:437-352, 2018. doi: 10.1016/j.pdpdt.2018.07.015.
- [13] GOMES-FILHO JE, SIVIERI-ARAUJO G, SIPERT CR, DA SILVA SANTOS LM, DE AZEVEDO QUEIROZ IO, MARTINS CM, DO CARMO MNK, CINTRA LTA, DEZAN-JUNIOR E, BAGNATO VS, CHAVES-NETO AH, DE OLIVEIRA SHP. Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 13:97-100, 2016. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.01.007.
- [14] RAMOS ATPR, BELIZARIO GL, VENÇÃO AC, JORDÃO-BASSO KCF, RASTELLI ANS, ANDRADE MF, KUGA MC. Effects of photodynamic therapy on the adhesive interface of fiber posts cementation protocols. *J Endod*, 44(1):173-178, 2018. doi: 10.1016/j.joen.2017.08.035.
- [15] GARCIA C, RUALES-CARRERA E, PRATES LH, VOLPATO CA. Effect of different irrigations on the bond strength of self-adhesive resin cement to root dentin. *J Clin Exp Dent*, 10(2):139-145, 2018. doi: 10.4317/jced.54459.

- [16] VOHRA F, BUKHARI IA, SHEIKH SA, NASEEM M, HUSSAIN M. Photodynamic therapy and activations of irrigation (using different laser prototypes) on push out bond strength of fiber posts. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 30:101716, 2020. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101716.
- [17] GHINZELI GC, SOUZA MA, CECCHIN D, FARINA AP, DE FIGUEIREDO JA. Influence of ultrasonic activation on photodynamic therapy over root canal system infected with *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 11(4):472-478, 2014. doi: 10.1016/j.pdpdt.2014.07.004.
- [18] ESCRIBANO NI, DEL-NERO MO, MACORRA JC. Inverse relationship between tensile bond strength and dimensions of bonded area. *J Biomed Mater Res*, 66B(1):419-424, 2003. doi: 10.1002/jbm.b.10033.
- [19] CARRERA CA, CHENA YC, LIA Y, RUDNEY J, APARICIO C, FOK A. Dentin-composite bond strength measurement using the Brazilian disk test. *J Dent*, 52:37-44, 2016. doi: 10.1016/j.jdent.2016.07.002.
- [20] LI K, GUO J, LI Y, HEO YC, CHEN J, XIN H, FOK A. Accelerated fatigue testing of dentin-composite bond with continuously increasing load. *Dent Mater*, 33(6):681-689, 2017. doi: 10.1016/j.dental.2017.03.016.
- [21] ZHU L, LI Y, CHEN YC, CARRERA CA, CHONG W, FOK A. Comparison between two postdentin bond strength measurement methods. *Sci Rep*, 8:1-8, 2018. doi: 10.1038/s41598-018-20891-3.
- [22] KATTI SS, CHAVA VK. Effect of ozonised water on chronic periodontitis: A clinical study. *J Int Oral Health*, 5(5):79-84, 2013.
- [23] HARAGUSHIKU GA, BACK ED, TOMAZINHO PH, BARATTO FILHO F, FURUSE A. Y. Influence of antimicrobial solutions in the decontamination and adhesion of glass-fiber posts to root canal. *J Appl Oral Sci*, 23(4):436-441, 2015. doi: 10.1590/1678-775720150005.
- [24] SILVA E, PEREIRA C, LIMEIRA F, AFFONSO P, MOREIRA A, MAGALHÃES C. Resistência de união em função do momento de corte do pino de fibra fixado com cimento autoadesivo na dentina radicular. *J Clin Exp Dent*, 13(1):e56-e60, 2021.
- [25] SAKER S, ÖZCAN M. Retentive strength of fiber-reinforced composite posts with composite resin cores: Effect of remaining coronal structure and root canal dentin conditioning protocols. *J Prosthet Dent*, 114(6):856-861, 2015. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.06.015.
- [26] CECCHIN D, BRINGHENTI IL, BERNARDI JB, LEAL LO, SOUZA MA, BBEDRAN-RUSSO AK, FARINA AP. Alpha-hydroxy glycolic acid for root dentin etching: Morphological analysis and push out bond strength. *Int J Adhes Adhes*, 90:138-143, 2018. doi: 0.1016/j.ijadhadh.2019.02.010.
- [27] GARCIA EJ, SERRANO AP, URRUCHI WI, DEBONI MC, REIS A, GRANDE RH, LOGUERCIO AD. Influence of ozone gas and ozonated water application to

dentin and bonded interfaces on resin-dentin bond strength. *J Adhes Dent*, 14(4):363-370, 2012. doi: 10.3290/j.jad.a22707.

[28] AKTURK E, BEKTAS OO, OZKANOGU SG, AKIN EG. Do ozonated water and boric acid affect the bond strength to dentin in different adhesive systems? *Niger J Clin Pract*, 22(12):1758-1764, 2019. doi: 10.4103/njcp.njcp_281_19.

[29] BITTER K, NOETZEL J, VOLK C, NEUMANN K, KIELBASSA AM. Bond strength of fiber posts after the application of erbium:yttrium-aluminum-garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod*, 34(3):306-309, 2008. doi: 10.1016/j.joen.2007.12.011.

[30] CADENARO M, BRESCHI L, ANTONIOLLI F, MAZZONI A, DI LENARDA R. Influence of whitening on the degree of conversion of dental adhesives on dentin. *Eur J Oral Sci*, 114(3):257-262, 2006. doi: 10.1111/j.1600-0722.2006.00351.x.

[31] MURUGESAN K, VISHWANATH S, KADANDALE S, THANIKACHALAM Y, PARTHASARATHY R, ILANGO S. Comparative evaluation of smear layer removal in apical third using four different irrigants with ultrasonic agitation: An in vitro scanning electron microscopy (SEM) analysis. *Cureus*, 14(3):e23142, 2022. doi: 10.7759/cureus.23142.

[32] MENEZES M, PRADO M, GOMES B, GUSMAN H, SIMÃO R. Effect of photodynamic therapy and non-thermal plasma on root canal filling: Analysis of adhesion and sealer penetration. *J Appl Oral Sci*, 25(4):396-403, 2017. doi: 10.1590/1678-7757-2016-0498.

[33] HASHEM M, ALTINAWI A, FOUAD H, VELLAPPALLY S, KHAN AA. Effectiveness of photodynamic therapy on bonding strength and failure modes of fiber-posts in c-shaped treated root canals. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 35:102469, 2021. doi: 10.1016/j.pdpdt.2021.102469.

[34] FERREIRA R, PRADO M, SOARES AJ, ZAIA AA, DE SOUZA-FILHO FJ. Influence of using clinical microscope as auxiliary to perform mechanical cleaning of post space: A bond strength analysis. *J Endod*, 41(8):1311-1316, 2015. doi: 10.1016/j.joen.2015.05.003.

[35] ALONAIZAN FA, ALFAWAZ YF, ALSAHAF A, ALOFI RF, ALAALI KA, ALRAHLAH A, VOHRA F, ABDULJABBAR T. Effect of photodynamic therapy and ERCRYSGG laser irradiation on the push-out bond strength between fiber post and root dentin. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 27:415-418, 2019. doi: 10.1016/j.pdpdt.2019.06.022.

[36] PIOCH T, KOBASLIJA S, SCHAGEN B, GÖTZ H. Interfacial micromorphology and tensile bond strength of dentin bonding systems after NaOCl treatment. *J Adhes Dent*, 1(2):135-142, 1999.

[37] DE CASTRO AK, HARA AT, PIMENTA LA. Influence of collagen removal on shear bond strength of one-bottle adhesive systems in dentin. *J Adhes Dent*, 2(4):271-277, 2000.

- [38] INOUE S, MURATA Y, SANO H, KASHIWADA T. Effect of NaOCl treatment on bond strength between indirect resin core-buildup and dentin. *Dent Mater J*, 21(4):343-354, 2002. doi: 10.4012/dmj.21.343.
- [39] CECCHIN D, ALMEIDA JF, GOMES BP, ZAIA AA, FERRAZ CC. Deproteinization technique stabilizes the adhesion of the fiberglass post relined with resin composite to root canal. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 100(2):577-583, 2011. doi: 10.1002/jbm.b.31946.
- [40] BRESCHI L, MAZZONI A, RUGGERI A, CADENARO M, DI LENARDA R, DE STEFANO DORIGO E. Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*, 24:90-101, 2008.
- [41] CONTE T, ANDRADE GS, GADONSKI AP, SANTIN DC, NAUFEL FS. Evaluation of the effect of chlorhexidine and sodium hypochlorite in adhesive cementation of fiber posts: in vitro study. *Rev Odontol UNESP*, 48:e20190020, 2019. doi: 10.1590/1807-2577.02019.
- [42] LAI SC, MAK YF, CHEUNG GS, OSORIO R, TOLEDANO M, CARVALHO RM, TAY FR, PASHLEY DH. Reversal of compromised bonding to oxidized etched dentin. *J Dent Res*, 30(10):1919-1924, 2001. doi: 10.1177%2F00220345010800101101.
- [43] TANIGUCHI G, NAKAJIMA M, HOSAKA K, IWAMOTO N, IKEDA M, FOXTON RM, TAGAMI J. Improving the effect of NaOCl pretreatment on bonding to caries-affected dentin using self-etch adhesives. *J Dent*, 37(10):769-775, 2009.
- [44] CECCHIN D, FARINA AP, BEDRAN-RUSSO AK. Efficacy of natural collagen crosslinkers on the compromised adhesive bond strength to NaOCl-treated pulp chamber dentin. *J Adhes Dent*, 20(4):365-369, 2018. doi: 10.3290/j.jad.a40984.

Table 1

Thirds (n)	DW	NaOCl	OW	DW+PDT	NaOCl+PD T	OW+PDT
Cervical (10)	3,43±0,76 cA	6,72±0,92 aA	6,53±1,28 aA	2,74±0,43 dA	2,19±0,29 eA	4,37±0,30 bA
Middle (10)	2,59±0,68 cB	6,15±1,50 aAB	5,30±0,73 aB	2,09±0,51 dB	1,65±0,27 eB	3,74±0,20 bB
Apical (10)	1,79±0,47 dC	5,50±0,89 aB	4,44±0,59 bC	1,32±0,36 eC	1,15±0,18 eC	3,22±0,42 cC

Table 2

Substance	PDT	Failure types				
		1	2	3	4	5
DW	No	0%	33%	43%	20%	4%
	Yes	0%	30%	43%	20%	7%
NaOCl	No	57%	23%	0%	0%	20%
	Yes	0%	20%	57%	23%	0%
OW	No	45%	25%	17%	0%	13%
	Yes	0%	10%	70%	20%	0%

Legends

Table 1 - Mean and standard deviation ($M \pm SD$) of bond strength of fiberglass posts to root dentin of the experimental groups in the cervical, middle and apical thirds of the roots.

a,b,c,d,e - Equal letters in the same row indicate statistically similar results and different letters indicate statistically different results for different groups in the same root third.

A,B,C - Equal letters in the same column indicate statistically similar results and different letters indicate statistically different results for the same Groups in different root thirds.

Figure 12 - Comparative graphs of the studied groups regarding the bond strength values of fiberglass posts to root dentin in the cervical, middle and apical root thirds.

Table 2 - Distribution of failure types found in each group.