



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luiz Fernando de Freitas Oliveira

**Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta
potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura
radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária**

Araraquara

2020



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Luiz Fernando de Freitas Oliveira

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Área de Endodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

Araraquara

2020

Oliveira, Luiz Fernando de Freitas

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária / Luiz Fernando de Freitas Oliveira.-- Araraquara: [s.n.], 2020

94 f.; 30 cm.

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

Orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Vilella Berbert

1. Lasers semicondutores 2. Temperatura corporal 3. Resistência à flexão 4. Hidróxido de cálcio 5. Alcalinização 6. Ultrassom I. Título

Luiz Fernando de Freitas Oliveira

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária

Comissão Julgadora

Dissertação para obtenção do título de Mestre em Odontologia

Presidente e orientador: Prof. Dr. Fábio Luiz Camargo Villela Berbert

2º Examinador: Prof. Dr. Antônio Miranda da Cruz Filho

3º Examinador: Prof. Dr. Mário Tanomaru Filho

Araraquara, 30 de março de 2020.

DADOS CURRICULARES

Luiz Fernando de Freitas Oliveira

NASCIMENTO: 12/12/1988 – Rio Verde – Goiás

FILIAÇÃO:

Eila D'arc Ferreira de Freitas

Oriovaldo Francisco de Oliveira

2010/2014 - Graduação Faculdade de Odontologia de Araraquara –FOAR/UNESP

2012/2012 - Curso de Atualização em Dentística – FAEPO

2014/2014 - Curso de Atualização em Endodontia – FAEPO

2014/2014 - Curso de Atualização em Cirurgia Oral Menor – FAEPO

2016/2017 - Especialização em Reabilitação Oral – APCD Araraquara

2018/2020 – Especialização em Endodontia – FAEPO/UNESP

2017/2019 - Cursando Mestrado em Endodontia UNESP – como bolsista CAPES.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus e à Jesus Cristo, por me proporcionar saúde, determinação, motivação e inteligência, para realizar esse sonho. E por me guiar no caminho correto e do bem em toda minha vida.

À minha esposa Priscila Lopes Guimarães que nos momentos bons e ruins, sempre esteve do meu lado, com amor, carinho, paciência e com apoio incondicional. E que me motiva e mostra à cada dia, como é bom viver ao seu lado, e a lutar pelos nossos sonhos.

Aos meus padrinhos e pais Luiz Valongo e Bete Cleiber, por terem dado seu melhor para minha criação e desenvolvimento como ser humano e profissional.

Às minhas avós Maria de Lourdes e Maria Furtado, que hoje, são duas estrelinhas no céu, mas que sempre deram amor e motivação para que eu conseguisse alcançar meus objetivos.

Aos meus irmãos Fernanda Valongo e Rodrigo Valongo por apoio e carinho.

As minhas sobrinhas Carolina Valongo e Isabela Valongo, que são tão pequenas, mas que não sabem o amor e a motivação que me dão para seguir em frente.

Ao meu amigo Danny Omar Mendoza, que esteve ao meu lado em toda a caminhada, e que sempre me apoiou.

Aos meu primos e amigos, Marcelo Bousquet e Henrique Gouveia.

Ao meu professor, amigo e orientador Fábio Berbert, por ter me levado a Endodontia, que é uma especialidade que amo, e por me apoiar e acreditar em mim.

Aos professores Mário Tanomaru, Juliane Tanomaru e Idomeo Bonetti Filho por todo ensinamento, apoio, confiança e amizade.

À CAPES:

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

“O mar ensina

É preciso Remar. Paciência aos que tem pressa e equilíbrio aos que já caíram, mas não deixaram de remar. Pra ganhar o Mar é preciso perder o medo e manter o respeito, mas é preciso remar.

O Mar ensina. É possível encontrar liberdade entre as suas correntes, mas é preciso remar. A maré de sorte só chega pra quem um dia entendeu que os ventos sempre mudam de direção e não deixou de remar, porque ninguém aprende a nadar na areia...

O Mar ensina, mas é preciso remar.

Fôlego, pra remar. Fôlego, pra vencer a arrebentação e saber que isso não significa competir com o Mar.

Fôlego, pra receber o Mar. Basta perceber a entrada, pedir licença e aí sim, ser recebido pelo Mar aberto.

Fôlego, pra lembrar que ondas e lágrimas são feitas de água salgada. Fôlego, pra transformar a tristeza em Mar. E se o caminho for longo? Fôlego, pra remar na volta.

Fôlego, pra voltar a remar.

O primeiro a chegar antes mesmo que o sol, sente o céu pela pele, faz parte, fazer parte do mar. ” Reverb *

Oliveira LFF. Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a variação de pH na estrutura dentinária. [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020.

RESUMO

Objetivo: O objetivo desse estudo foi avaliar protocolos de agitação do EDTA aplicando dois diferentes tipos lasers de diodo de alta potência, comparando-os com os métodos de agitação convencional e com o ultrassom, quanto à extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular e análise de pH na dentina radicular. **Material e Métodos:** Essa pesquisa experimental *ex-vivo*, utilizou 120 pré-molares inferiores, unirradiculados, com raízes retas, com rizogênses completa e com tamanho radicular superior a 16mm, pré-selecionados por meio de radiografia digital. Suas coroas foram removidas, padronizando as raízes em 16 mm, seguido do preparo com a lima K#15 K#20 e o sistema reciproc R25, R40 e R50, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação durante o preparo com NaOCl a 2,5%. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos segundo protocolos de irrigação final: AD- água destilada (controle), CV- inundação com EDTA 17% e agitação com lima K #50, PUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (*Passive ultrasonic irrigation*-PUI), PUI/CUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (PUI) e irrigação com água destilada, agitada com ultrassom (*Continuous ultrasonic irrigation*-CUI), TL- inundação com EDTA 17% agitado com laser diodo Thera Lase Surgery, e GE- EDTA 17% agitado com laser diodo Gemini. Após irrigação final, todos os dentes foram irrigados com água destilada para remoção do EDTA.

Resultados: Na avaliação da extrusão apical foi realizado o teste ANOVA um fator, seguido da comparação múltipla das médias pelo teste pós-hoc de Games-Howell, e mostrou que o grupo PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical em relação aos outros métodos testados e o grupo PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical ($p<0,05$). Na avaliação da variação de temperatura, foi realizado o teste de ANOVA two way aplicada a cada variável de estudo, e o maior valor alcançado no terço cervical e médio, foi do laser Gemini, seguido pelo Thera Lase, pelo PUI/CUI e pelo PUI respectivamente. No terço apical, o maior valor foi obtido pelo Thera Lase seguidos pelo CUI, PUI, Gemini, Memória e Controle, respectivamente. No teste de resistência mecânica, foi realizado o teste de ANOVA one way, e não houve diferença estatística significativa entre os grupos testados ($p>0,05$). Na análise de pH da dentina radicular foi realizado o teste de ANOVA três fatores mista, seguido do teste de pós-hoc de Bonferroni, onde o Grupo Thera mostrou valores de pH estatisticamente similares aos grupos Gemini, PUI e PUI/CUI nos terços cervical e médio. No terço apical o grupo PUI/CUI apresentou o maior valor de pH quando comparados com os outros grupos ($p<0,05$), seguido do PUI, TheraLase, Gemini, Irrigação convencional e controle respectivamente ($p<0,05$). **Conclusão:** Os dois lasers testados não extravasaram mais substância irrigadora pelo ápice, não aqueceram preocupantemente e não enfraqueceram a estrutura dentária, além de terem melhorado a alcalinização da dentina radicular em relação ao método convencional.

Palavras chave: Lasers semicondutores. Temperatura corporal. Resistência à flexão. Hidróxido de cálcio. Alcalinização. Ultrassom.

Oliveira LFF Agitation effect of EDTA by ultrasonic or laser with high power diode and apical extrusion, temperature change, resistance to root fracture and pH variation in the dental structure. [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2020

ABSTRACT

Objective: The objective of this study was to evaluate EDTA agitation protocols by applying two different types of high-power diode lasers, comparing them with conventional agitation methods and with ultrasound, in relation to apical extrusion, temperature change, fracture resistance root and pH analysis in root dentin. **Material and Methods:** This ex-vivo experimental research used 120 lower premolars, uniradicular, with straight roots, with complete rhizogenesis and with root size greater than 16mm, pre-selected by means of digital radiography. Their crowns were removed, standardizing the roots by 16 mm, followed by preparation with the K # 15 K # 20 file and the reciproc system R25, R40 and R50, 1 mm below the actual length of the tooth, with irrigation during preparation with NaOCl to 2.5%. The specimens were randomly distributed into 6 groups according to final irrigation protocols: AD- distilled water (control), CV- flood with 17% EDTA and agitation with K # 50 file, PUI- flood with 17% EDTA agitated with ultrasound (Passive ultrasonic irrigation-PUI), PUI / CUI- flooding with 17% EDTA stirred with ultrasound (PUI) and irrigation with distilled water, stirred with ultrasound (Continuous ultrasonic irrigation-CUI), TL- flooding with 17% EDTA stirred with laser diode Thera Lase Surgery, and GE-EDTA 17% stirred with Gemini diode laser. After final irrigation, all teeth were irrigated with distilled water to remove EDTA.

Results: In the evaluation of the apical extrusion, the one-way ANOVA test was performed, followed by the multiple comparison of the means by the Games-Howell post-hoc test, and showed that the PUI / CUI group had the lowest apical extrusion in relation to the other tested methods and the PUI group showed the highest values of apical extrusion ($p < 0.05$). In the evaluation of temperature variation, the two-way ANOVA test was applied to each study variable, and the highest value achieved in the cervical and middle thirds was the Gemini laser, followed by Thera Lase, PUI / CUI and PUI respectively. In the apical third, the highest value was obtained by Thera Lase followed by CUI, PUI, Gemini, Memory and Control, respectively. In the mechanical resistance test, the one-way ANOVA test was performed, and there was no statistically significant difference between the groups tested ($p > 0.05$). In the analysis of the root dentin pH, the mixed three-way ANOVA test was performed, followed by the Bonferroni post-hoc test, where the Thera Group showed pH values statistically similar to the Gemini, PUI and PUI / CUI groups in the cervical and medium. In the apical third, the PUI / CUI group had the highest pH value when compared with the other groups ($p < 0.05$), followed by PUI, TheraLase, Gemini, Conventional irrigation and control respectively ($p < 0.05$). **Conclusion:** The two lasers tested did not leak more irrigating substance through the apex, did not cause concern and did not weaken the tooth structure, in addition to improving the alkalization of the root dentin compared to the conventional method.

Keywords: Lasers semiconductor. Body temperature. Flexural strength. Calcium hydroxide. Alkalization. Ultrasonics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 PROPOSIÇÃO	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.1 Objetivos Específicos	16
3 PUBLICAÇÕES	17
3.1 Artigo 1.....	18
3.2 Artigo 2.....	39
4 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE A	68
APÊNDICE B	80
ANEXO	91

1 INTRODUÇÃO

O sucesso do tratamento endodôntico depende de um adequado preparo biomecânico, essa etapa é muito importante para o processo de eliminação dos micro-organismos. Porém, mesmo que realizado com instrumentos manuais e/ou mecanizados é incapaz de eliminar completamente as bactérias ali presentes no sistema de canais radiculares^{1,2}. Esse sistema de canais radiculares é composto de inúmeras ramificações, como istmos, canais laterais, colaterais, intercondutos, delta apical, dentre outras variações³.

As bactérias têm a capacidade de penetrar profundamente nos túbulos dentinários, dificultando também a ação de soluções irrigadoras, como EDTA e NaOCl, que agem por contato direto e são incapazes de penetrar profundamente nessas estruturas⁴.

Sendo assim, a limpeza final, antes da obturação ou da medicação intracanal, se torna de extrema importância, favorecendo melhor difusão do curativo de demora pelo interior dos túbulos dentinários e o adequado selamento por parte do cimento obturador^{5,6,7}.

A solução mais utilizada para irrigação dos canais radiculares, é o hipoclorito de sódio, devido à sua excelente capacidade bactericida⁸ e capacidade de dissolução de tecido orgânico, e o EDTA, o ácido etilenodiaminotetracético, proposto por NYgaard-Ostby⁹ (1963), que é um quelante, o qual reage com os íons cálcio na dentina, formando os quelatos de cálcio solúveis¹⁰, e com isso removendo a smear layer^{11,12}. Essa descalcificação foi mostrada em canais radiculares instrumentados pela primeira vez por McComb e Smith¹²

Diferentes formulações de EDTA foram propostas, como combinações com peróxido de uréia¹³, com EDTAC que é uma mistura de EDTA com cetavlon¹⁴, com tetraciclina e com ácido cítrico¹⁵, mas nenhum com sucesso superior quando comparado com EDTA 17% por três minutos na limpeza final dos canais radiculares^{16,17}.

Von de Fehr e Nygaard Ostby¹⁸ relataram que o EDTA descalcificou a dentina a uma profundidade de 20 a 30 µm em 5 minutos. Em estudos posteriores, Fraser et al.¹⁹ notaram que o efeito quelante era quase insignificante no terço apical dos canais radiculares.

O uso subsequente de ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% ao hipoclorito de sódio (NaOCl) é o regime recomendado e o padrão ouro para a remoção dos componentes inorgânicos e orgânicos da smear layer, respectivamente²⁰.

A camada de smear layer composta, tende a obliterar os túbulos dentinários na parede do canal radicular após o preparo mecânico, impedindo a difusão do curativo de demora e escoamento do cimento endodôntico, e mantendo bactérias e seus subprodutos presentes^{5,6}.

Os componentes da camada de smear layer são partículas muito pequenas com grande superfície de contato, o que torna essa camada mais fácil de ser removida por meio de ácidos²¹ dentre os quais, as soluções quelantes.

Em uma revisão sistemática⁷, concluiu-se que a remoção da smear layer melhora a vedação aos fluidos do sistema de canais radiculares, como sugerido pela maioria dos autores.

A agitação dessas substâncias pode otimizar a remoção de debris e restos pulpares presentes, alcançando áreas não tocadas durante o preparo mecânico. Como Jiang et al.²² que relataram que a irrigação convencional com seringa, tem menor eficácia de ação das substâncias irrigadoras na parte apical do canal, e Lee et al.²³, relataram áreas não alcançadas nos istmos e em canais ovais. Diversos métodos têm sido propostos para realizar essa agitação das soluções irrigadoras, entre eles, o ultrassom²⁴, já bem difundido na literatura e o laser de alta potência^{25,24,30, 32,33,34} o qual tem mostrado resultados promissores. A movimentação e alguns tipos de irrigação, auxiliam na remoção de detritos, porém podem interferir na quantidade de detritos extravassados apicalmente²⁶.

O ultrassom, promove o fenômeno de cavitação, que no contexto mecânico de fluido pode ser descrita como a formação impulsiva de cavidades em um líquido através de forças de tração induzidas por fluxos de alta velocidade ou gradientes de fluxo²⁷, chamado também de fluxo acústico que é o movimento rápido de fluido em movimento circular em torno de um instrumento vibratório. O fluxo acústico que ocorre no canal radicular durante a irrigação ultrassônica foi descrito como micro-fluxo acústico^{28, 30}.

Essas bolhas se expandem e em seguida, colapsam rapidamente, produzindo um foco de energia que leva danos intensos²⁸.

A energia é transmitida por meio de ondas ultrassônicas formando um fluxo acústico e cavitação do irrigante²⁹. Técnicas utilizando o ultrassom vem sendo utilizadas e relatadas na literatura com taxas interessantes de sucesso^{24,30, 32,33,34}.

Por mais que a técnica utilizando o ultrassom seja melhor descrita na literatura, temos também resultados que contrariam total sucesso da técnica, relatando que a preparação ultrassônica é incapaz de remover a camada de smear layer^{35,36,37}, principalmente no terço apical do canal radicular devido a anatomia, deltas apicais, istmo estreito e canais laterais^{24,38,34}. A dificuldade de limpeza do terço apical pode estar relacionada com ajuste do aparelho para o emprego de potência entre 10% e 20%, e precisa que o instrumento vibre livremente e não tendo contato direto com as paredes do canal e consequentemente mantendo o fluxo acústico^{24,34,38}.

A irrigação ultrassônica passiva – PUI³⁹, é a técnica mais difundida quanto à agitação ultrassônica, e se mostra importante para a limpeza do sistema de canais radiculares quando comparado com a irrigação tradicional com seringas, promovendo maior remoção da camada de smear layer, contendo bactérias, restos de dentina do canal radicular^{24,40-42}

Existe também a irrigação ultrassônica contínua (CUI), que consiste em uma técnica que promove igualmente os fenômenos físicos decorrentes da corrente e cavitação microacústica sendo tanto a PUI, como a CUI, eficientes na limpeza do canal principal³⁸. No entanto, pelo fato da CUI permitir um fluxo contínuo do irrigante para o canal, este pode favorecer a limpeza do canal principal⁴³ e do terço apical³⁸.

Os lasers de alta potência têm atraído atenção para diversas aplicabilidades na Odontologia e na Endodontia, entre elas eliminação de microrganismos^{25,44,45}, e agitação de substâncias irrigadoras no interior do canal^{46,47}, que juntamente com as fibras ópticas flexíveis de pequeno diâmetro, que conseguem penetrar mais profundamente no interior do canal radicular possibilitam melhor propagação de energia e penetração da luz⁴⁸. A potência desses lasers varia de 0,5 a 30 W, mas na Odontologia, é utilizado até 5W e é fornecida em dois modos de operação: onda contínua e modo pulsado⁴⁹.

O comprimento de onda dos lasers, potência, modo de irradiação, tempo de exposição e tipo de tecido alvo são fatores importantes e que podem levar a diferentes efeitos^{48,49}.

Os lasers de diodo são muito utilizados por serem compactos, de custo mais acessível em relação aos demais lasers de alta potência, e por serem de fácil operação e configuração^{51,52}. O meio ativo do laser de diodo é um semicondutor de estado sólido feito arseneto de gálio e alumínio, que produz comprimentos de onda dentro do espectro do infravermelho próximo, entre 808 e 980 nm⁵². Os dois aparelhos de lasers utilizados nesse estudo, foram de diodo, o laser Gemini (Ultradent, South, Jordan, UT, EUA), e o TheraLase Surgery, (DMC, São Carlos, Brasil). O laser Gemini é um laser de emissão pulsada de energia e possui dois comprimentos de onda, que podem ser empregados simultaneamente ou não, sendo o menor em 810nm mais eficaz em melanina, e o maior em 980nm, para excelente absorção de água. Já o TheraLase possui o único comprimento de onda de 808nm, sua potência varia de 100m W a 59W, e tem a opção do modo de aplicação pulsado, chaveado ou contínuo.

A partir do estudo de DiVito et al.⁵³, sugerindo a utilização dos lasers para a remoção da camada de smear layer, outros estudos, demonstraram resultados promissores na agitação do EDTA, como neste com o laser de diodo de 808nm por 20 segundos, que melhorou a eficácia do EDTA na remoção da camada smear layer no terço cervical, médio e apical, e que com 30 e 40 segundos criava desgastes severos na estrutura dentinária⁴⁶, e também em outro estudo^{54,55} que teve o intuito de verificar a remoção da camada de smear layer, com o uso do laser diodo com 3 e 5 W de potência sob inundação de NaOCl e EDTA, esses notaram fissuras na dentina e fusão dos túbulos dentinários. Wang et al.⁵⁶ também avaliaram um laser diodo de alta potência com comprimento de onda de 980nm quanto a exposição dos túbulos dentinários, e notaram maior exposição quando utilizada a potência de 5 W, no modo pulsado juntamente com o NaOCl 2,5%.

A agitação do EDTA por meio de laser induz o fenômeno de ablação que consiste em uma vaporização e movimentação da solução irrigadora, resultando numa melhor limpeza da camada inorgânica²¹. O aquecimento do líquido no interior do canal radicular também irá potencializar o efeito do EDTA na superfície dentinária^{57,58}, e podem ser explicados por trabalhos de Brandy & Humiston⁵⁷ que obtiveram a duplicação da velocidade de reação do EDTA com o aumento em 10°C

na temperatura, assim como Nikiforuk e Sreebny⁵⁸, que avaliaram a ação quelante em temperaturas de 4°, 25°, 37,5° e 60°C, concluindo maior efetividade do EDTA em maiores temperaturas.

Porém a elevação da temperatura na superfície externa da raiz sem protocolos seguros, pode ser prejudicial, pois a ativação desse laser converte a energia da luz em energia calórica, levando a um aumento na temperatura⁴⁹. Segundo Eriksson et al.⁵⁹, uma temperatura acima de 10°C da temperatura corpórea durante 1 minuto poderá causar necrose óssea, devido ao grau reduzido de vascularização do tecido ósseo. A literatura relata que a agitação da solução irrigadora com o ultrassom, tanto por parte da PUI, quanto da CUI, pode aumentar a temperatura^{60,27}. Cameron et al.⁶⁰ relatou um aumento da temperatura intracanal de 37°C para 45 °C próximo à ponta do instrumento quando o irrigante foi ativado por ultrassom por 30 segundos sem reabastecimento de solução irrigadora e resfriamento de 8 °C foi registrado quando o irrigante foi reabastecido com um fluxo contínuo de irrigante. Já, Ahmad²⁷ relatou que a técnica de irrigação ultrassônica não causa aumentos patológicos de temperatura no ligamento periodontal.

Moritz et al.⁴⁸, relatam que a geração de calor dos lasers, é proporcional à duração da irradiação. Dados obtidos em experimentos com 2 W de potência, cuja a fibra óptica foi mantida em uma posição no terço apical por 1, 2 e 3 s, causaram aquecimento de 6, 12 e 18°C, respectivamente, concluindo que a fibra deve ser mantida em movimento constante dentro do canal radicular. Gutknecht et al.²⁵, relataram que, para qualquer irradiação intracanal com laser diodo, deve ser considerado um período de descanso de 5s entre as irradiações, e que com esse protocolo o aumento da temperatura não excederá os limites seguros do organismo.

Alfredo et al.⁵⁰ avaliou a variação de temperatura radicular externa nos terços cervical, médio e apical causada pela irradiação com um laser diodo de 980 nm de comprimento de onda em diferentes parâmetros com o canal inundado, concluindo que em todos os modos operatórios, a potência de até 1,5 W foi considerada segura para utilização no tratamento endodôntico. Já a potência de 3 W foi considerada segura somente em modo pulsado.

Outro ponto a ser estudado quanto a aplicação do laser de alta potência, é o seu efeito sobre a estrutura dentinária e a resistência do elemento dentário. Faria et al.⁶¹ concluíram que o tratamento com laser em 1,5 W e 3,0 W, mantendo a fibra óptica em contato com a parede dentinária por 20s, não alterou a resistência à

fratura das raízes, quando os canais radiculares estavam inundados com água destilada, hipoclorito 1% e EDTA. Já, Karatas et al.⁶² comparando o efeito da aplicação de laser de diodo e agitação do EDTA com laser de diodo sob diferentes parâmetros em diferentes intervalos de tempo na fratura radicular, concluíram que a irrigação agitada por um laser de diodo de 3W/100 Hz por 20 s e 40s diminuiu a resistência à fratura dos dentes.

A irrigação dos canais radiculares visa cumprir um papel químico, seja bactericida ou quelante, e físico, movimentando e energizando as substâncias no interior do canal radicular^{63,64}. A movimentação e alguns tipos de irrigação, auxiliam na remoção de detritos, porém podem interferir na quantidade de detritos extravazados apicalmente⁶⁵. A irrigação do canal radicular apresenta um risco de extrusão de irrigante nos tecidos periapicais. O extravasamento das substâncias irrigadoras é um ponto importante e passível de teste quando se utiliza os lasers de alta potência. De acordo com George et al.⁶⁶ o emprego dos lasers Er: YAG e Er, Cr: YSGG na agitação de soluções irrigadoras auxilia de forma marcante na limpeza dos canais radiculares, mas também aumenta a extrusão da solução irrigadora pelo ápice, Helvacioğlu et al.⁶⁷ avaliaram a extrusão apical, com o hipoclorito de sódio ativado pelo laser de Nd: YAG, laser diodo, ultrassom, e seringa não ativada e verificaram que em todos os métodos houve extravasamento, sendo menor com a seringa não ativada, não havendo diferença entre a PUI e os lasers. Yost et al.⁶⁸ utilizando sistemas de irrigação e agitação como EndoVac, EndoActivator, Max-i-Probe, e energização fotoacústica (PIPS), concluíram que os sistemas EndoVac e EndoActivator mostraram, o menor potencial de extrusão apical do irrigante do que o PIPS e Max-i-Probe.

A agitação das substâncias irrigadoras melhora a limpeza do sistema de canais⁶⁹, e facilita conseqüentemente, a difusão do curativo de demora, podendo aumentar a porcentagem de sucesso no tratamento endodôntico.

O curativo com hidróxido de cálcio já está bem descrito na literatura quanto ao seu efeito benéfico^{20,70,71}. A melhora na difusão dos íons hidroxila no interior do canal radicular através dos túbulos dentinários é fator de extrema importância para o combate à infecção⁷². Os íons hidroxila do hidróxido de cálcio difundem-se pelos túbulos dentinários oferecendo um pH alcalino na pelo interior da dentina. Quanto mais alto for o pH e maior o tempo de permanência em meio alcalino, maior será a eliminação bacteriana⁷¹. No estudo, de Deadorf et al.⁷², um modelo experimental foi

estabelecido para estudar a difusão de íons cálcio do canal para a periferia da raiz após limpeza final, e as análises das concentrações de íons cálcio das amostras revelaram que os espécimes de dentina variaram em suas taxas de difusão de cálcio e que o tratamento dos canais com agentes irrigantes quelantes afetou as quantidades de cálcio oriundas do curativo, sugerindo, sugerindo possível bloqueio na difusão do curativo de demora, decorrente da reação entre o cálcio oriundo do curativo com o resíduo da solução quelante, que deve ser completamente removido. Essa hipótese foi reforçada por Zampronio, et al.⁷³ que com aplicação do curativo intra-canal de hidróxido de cálcio após a limpeza final dos canais radiculares utilizando o ultrassom, em comparação com o emprego de solução de EDTA com seringa convencional obteve índices mais elevados de alcalinização dentinária mais distante da luz do canal.

Assim, é vista como oportuna a avaliação da difusão do curativo de hidróxido de cálcio, da extrusão apical das soluções irrigadoras, como também das alterações de temperatura e de resistência à fratura do elemento dentário radicular, decorrentes da ativação da solução quelante (EDTA), pelo laser diodo de alta potência, frente ao ultrassom empregado passivamente e continuamente, assim como pela irrigação convencional.

2 PROPOSIÇÃO

Os objetivos do presente estudo foram:

2.1 Objetivo Geral

O propósito deste estudo é avaliar em *ex vivo*, alcalinização de pH do curativo de hidróxido de cálcio, a alteração de temperatura, extrusão apical e resistência à fratura radicular quando realizada a agitação do EDTA, promovidos por dois tipos de laser diodo de alta potência, Thera Lase (DMC) e Gemini (Ultradent) comparativamente ao ultrassom Satelec Newtron Booster Acteon, e a irrigação convencional após a limpeza final do tratamento endodôntico.

A hipótese nula deste estudo é a de que, os lasers diodo de alta potência não oferecerão alteração alguma nos fatores estudados, em relação ao método convencional.

2.2 Objetivos Específicos

Avaliar os diferentes protocolos de limpeza final dos canais radiculares quanto:

- ao aquecimento radicular promovido nos diferentes terços do canal radicular, por meio de termômetro digital e termopares;
- a possíveis alterações na resistência mecânica da raiz, por meio de máquina de ensaios mecânicos;
- à variação de pH proporcionada pelo hidróxido de cálcio através da dentina radicular por meio de pHmetro digital;
- ao extravasamento apical de soluções irrigadoras durante o procedimento, por meio de balança de precisão.

3 PUBLICAÇÕES

Esta pesquisa resultou em dois artigos, o primeiro com o título Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, que será submetido para a revista *Journal of Biomedical Optics*, e o segundo com o título Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto à extrusão apical e a variação de pH na estrutura dentinária, que será submetida para a revista *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*.

3.1 Artigo 1*

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular.

RESUMO

Objetivo: Este estudo tem como objetivo avaliar a temperatura externa das raízes e sua resistência à fratura decorrente de protocolos de limpeza final com dois diferentes tipos lasers de diodo de alta potência, comparando-os com o ultrassom e método de agitação convencional. **Material e métodos:** Essa pesquisa experimental *ex-vivo*, utilizou 60 pré-molares inferiores, unirradiculados, com raízes retas, com rizogênese completa e com tamanho radicular superior a 16mm, pré-selecionados por meio de radiografia digital. Suas coroas foram removidas, padronizando as raízes em 16 mm, seguido do preparo com a lima K#15 K#20 seguido do sistema recíproco R25, R40 e R50, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação do NaOCl a 2,5% durante o preparo. Os espécimes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos, segundo os protocolos de irrigação final: AD- água destilada (controle), CV- inundação com EDTA 17% e agitação com lima K #50, PUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (*Passive ultrasonic irrigation*-PUI), PUI/CUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (PUI) e irrigação com água destilada, agitada com ultrassom (*Continuous ultrasonic irrigation*-CUI), TL- inundação com EDTA 17% agitado com laser diodo Thera Lase Surgery, e GE- EDTA 17% agitado com laser diodo Gemini. Após irrigação final, todos os dentes foram irrigados com água destilada para remoção do EDTA. A temperatura radicular foi medida nos três terços com 3 termopares tipo K, o Chromel / Alumel, ligados ao termômetro digital modelo MT-600 e foram utilizados os testes ANOVA two way, teste pos-hoc de Bonferroni, teste de Shapiro Wilk e Levene ($p > 0,05$). E a resistência à fratura foi realizada através da máquina universal de ensaio EMIC, e foram utilizados os testes ANOVA one way, teste de Shapiro Wilk e Levene ($p > 0,05$). **Resultados:** Os maiores valores de temperatura foram alcançados no terço cervical e médio com o laser Gemini seguido pelo Thera Lase, pelo PUI/CUI e pelo PUI ($p < 0,05$). No terço apical, os maiores aquecimentos deram-se com o Thera Lase seguidos pelo PUI/CUI, PUI, e Gemini ($p < 0,05$), mostrando que nenhum dos grupos ultrapassou os 10°C por mais de 1 minuto. No teste de resistência mecânica, as forças necessárias até à fratura foram: Gemini 182.02N, TheraLase 185.65N, PUI 187.63N, PUI/CUI 186.49N, Memória 194.35N e Controle 195.88N, não havendo diferença significativa entre os grupos ($p > 0,05$). **Conclusão:** Concluímos que as técnicas de irrigação e agitação testadas em *ex vivo*, são seguras em relação a elevação da temperatura e a resistência à fratura das raízes, e que mais estudos precisam ser realizados para viabilização clínica.

Palavras Chave: Palavras chave: Lasers de diodo, Temperatura, Resistência à Fratura, Ultrassom.

*Artigo escrito segundo normas do periódico *Journal of Biomedical Optics* para o qual pretende-se submeter.

Introdução

O tratamento endodôntico tem como objetivo eliminar as bactérias do sistema de canais radiculares e evitar a reinfecção¹. Para isso, todas as etapas do tratamento devem ser respeitadas, seguindo embasamentos científicos². Dentre as fases do tratamento endodôntico, o preparo biomecânico pode ser realizado por instrumentos manuais, assim como rotatórios ou reciprocantes, e visa à remoção de detritos orgânicos e inorgânicos e à modelagem do canal ². Esse preparo produz uma camada com restos de polpa, de dentina, e microorganismos, assim como suas toxinas ^{3,4}.

O preparo biomecânico do tratamento endodôntico, produz uma camada com restos de polpa, de dentina, e microorganismos, assim como suas toxinas ^{3,4}.

Essa camada, denominada smear layer, tende a obliterar os túbulos dentinários na parede do canal radicular após o preparo mecânico e com isso, pode manter as bactérias e seus subprodutos presentes^{5, 6}, as quais têm a capacidade de penetrar profundamente nos túbulos dentinários, dificultando também a ação de soluções irrigadoras⁷, que agem por contato direto e são incapazes de penetrar profundamente nessas estruturas⁷.

Como sugerido pela maioria dos autores, foi concluído que a remoção da smear layer melhora a vedação aos fluidos do sistema de canais radiculares⁸.

Assim, a limpeza final dos canais radiculares, visando a remoção da smear layer antes da medicação intracanal ou da obturação, torna-se de extrema importância para um melhor efeito do curativo de demora pelos túbulos dentinários e uma melhor adesão do cimento obturador^{8, 9}.

O método de irrigação convencional com seringa, geralmente falha no terço apical, além de algumas vezes ser limitada no canal principal também¹⁰. Técnicas de ativação de irrigantes têm sido sugeridas para melhorar a distribuição das soluções irrigadoras no sistema de canais e aumentar a eficácia da irrigação ¹¹.

O hipoclorito de sódio, encontrado em diversas concentrações, é a principal solução irrigadora utilizada durante o tratamento endodôntico, porém ele não é capaz de dissolver completamente os compostos inorgânicos da dentina¹². Para isso é recomendado a associação com um agente quelante, como o ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA), para a remoção da smear layer ¹³.

A agitação das soluções irrigadoras potencializa a remoção da smear layer, e alcança áreas não tocadas durante o preparo mecânico, como paredes de canais ovais, istmos e o terço apical as quais a irrigação convencional, com seringa tem menor eficácia¹⁴.

Alguns métodos têm sido utilizados para realizar essa agitação, entre eles, o ultrassom^{15, 16} e o laser de alta potência¹⁷. A irrigação ultrassônica passiva (PUI) é uma técnica de agitação com ultrassom e consiste na ativação do irrigante por um instrumento sem corte acoplado no ultrassom¹⁵, e produz uma energia que é transmitida por meio de ondas ultrassônicas formando uma corrente microacústica e cavitação do irrigante¹⁸. A PUI demonstrou ser mais eficaz do que a irrigação convencional na limpeza de extensões do canal radicular¹¹.

Outra maneira de agitação com o ultrassom, é a irrigação ultrassônica contínua (CUI), que consiste em uma técnica que promove igualmente os fenômenos físicos decorrentes da corrente e cavitação microacústica¹⁶, no entanto, pelo fato da CUI permitir um fluxo contínuo do irrigante para o canal, este pode favorecer a limpeza do principal¹⁹ e do terço apical¹⁶.

Os lasers de alta potência foram introduzidos como uma alternativa para ativação dos irrigantes, que juntamente com as fibras ópticas flexíveis de pequeno diâmetro, conseguem penetrar mais profundamente no interior do canal radicular possibilitando melhor propagação de energia e penetração da luz²⁰. Com o intuito de limpeza, e remoção da smear layer após o preparo biomecânico¹⁸ diferentes lasers com diferentes comprimentos de onda têm sido investigados²¹.

O meio ativo do laser de diodo é um semicondutor de estado sólido feito arseneto de gálio e alumínio, que produz comprimentos de onda dentro do espectro do infravermelho próximo, entre 808 e 980 nm²². Os dois aparelhos de lasers utilizados nesse estudo, foram de diodo, o laser Gemini, e o TheraLase Surgery. Dentre os aparelhos de laser diodo, o laser Gemini (Ultradent, South, Jordan, UT, EUA) é um laser de emissão pulsada de energia e possui dois comprimentos de onda, que podem ser empregados simultaneamente ou não, sendo 810nm mais eficaz em melanina, e 980nm, com excelente absorção de água. Já o TheraLase, (DMC, São Carlos, Brasil), possui o único comprimento de onda de 808nm, sua potência varia de 100m W a 5W, e ambos têm a opção do modo de aplicação pulsado, chaveado ou contínuo.

A agitação do EDTA por meio de laser oferece perspectiva promissora, já que os lasers tendem a agitar a solução e induzir o fenômeno de ablação que consiste em uma vaporização e movimentação da solução irrigadora, resultando numa melhor limpeza da camada inorgânica²³. O aquecimento do líquido no interior do canal radicular também pode potencializar o efeito do EDTA na superfície dentinária²⁴.

Porém a elevação da temperatura na superfície externa da raiz sem protocolos seguros, pode ser prejudicial, pois a ativação desse laser converte a energia da luz em energia calórica, levando a um aumento na temperatura²⁵, além de uma temperatura acima de 10°C da temperatura corpórea durante 1 minuto pode causar necrose óssea²⁶. A agitação da solução irrigadora com o ultrassom, tanto por parte da PUI, quanto da CUI, também podem aumentar a temperatura^{27, 28}. Entretanto, na técnica de irrigação ultrassônica os aumentos de temperatura não seriam tão intensos a ponto de causar patologias ao ligamento periodontal²⁹.

A geração de calor dos lasers, é proporcional à duração da irradiação²⁰, e a fibra óptica deve ser mantida em movimento constante dentro do canal radicular, para evitar aquecimento excessivo²⁰. Para se obter um protocolo seguro, sem exceder os limites seguros do organismo, deve ter pelo menos um descanso de 5s entre as irradiações²⁷.

Em canais inundados, a potência de até 1,5 W e modo contínuo foi considerada segura para utilização irradiação com laser diodo. Já a potência de 3 W foi considerada segura somente em modo pulsado²⁸.

Outro ponto a ser estudado quanto a aplicação do laser de alta potência, é o seu efeito sobre a estrutura dentinária e a perda da resistência do elemento dentário. Alguns autores relatam que o tratamento com laser em canais inundados com potência de 1,5 W e 3,0 W, não altera a resistência à fratura das raízes³⁰. Mas também há relato de que a agitação do EDTA por um laser de diodo de 3W por períodos entre 20 e 40 segundos diminuiu a resistência à fratura dos dentes.³¹.

Portanto, é vista como oportuna a avaliação das alterações de temperatura e de resistência à fratura de raízes dentárias, decorrentes da ativação da solução quelante (EDTA), pelo laser diodo de alta potência, comparativamente ao ultrassom empregado passivamente e continuamente, e a agitação manual convencional.

Material e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, e está de acordo com as regulamentações sobre pesquisas com seres humanos (Resolução nº466 de 12/12/2012).

Foram utilizados 60 pré-molares inferiores, unirradiculados, com raízes retas, com rizogênese completa e com tamanho radicular superior a 16mm doados do banco de dentes humanos da Faculdade de Odontologia de Araraquara. Os dentes foram pré selecionados e examinados com auxílio de lupa (aumento de 10x) e com radiografia digital digital Kodac RVG 5100.

Os dentes foram limpos e esterilizados em autoclave a 121°C por 20 minutos. Em seguida, as coroas foram seccionadas usando disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), padronizando as raízes em 16mm.

O estabelecimento do comprimento real de trabalho (CRT) foi realizado com uma lima LK 10 inserida até o forame e recuo de 1 mm do forame apical. Todos os dentes utilizados tiveram os instrumentos apicais iniciais (IAI) entre LK 20 e LK30. O preparo biomecânico foi realizado no CRT inicialmente com limas manuais LK 20 e LK25 e LK30, de acordo com o IAI de cada dente, e posteriormente a sequência das limas recíprocante R25, R40 e R50 (VDW CO. München, Alemanha). A solução irrigadora durante o preparo foi o hipoclorito de sódio a 2,5% (Asfer -SP).

Após o preparo biomecânico os espécimes foram divididos aleatoriamente nos 6 seguintes grupos, (n=10), (Quadro 1):

Grupos	Protocolos de Limpeza final
Grupo AD	Irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos.
Grupo CV	Inundação com EDTA 17%, agitação com lima K#50 durante 3 minutos, Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada por 40 segundos
Grupo PUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação ultrassônica Passiva (PUI) por 30 segundos, irrigação/aspiração com 5mL água deionizada por 40 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo PUI/CUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) 30 segundos, mais água deionizada energizado com Irrigação Ultrassônica Contínua (CUI) com água deionizada por 15 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo TL	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Diodo Thera Laser Surgery, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.

Grupo GE	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Gemini, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.
----------	--

O EDTA utilizado foi o (EDTA - Asfer Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil). O laser diodo (Thera Lase Surgery, DMC, Brasil) foi utilizado com 808 nm e potência de 2.8 W no modo pulsado com 20 pps, e o laser diodo LASER GEMINI (ULTRADENT) de 808 e 910 nm e potência de 2 W no modo pulsado com 20 pps. As fibras ópticas foram inseridas no canal radicular e três ativações foram realizadas com duração de 5s e descanso de 10s entre ativações, e mais uma aplicação de 5s foi realizada, com o canal inundado com água deionizada. Os movimentos realizados foram helicoidais, alternando-se sentido horário e sentido anti-horário.

A seringa Navitip, foi inserida sempre a 2mm do CRT. O ultrassom utilizado foi o Newtron P5 Bled (Acteon, Paris, França), aplicado na potência de 30%, com o inserto Ultrawave NitiSonic (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) a 2mm do CRT.

Análise de temperatura

Após o preparo biomecânico, os espécimes foram inseridos em um suporte, que os manteram em posição vertical padronizada, permitindo a fixação de 3 termopares tipo K, o Chromel / Alumel, ligados ao termômetro digital modelo MT-600 (MINIPA, São Paulo, Brasil), o qual coletou a temperatura na superfície radicular externa na face mesial das raízes nos três terços, cervical à 14 mm, médio à 8 mm e apical à 3 mm acima do ápice radicular. O termômetro coletou a temperatura de 2 em 2 segundos durante todos os protocolos de limpeza final testados. O experimento foi conduzido em uma sala com temperatura ambiente controlada a 23 °C.

Análise Estatística

Para avaliar se os terços dentários e o tipo de tratamento do canal radicular afetavam significativamente a variação da temperatura dentária e o tempo máximo de duração, recorreu-se à ANOVA two way seguida do teste pos-hoc de Bonferroni.

O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$.

Para avaliar a duração do tempo acima de 10°C dos diferentes grupos testados recorreu-se ao teste não paramétrico de Kruskal Wallis. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p < 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INc. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Resistência à fratura

Após os protocolos de limpeza final e medição das temperaturas, os espécimes foram levados ao teste à resistência à fratura. Com o intuito de simular a situação clínica, foi simulado o ligamento periodontal com material de impressão de poliéter (Impregum TM Soft, 3M / ESPE AG, Seefeld, Alemanha), e posteriormente as raízes foram inseridas verticalmente em matrizes preenchidas com resina epóxi Akasel A/S Roskilde Denmark em cilindros de cloreto de polivinila (PVC) (21 mm de diâmetro x 22 mm de altura)³².

Em seguida, os blocos com as raízes embutidas foram montados em uma base metálica fixa, e levados em uma máquina de ensaios eletromecânica (EMIC DL2000 (EMIC DL; Emic, Araraquara, Brasil). A carga compressiva foi aplicada verticalmente nas raízes, usando um pino metálico cônico^{33,34} inserido na entrada do conduto radicular o qual estava paralelo com a base metálica fixa, para não haver incidência de força lateral. A célula de carga utilizada foi a CCE20KN 20kN / 2000kgf, e carga compressiva foi de 1 mm/min, até a ocorrência da fratura. A quantidade de força necessária para a fratura foi registrada em Newtons, e após isso foram feitas as análises estatísticas.

Análise estatística

Para avaliar a resistência a fratura (Newton) dos diferentes grupos testados recorreu-se à ANOVA one way. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Resultados

➤ Variação de Temperatura

Como pode se observar na tabela 1, o tipo de tratamento teve um efeito estatisticamente significativo na variação de temperatura do remanescente radicular ($p < 0,001$).

Na avaliação da variação de temperatura, os valores decorrentes da aplicação de cada protocolo estão apresentados na tabela 1 e 2 e na figura 1. O maior valor alcançado no terço cervical e médio, foi do laser Gemini com diferença significativa para todos os demais grupos no terço cervical ($p < 0,05$) seguido pelo Thera Lase, pelo PUI/CUI e pelo PUI respectivamente. No terço apical, o aquecimento determinado pelo Thera Lase foi significativamente maior em relação a todos os demais grupos, seguido pelo PUI/CUI, PUI, e Gemini respectivamente.

No laser Gemini o aquecimento maior foi no terço cervical, e o menor no terço apical. No laser Thera Lase esse aquecimento ocorreu de forma invertida ao laser Gemini, sendo que aqueceu mais no terço apical e menos no terço cervical.

Quando comparadas as duas técnicas em que foi utilizado o ultrassom como meio de agitação da solução irrigadora, a técnica PUI/CUI teve aquecimento significativo em comparação com o PUI ($p < 0,05$), mas não alcançou aquecimento preocupante, nos três terços avaliados.

Entre o grupo controle e o grupo da irrigação convencional, não houve diferenças estatísticas ($p > 0,05$). Esses foram os únicos grupos que resfriaram, e esse resfriamento em média obteve os mesmos valores no terço cervical, médio e apical. A figura 1 mostra a variação da temperatura média dos grupos.

Tabela 1. Comparações múltipla das médias e desvio padrão da variação da temperatura em cada um dos grupos avaliados em relação a cada terço dentário.

	Distilled Water		Gemini		TheraLase		Memoria		PUI		PUI.CUI	
Cervical	-0,23	(0,12)Aa	14,72	(1,46)Ab	5,53	(0,45)Ac	-0,20	(0,17)Aa	1,69	(0,59)Ad	4,34	(0,82)Ae
Médio	-0,24	(0,08)Aa	9,44	(0,76)Bb	8,79	(0,54)Bb	-0,28	(0,10)Aa	2,27	(0,50)Ac	6,11	(1,18)Bd
Apical	-0,24	(0,07)Aa	3,07	(0,42)Cb	10,31	(1,05)Cc	-0,21	(0,11)Aa	3,72	(0,28)Bb	6,89	(0,95)Cd

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido vertical. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$)

Como pode se observar na tabela 1, encontrou-se diferença estatisticamente significativa para cada terço testado apenas no grupo Gemini, TheraLase, PUI e PUI/CUI.

No presente estudo, o tempo classificado como preocupante é o tempo que a raiz ficou com aquecimento acima de 10°C em relação à temperatura inicial, ou seja, em temperatura preocupante. A tabela 2 e a Figuras 1, mostram a distribuição dos dados para cada grupo testado de acordo com o terço avaliado. O resultado obtido mostra que o grupo Gemini apresentou o maior período de tempo em temperatura preocupante quando comparado com os outros grupos, no terço cervical e médio ($p < 0,05$). Já no terço apical, o tempo preocupante foi significativamente maior para o grupo Thera ($p < 0,05$). Já os grupos, PUI, PUI/CUI, Controle e Irrigação Convencional não ultrapassaram os 10°C. (Teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,001$).

Figura 1 - Variação da temperatura média para todos os grupos testados.

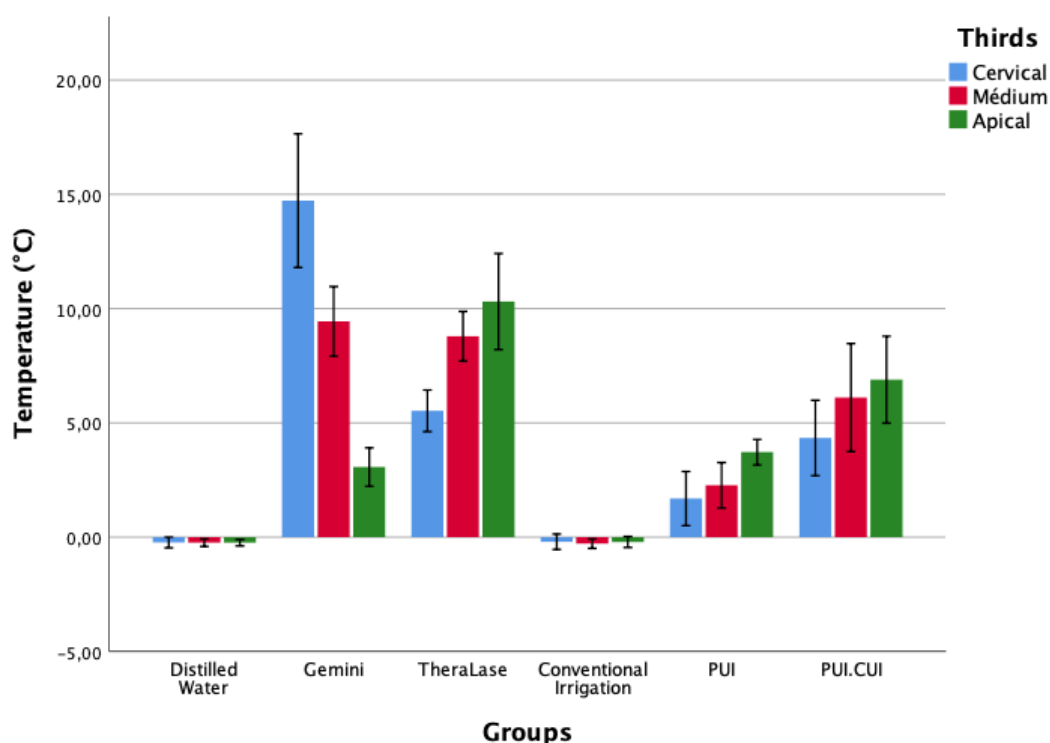


Tabela 2 – Variação do valor de aquecimento acima de 10°C até temperatura máxima e o tempo que ela se perdurou preocupante.

	Terço Cervical		Terço Médio		Terço Apical	
	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo	Temperatura	Tempo
Controle	0.00 Aa	0s	0.00 Aa	0s	0.00 Aa	0s
Gemini	4.75 Ab	33.6s	0.00 Bb	7.8s	0.00 Cb	0s
Thera Lase	0.00 Ac	0	0.00 Bb	0.5s	0.31 Cc	8s
I. Convencional	0.00 Aa	0s	0.00 Aa	0s	0.00 Aa	0s
PUI	0.00 Ad	0s	0.00 Ac	0s	0.00 Bb	0s
PUI/CUI	0.00 Ae	0s	0.00 Bd	0.4s	0.00 Cd	1s

Letras minúscula distintas indicam diferença significativa no sentido vertical. Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$)

➤ Resistência à fratura radicular

O grupo que obteve os menores resultados da resistência mecânica, avaliado em Newtons foi o grupo do laser Gemini 182.02N, seguido pelo TheraLase 185.65N, PUI 187.63N, PUI/CUI 186.49N, Memória 194.35N e Controle 195.88N. Porém na análise estatística realizada como pode se observar, não se encontrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados ($p = 0,871$).

Como pode se observar, não se encontrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados ($p = 0,871$). A figura 2 mostra a média e o desvio padrão para cada um dos grupos testados.

Figura 2 - Média e desvio padrão de resistência a fratura dos diferentes grupos testados. Letras iguais mostram que não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,871$)

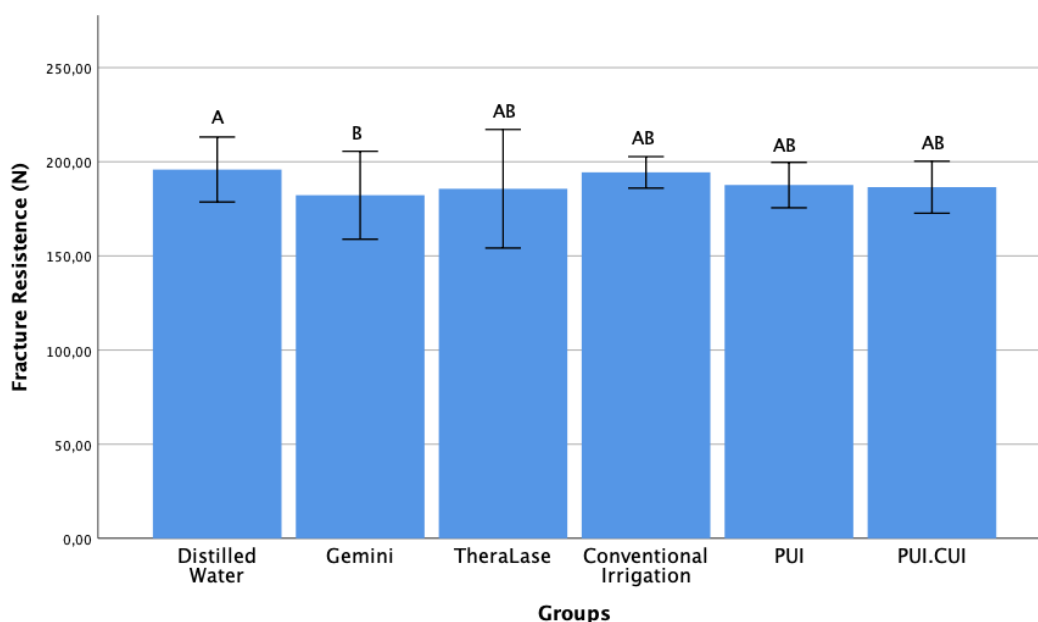
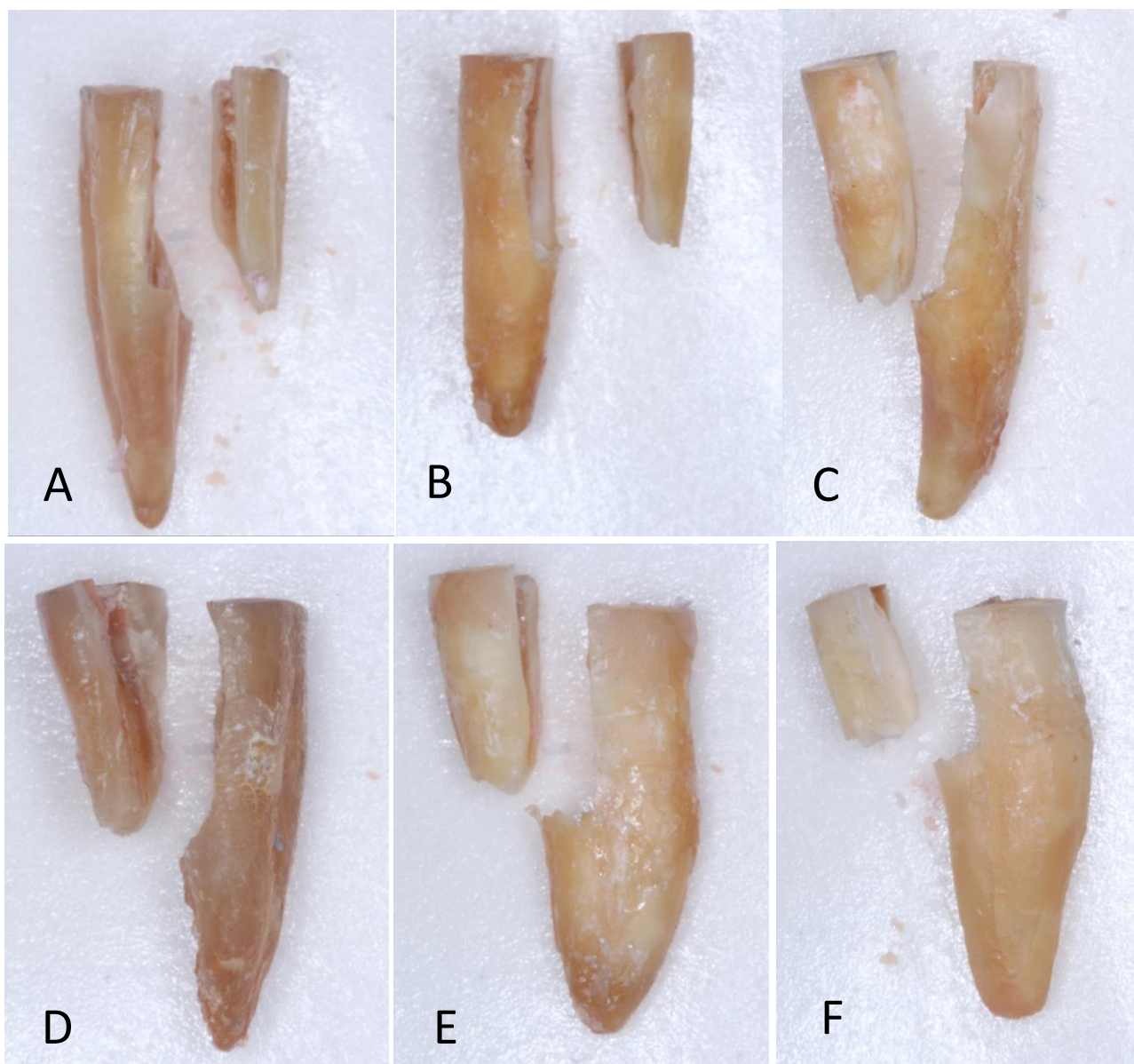


Figura 2- Média e desvio padrão de resistência a fratura dos diferentes grupos testados. Letras iguais mostram que não houve diferença estatisticamente significativa

As fraturas de todos os grupos tiveram as mesmas características, sendo elas longitudinais, com extensão até terço cervical ou médio (Figura 3).

Figura 3 – Fraturas radiculares. E (A) grupo controle, Em (B) grupo Gemini, em (C) grupo TheraLase, em (D) grupo Irrigação convencional, em (E), grupo PUI e em (F) Grupo PUI/CUI.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Discussão

O aquecimento, da estrutura dental e dos tecidos adjacentes é uma das preocupações quando utilizados os lasers de alta potência. Pois a ativação dos lasers converte a energia da luz em energia calórica, e consequentemente aumentando a temperatura²⁵. Sabemos que uma temperatura acima de 10°C da temperatura corpórea durante 1 minuto poderá causar necrose óssea e no ligamento periodontal, devido ao grau reduzido de vascularização nos tecidos²⁶. Portanto a avaliação da temperatura na superfície externa da raiz é essencial para verificarmos o aquecimento que está sendo gerado pela técnica³⁵.

O presente estudo é o primeiro a avaliar comparativamente o efeito térmico e na resistência à fratura radicular promovidos por dois lasers diodo, sendo um deles (Gemini) emissor de dois comprimentos de onda simultâneos. Os grupos dos dois lasers propostos foram os que mais aqueceram a superfície dentinária diante dos protocolos de agitação das soluções irrigadoras. Verificou-se que o grupo do laser Gemini, que foi o que mais aqueceu no terço cervical e médio, obteve um aumento de 14.72°C no terço cervical e essa temperatura permaneceu acima dos 10°C, por 33.6 segundos. No terço médio o aquecimento médio foi de 9.44°C, permanecendo acima dos 10°C por 7.8 segundos. Tais níveis de aquecimento podem ser atribuídos ao duplo comprimento de onda desse laser³⁶, e as regiões onde ocorreram, foram devido ao comprimento de sua fibra óptica, 7mm, que permitiu sua inserção até o terço médio do canal radicular de elementos dentários que tiveram suas coroas removidas. Da mesma forma, no terço apical, onde sua fibra óptica não alcançou, o laser Gemini ofereceu aquecimento médio de 3.07°C, valor estatisticamente semelhante ao do grupo PUI ($p>0,05$) e diferente estatisticamente dos demais ($p<0,05$).

Comparando os grupos dos lasers entre eles juntamente com os demais grupos, tivemos diferenças estatísticas relevantes do grupo do laser Gemini no terço cervical com todos os grupos ($p<0,05$). No terço médio, esse laser só não aqueceu mais que o grupo Thera Lase, ($p>0,05$) e no terço apical a diferença só foi significativa em relação aos grupos controle e da irrigação convencional ($p<0,05$), com índices muito próximos aos demais grupos. No grupo TheraLase, no terço cervical, as diferenças estatísticas significantes só não ocorreram com o grupo PUI/CUI ($p>0.05$) e, no terço médio, essa diferença só não ocorreu com o grupo

Gemini, mostrando que os dois lasers aqueceram com valores muito próximos ($p>0,05$). Já, o terço cervical, foi onde o Thera Lase atingiu a maior temperatura, e onde ocorreu a maior diferença desse grupo quando comparado com todos os outros grupos ($p<0,05$), aquecendo $10,07^{\circ}\text{C}$.

Assim, apesar de dois espécimes do grupo Gemini terem alcançados temperaturas de até 16°C acima da temperatura inicial, eles permaneceram acima de 10°C por no máximo 50s, no grupo TheraLase o aumento máximo foi de $11,6^{\circ}\text{C}$ acima da temperatura inicial, e apenas 4 espécimes ultrapassaram os 10°C . Baseando-se nas suas temperaturas médias, os dois lasers de diodo testados nos protocolos propostos, não ultrapassaram os 10°C por mais de um minuto²⁵, que concorda com outros achados^{35,37} que também testaram dois lasers de diodo e concluíram que mesmo induzindo a cavitação em fluidos aquosos, são seguros quanto ao aumento de temperatura.

A agitação da solução irrigadora com o ultrassom, tanto por parte da PUI, quanto da CUI, também podem aumentar a temperatura^{38,39}, entretanto tais aumentos por parte da técnica ultrassônica não seriam relevantes⁴⁰.

O grupo PUI e PUI/CUI não ultrapassaram o aquecimento de 10°C ²⁶ em nenhum momento. o grupo PUI/CUI, ultrapassou esse limite de aquecimento somente em dois dos espécimes com $0,2^{\circ}\text{C}$ por 0.4s no terço médio de um espécime, e de $1,3^{\circ}\text{C}$ por 1s no terço apical de outro espécime, o que não se torna relevante em termos de danos teciduais, devido ao tempo de duração ser bastante inferior ao limite de um minuto. Em relação aos aquecimentos médios, diferença estatística significativa foi encontrada entre os dois grupos que usaram o ultrassom em todos os terços das raízes. No protocolo PUI pura, os aquecimentos médios foram de $1,69^{\circ}\text{C}$ no terço cervical, $2,27^{\circ}\text{C}$ no terço médio e $3,72^{\circ}\text{C}$ no terço apical, e no protocolo que foi utilizada a PUI e a CUI os aquecimentos foram de $4,34^{\circ}\text{C}$ no terço cervical, $6,11^{\circ}\text{C}$ no terço médio e $6,89^{\circ}\text{C}$ no terço apical. Estas diferenças se devem provavelmente ao fato das aplicações da CUI serem aplicadas em sequência das aplicações pelo PUI. Esses resultados referentes as técnicas que foram utilizados o ultrassom contraria o trabalho⁴⁰ o qual relata aumento mínimo de temperatura, e se aproxima dos trabalhos^{38,40} os quais relatam moderado aumento da temperatura nos três terços testados, e que o terço que ocorreu maior aquecimento foi o apical, devido a menor espessura de tecido dentinário adjacente²⁵

Segundo a literatura, um aumento da temperatura da solução irrigadora, desde que dentro dos limites fisiológicos, pode ser benéfico em favorecer o efeito da solução irrigadora⁴¹.

O grupo controle e o grupo de agitação convencional foram os grupos que ao contrário, determinaram um resfriamento das raízes. Este resfriamento foi visto de forma semelhante nos três terços e também entre estes grupos ($p > 0,05$), porém com grupo de agitação convencional demorando mais tempo para resfriar em comparação com o grupo controle ($p < 0,05$).

Ao se comparar as temperaturas alcançadas entre os terços do canal radicular, nos grupos Gemini, TheraLase, PUI, e PUI/CUI as temperaturas máximas alcançadas se mantiveram por tempos muito próximos nos três terços e decaíram de forma semelhante em todos os grupos ($p > 0,05$). O que nos mostra que, apesar da diferença de profundidade de atuação ou princípio de geração de energia, nenhum dos fatores anatômicos ou inerentes a cada uma das técnicas de agitação e/ou irrigação propostas geram resfriamentos mais ou menos velozes em nenhum dos terços do canal radicular.

Portanto, os protocolos de agitação das soluções irrigadoras propostos podem ser utilizados com esses aparelhos sem ocasionar danos aos tecidos adjacentes.

Outro ponto avaliado, foi a hipótese que a aplicação do laser ou do ultrassom reduziria a resistência da estrutura dentária, quando comparado com a técnica convencional, bem como o uso do EDTA em relação ao controle implicaria em tal fator. O EDTA promove alterações na morfologia e na composição físico-química da dentina⁴², e em conjunto com as técnicas de agitação das soluções podem diminuir a resistência dos dentes⁴³. Essa redução de resistência pode levar à fratura radicular e consequente extração do dente⁴⁴. A relação de microdureza e resistência mecânica está intimamente ligada⁴⁵, estudo de Arslan et al⁴⁶. demonstrou que a agitação do EDTA com um laser de diodo de 808 nm causou a redução da microdureza da dentina radicular, e consequentemente da resistência mecânica.

A irradiação com laser pode causar alterações morfológicas e químicas nos tecidos dentários, devido à vaporização da matriz orgânica da dentina⁴⁷. No presente estudo, os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre nenhum dos grupos. O grupo do laser Gemini e TheraLase obtiveram valores de resistência

mecânica levemente abaixo dos outros grupos, porém não significantes estatisticamente.

Os protocolos empregados nos dois aparelhos, foram baseados em estudo piloto com cada qual, foram próximos, considerando tempo, potência e maneira de aplicação, e são muito importantes para se evitar danos ao paciente. Provavelmente foi esse o motivo de não ter havido diferença entre os grupos estudados. Tal importância foi comprovada por Karatas et al.⁵¹, que comparou o efeito da aplicação de laser diodo e agitação do EDTA com laser diodo sob diferentes parâmetros em diferentes intervalos de tempo na fratura radicular, concluindo que agitação de EDTA com um laser de diodo de 1,5W / 100 Hz não afetou a resistência à fratura enquanto a agitação do EDTA com laser de diodo 3W / 100 Hz por 20 se 40s diminuiu a resistência à fratura dos dentes. Isso também foi notado no trabalho de Faria⁴⁰ e colaboradores que no tratamento com laser em 1,5 W e 3,0 W, mantendo a fibra óptica em contato com a parede dentinária por 20s, não verificou alteração na resistência à fratura das raízes, quando os canais radiculares estavam inundados com água destilada, hipoclorito 1% e EDTA, corroborando com os resultados desse estudo que utilizou potência de 2W e duplo comprimento de onda com o Laser Gemini, e 2.8W apenas com um comprimento de onda do TeraLase.

Conclusão

Com a metodologia empregada e as condições de realização desse estudo, bem como os resultados alcançados, permitem concluir que os protocolos de agitação utilizados, com os lasers de diodo, e com o ultrassom, são seguros tanto quanto ao aquecimento pelo motivo de nenhum dos grupos ultrapassou os 10°C por mais de 1 minuto; quanto à resistência à fratura por não ter dado diferença estatística entre os grupos.

REFERÊNCIAS

1. S. Friedman, S. Abitbol, H.P. Lawrence Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment
J Endod, 29 (2003), pp. 787-7933.
2. Leonardo MR. Preparo biomecânico dos canais rootes. In: Leonardo MR, Leal JM. Endodontia: Tratamento dos canais rootes. 3 ed. São Paulo: Ed. Médica Panamericana; 1998:359-66.
3. J.F. Siqueira Jr., I.N. Rôças Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. J Endod, 34 (2008), pp. 1291-1301.
4. Peters CA, Barbakow F (2000) Efeito da irrigação em detritos e camada de esfregaço nas paredes do canal, preparado por duas técnicas rotativas: um estudo microscópico eletrônico de varredura. J Endod 25: 6–10.
5. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2002;94(6):658-666.
6. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. Int Endod J. 2010;43(1):2-15.
7. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. J Endod. 1997;23(12):725-727.
8. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. J Endod. 2007;33(2):96-105.
9. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics - a review. Int Endod J. 2010;43(1):2-15.
10. Z. Ram. Effectiveness of root canal irrigation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 44 (1977), pp. 306-312
11. L.S. Gu, J.R. Kim, J. Ling, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. J Endod, 35 (2009), pp. 791-804.
12. Zehnder M (2006) Root canal irrigants. J Endod 32:389–398
13. Baumgartner JC, Mader CL (1987) A scanning electronmicroscopic evaluation of our root canal irrigation regimens. J Endod 13:147–157.
14. Jiang LM, Lak B, Eijssvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. J Endod. 2012;38(6):838-841.

15. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-426.
16. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Cantatore G, Ruiz-Pinon M, Bahillo J, Rivas-Mundina B, Varela-Patino P. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. *J Endod.* 2012;38(5):688-691.
17. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM. Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems..*J Endod.* 2011 Dec;37(12):1677-81.
18. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J.* 1994;27(4):197-207.
19. Tanomaru JM, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva LA. Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. *Int Endod J.* 2003;36(11):733-739.
20. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997;28(3):205-209.
21. Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K (2001) Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod* 27:9–12.
22. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):124-132.
23. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with Laser-activated Irrigation. *J Endod.* 2018;44(11):1697-1701.
24. Brandy JE, Humiston GE. Cinética Química. In: Brandy JE, Humiston GE. Química Geral. 2nd ed. Livros técnicos e científicos editora; 1986. p.454-74.
25. Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci.* 2005;20(2):99-103.
26. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 1984;55(6):629-631.

27. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J*. 1988;33(3):193-200.
27. Gutknecht N, Al-Karadaghi TS, Al-Maliky MA, Conrads G, Franzen R. The Bactericidal Effect of 2780 and 940 nm Laser Irradiation on *Enterococcus faecalis* in Bovine Root Dentin Slices of Different Thicknesses. *Photomed Laser Surg*. 2016;34(1):11-16.
28. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent*. 2008;36(7):529-534.
29. Yamazaki R, Goya C, Yu DG, Kimura Y, Matsumoto K (2001) Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on root canal walls: a scanning electron microscopic and thermographic study. *J Endod* 27:9–12.
30. Faria MI, Sousa-Neto MD, Souza-Gabriel AE, Alfredo E, Romeo U, Silva-Sousa YT. Effects of 980-nm diode laser on the ultrastructure and fracture resistance of dentine. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):275-280.
31. Karatas E, Arslan H, Topcuoglu HS, Yilmaz CB, Yeter KY, Ayranci LB. The Effect of Diode Laser With Different Parameters on Root Fracture During Irrigation Procedure. *Artif Organs*. 2016;40(6):604-609.
32. Soares CJ Pizi ECG, Fonseca RB, Martins LRM. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res*. 2005;19:11-6.
33. Karapinar Kazandag M1, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems *Int Endod J*. 2009 Aug;42(8):705-10.
34. Apicella MJ1, Loushine RJ, West LA, Runyan DA. A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. *Int Endod J*. 1999 Sep;32(5):376-80.
35. Hmud R, Kahler WA , Walsh LJ . Temperature changes accompanying near infrared diode laser endodontic treatment of wet canals. *J Endod* 2010 ; 36: 908–911.
36. Al-Karadaghi TS, Gutknecht N, Jawad HA, Vanweersch L, Franzen R. Evaluation of Temperature Elevation During Root Canal Treatment with Dual Wavelength Laser: 2780 nm Er,Cr:YSGG and 940 nm Diode. *Photomed Laser Surg* [Internet]. 2015 Sep;33(9):460–6.
37. Franziska Beer, Eleftherios Terry R. Farmakis, Josip Kopic, Christoph Kurzmann, and Andreas Moritz. Temperature Development on the External Root Surface During Laser-Assisted Endodontic Treatment Applying a Microchopped Mode of a 980 nm Diode Laser. *Photomedicine and Laser Surgery* Vol. 35, No. 4.

38. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J*. 1988;33(3):193-200.
39. MarcoZeltner, OveA.Peters, FrankPaque. Temperature Changes During Ultrasonic Irrigation with Different Inserts and Modes of Activation. *Journal of Endodontics* Volume 35, Issue 4, April 2009, Pages 573-577.
40. Ahmad M. Measurements of temperature generated by ultrasonic file in vitro. *Endod Dent Traumatol*. 1990;6(5):230-231.
41. de Groot SD, Verhaagen B, Versluis M, Wu M-K, Wesselink PR, van der Sluis LWM. Laser-activated irrigation within root canals: cleaning efficacy and flow visualization. *Int Endod J*. 2009 Dec;42(12):1077–83.
42. Lima Nogueira BM, da Costa Pereira TI, Pedrinha VF, de Almeida Rodrigues P. Effects of Different Irrigation Solutions and Protocols on Mineral Content and Ultrastructure of Root Canal Dentine. *Iran Endod J*. 2018 Spring;13(2):209-215.
43. Ertuğrul Karataş Hakan Arslan Hüseyin Sinan Topçuoğlu Cenk Burak Yılmaz Kübra Yesildal Yeter Leyla Benan Ayrancı. The Effect of Diode Laser With Different Parameters on Root Fracture During Irrigation Procedure. Volume40, Issue6. June 2016. Pages 604-609.
44. Lam PP, Palamara JE, Messer HH. Fracture strength of tooth roots following canal preparation by hand and rotary instrumentation. *J Endod* 2005;**31**:529–532.
45. Perinka L, Sano H, Hosoda H. Dentin thickness, hardness, and Ca-concentration vs. bond strength of dentin adhesives. *Dent Mater* 1992;**8**:229–233.
46. Arslan H, Yeter KY, Karatas E, Yilmaz CB, Ayranci LB, Ozsu D. Effect of agitation of EDTA with 808-nm diode laser on dentin microhardness. *Lasers Med Sci* 2015;**30**:599–604.
47. Al-Omari WM, Palamara JE. The effect of Nd:YAG and Er,Cr:YSGG lasers on the microhardness of human dentin.. *Lasers Med Sci*. 2013 Jan;28(1):151-6.

3.2 Artigo 2*

Efeito da agitação do EDTA por meio ultrassônico ou pelo laser diodo de alta potência quanto extrusão apical e variação de pH na estrutura dentinária

RESUMO

Objetivo: O objetivo desse estudo foi avaliar a variação do pH na estrutura dentinária radicular diante de protocolos de limpeza final do tratamento endodôntico através da agitação do EDTA com dois diferentes tipos de lasers de diodo de alta potência, comparando-os com os métodos de agitação convencional e com o ultrassom. **Material e Métodos:** Foram analisadas 60 raízes de unirradiculadas de pré-molares (n=10) pré-selecionadas por meio de radiografia digital. Os canais foram preparados com lima K#15, K#20 e o sistema Reciproc R25, R40 e R50, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação durante o preparo utilizando NaOCl a 2,5%. Os dentes foram distribuídos aleatoriamente em 6 grupos: AD- água destilada (controle), CV- inundação com EDTA 17% e agitação com lima K #50, PUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (*Passive ultrasonic irrigation*-PUI), PUI/CUI- inundação com EDTA 17% agitado com ultrassom (PUI) e irrigação com água destilada, agitado novamente com ultrassom (*Continuous ultrasonic irrigation*-CUI), TL- inundação com EDTA 17% agitado com laser diodo Thera Lase Surgery, e GE- EDTA 17% agitado com laser diodo Gemini. Após irrigação final, todos os dentes foram irrigados com água destilada para remoção do EDTA. A extrusão apical foi obtida por tubos ependorfs fixados abaixo do forame apical. Os tubos foram pesados com a balança analítica Ohaus, previamente e posteriormente ao protocolo de irrigação. E a diferença obtida foi analisada pelos testes ANOVA um fator, teste pós-hoc de Games - Howell. e teste de Shapiro Wilk e Levene.. A análise de pH foi realizada após a inserção da pasta de hidróxido de cálcio (CALEN- SS White) e após os protocolos de limpeza final. Os pHs foram aferidos imediatamente após os protocolos de agitação e após 3, 7, 14, 21 e 28 dias, através de desgastes proximais na superfície externa da raiz e com phmetro PH60 Apera. Os testes utilizados foram ANOVA três fatores mista, teste de pós-hoc de Bonferroni, teste de Shapiro Wilk e Levene. **Resultados:** O PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, sendo estatisticamente significativa, a exceção do grupo controle. O método PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical. Os resultados obtidos na variação de pH mostraram que o Grupo TheraLase mostrou valores de estatisticamente similares aos grupos Gemini, PUI e PUI/CUI nos terços cervical e médio. No terço apical o grupo PUI/CUI apresentou o maior valor de pH quando comparados com os outros grupos, exceto com o grupo PUI, que apresentou valores similares. Conclui-se que o grupo que apresentou melhores resultados na análise de pH foram o PUI e o PUI com CUI, porém sem diferenças estatísticas dos lasers Gemini e Thera Lase.

Palavras chave: Lasers de diodo, hidróxido de cálcio, concentração de íons de hidrogênio, extrusão apical, ultrassom.

* Artigo escrito segundo normas do periódico *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy* para o qual pretende-se submeter.

Introdução

O preparo biomecânico é muito importante para o sucesso do tratamento endodôntico, pois é fundamental no processo de eliminação dos micro-organismos, e pode ser feito com instrumentos manuais e/ou mecanizados, porém é incapaz de eliminar completamente as bactérias ali presentes no sistema de canais radiculares^{1, 2}. Esse sistema é composto por túbulos dentinários e inúmeras ramificações, dentre outras variações³.

As bactérias têm a capacidade de penetrar profundamente nos túbulos dentinários, dificultando também a ação de soluções irrigadoras, como EDTA e NaOCl, que agem por contato direto e são incapazes de penetrar profundamente nessas estruturas⁴.

A limpeza final dos canais radiculares após o preparo biomecânico e antes da obturação ou da medicação intracanal tem extrema importância para melhor difusão do curativo de demora ou adesão do cimento obturador⁵ nos túbulos dentinários.

A solução mais utilizada para irrigação dos canais radiculares, é o hipoclorito de sódio⁶, devido à sua excelente capacidade bactericida⁷ e capacidade de dissolução de tecido orgânico⁸, e o EDTA, o ácido etilenodiaminotetracético, proposto por NYgaard-Ostby (1963), que é um quelante, o qual reage com os íons cálcio na dentina, formando os quelatos de cálcio solúveis⁹, e com isso remove a smear layer¹⁰. Apesar de Von de Fehr e Nygaard Ostby¹¹ também relatarem que o EDTA oferece grande eficiência no tratamento dentinário, em estudo posterior,¹² I relatam que o efeito quelante era quase insignificante no terço apical dos canais radiculares.

A camada de smear layer tende a obliterar os túbulos dentinários na parede do canal radicular após o preparo mecânico, impedindo a difusão do curativo de demora e escoamento do cimento endodôntico, mantendo bactérias e seus subprodutos presentes⁵.

A agitação dessas substâncias pode otimizar a remoção de debris e restos pulpares presentes, alcançando áreas não tocadas durante o preparo mecânico¹⁶. Diversos métodos têm sido propostos para realizar essa agitação, entre eles, o ultrassom¹⁴ e o laser de alta potência¹⁵.

A agitação com o ultrassom, produz uma energia é transmitida por meio de ondas ultrassônicas formando um fluxo acústico e cavitação do irrigante¹⁶. Técnicas utilizando o ultrassom vem sendo utilizadas e relatadas na literatura com taxas interessantes de sucesso²². Em contraste, outros pesquisadores encontraram a preparação ultrassônica incapaz de remover a camada de smear layer¹⁸, principalmente no terço apical do canal radicular devido a anatomia, deltas apicais, istmo estreito e canais laterais¹⁹. A dificuldade de limpeza do terço apical pode estar relacionada com ajuste do aparelho para o emprego de potência entre 10% e 20%²⁰.

A irrigação ultrassônica passiva – PUI²¹, é a técnica mais difundida quanto à agitação ultrassônica, e se mostra importante para a limpeza do sistema de canais radiculares quando comparado com a irrigação tradicional com seringas, promovendo maior remoção da camada de smear layer,¹⁴. Existe também a irrigação ultrassônica contínua (CUI), que consiste em uma técnica que promove igualmente os fenômenos físicos decorrentes da corrente e cavitação microacústica. No entanto, pelo fato da CUI permitir um fluxo contínuo do irrigante para o canal, este pode favorecer a limpeza do principal e do terço apical^{20, 22}.

A agitação de substâncias irrigadoras com os lasers de alta potência e fibras ópticas flexíveis de pequeno diâmetro têm atraído atenção na limpeza final.

O comprimento de onda dos lasers, potência, modo de irradiação, tempo de exposição e tipo de tecido alvo são fatores importantes e que podem levar a diferentes efeitos²⁶. A irradiação com laser em modo contínuo gera mais calor quando comparado com o modo pulsado²⁷.

O meio ativo do laser de diodo é um semicondutor de estado sólido feito arseneto de gálio e alumínio, que produz comprimentos de onda dentro do espectro do infravermelho próximo, entre 808 e 980 nm²². Os dois aparelhos de lasers utilizados nesse estudo, foram de diodo, o laser Gemini, e o TheraLase Surgery. Dentre os aparelhos de laser diodo, o laser Gemini (Ultradent, South, Jordan, UT, EUA) é um laser de emissão pulsada de energia e possui dois comprimentos de onda, que podem ser empregados simultaneamente ou não, sendo 810nm mais eficaz em melanina, e 980nm, com excelente absorção de água. Já o TheraLase, (DMC, São Carlos, Brasil), possui o único comprimento de onda de 808nm, sua potência varia de 100m W a 5W, e ambos têm a opção do modo de aplicação pulsado, chaveado ou contínuo.

Resultados promissores na remoção da smear layer utilizando os lasers na agitação do EDTA tem sido demonstrados^{24,29,30}, isso porque os lasers tendem a agitar a solução e induzir o fenômeno de ablação que consiste em uma vaporização e movimentação da solução irrigadora, resultando numa melhor limpeza da camada inorgânica⁹. O aquecimento do líquido no interior do canal radicular também irá potencializar o efeito do EDTA na superfície dentinária³¹.

Essa movimentação pode aumentar o risco de extrusão da solução para a região apical³². O emprego dos lasers Er: YAG e Er, Cr: YSGG na agitação de soluções irrigadoras auxilia de forma marcante na limpeza dos canais radiculares, mas também aumenta a extrusão da solução irrigadora pelo ápice³³. Avaliação da extrusão apical, com o hipoclorito de sódio ativado pelo laser de Nd: YAG, laser diodo, ultrassom, e seringa não ativada foi realizada, e mostrou que não houve diferença entre a PUI e os lasers³⁴. Também foi estudado o emprego dos lasers Er: YAG e Er, Cr: YSGG e com soluções irrigadoras, e foi relatado aumento na extrusão da solução pelo ápice em relação ao método convencional³⁵.

A energização das substâncias irrigadoras já mostrou que a movimentação física da solução irrigadora melhora a limpeza do sistema de canais radiculares³⁶, facilitando conseqüentemente, a difusão do curativo de demora.

Curativo com hidróxido de cálcio já está bem descrito na literatura quanto ao seu efeito benéfico^{6, 37, 38}, mas as substâncias irrigadoras, possuem um papel importante tanto durante o preparo biomecânico quanto na limpeza final, após o preparo biomecânico, e auxiliam na difusão do curativo hidróxido de cálcio pelo sistema de canais radiculares. A melhora na difusão dos íons hidroxila do interior do canal radicular através dos túbulos dentinários é fator de extrema importância para o combate à infecção³⁹. Quanto mais alto for o pH e maior o tempo de permanência em meio alcalino, maior será a eliminação bacteriana⁴⁰. Um modelo experimental foi estabelecido para estudar a difusão de íons cálcio do canal após limpeza final, e as análises das concentrações de íons cálcio das amostras revelaram que os espécimes de dentina variaram em suas taxas de difusão de cálcio e que o tratamento dos canais com agentes irrigantes quelantes afetou as quantidades de cálcio recuperadas, sugerindo possível bloqueio na difusão do curativo, decorrente da reação entre o cálcio oriundo do curativo com o resíduo da solução quelante³⁹. Essa hipótese foi reforçada, com aplicação do curativo intra-canal de hidróxido de cálcio após a limpeza final dos canais radiculares utilizando o ultrassom, em

comparação com o emprego de solução de EDTA com seringa convencional, e obteve índices mais elevados de alcalinização dentinária mais distante da luz do canal⁴¹.

Assim, é vista como oportuna a avaliação da difusão do curativo de hidróxido de cálcio, da extrusão apical das soluções irrigadoras, decorrentes da ativação da solução quelante (EDTA), pelo laser diodo de alta potência, frente ao ultrassom empregado passivamente e continuamente, assim como pela irrigação convencional.

Material e Métodos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, e está de acordo com as regulamentações sobre pesquisas com seres humanos (Resolução nº466 de 12/12/2012).

Foram utilizados 60 pré-molares inferiores, unirradiculados, com raízes retas, com rizogênese completa e com tamanho radicular superior a 16mm doados do banco de dentes humanos da Faculdade de Odontologia de Araraquara. Os dentes foram pré selecionados e examinados com auxílio de lupa (aumento de 10x) e com radiografia digital digital Kodac RVG 5100.

Os dentes foram limpos e esterilizados em autoclave a 121°C por 20 minutos. Em seguida, as coroas foram seccionadas usando disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), padronizando as raízes em 16mm.

O estabelecimento do comprimento real de trabalho (CRT) foi realizado com uma lima LK 10 inserida até o forame e recuo de 1 mm do forame apical. Todos os dentes utilizados tiveram os instrumentos apicais iniciais (IAI) entre LK 20 e LK30. O preparo biomecânico foi realizado no CRT inicialmente com limas manuais LK 20 e LK25 e LK30, de acordo com o IAI de cada dente, e posteriormente a sequência das limas recíprocante R25, R40 e R50 (VDW CO. München, Alemanha). A solução irrigadora durante o preparo foi o hipoclorito de sódio a 2,5% (Asfer -SP).

Após o preparo biomecânico os espécimes foram divididos aleatoriamente nos 6 seguintes grupos, (n=10), (Quadro 1):

Grupos	Protocolos de Limpeza final
Grupo AD	Irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos.

Grupo CV	Inundação com EDTA 17%, agitação com lima K#50 durante 3 minutos, Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada por 40 segundos
Grupo PUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação ultrassônica Passiva (PUI) por 30 segundos, irrigação/aspiração com 5mL água deionizada por 40 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo PUI/CUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) 30 segundos, mais água deionizada energizado com Irrigação Ultrassônica Contínua (CUI) com água deionizada por 15 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo TL	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Diodo Thera Laser Surgery, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.
Grupo GE	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Gemini, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.

O EDTA utilizado foi o (EDTA - Asfer Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil). O laser diodo (Thera Lase Surgery, DMC, Brasil) foi utilizado com 808 nm e potência de 2.8 W no modo pulsado com 20 pps, e o laser diodo LASER GEMINI (ULTRADENT) de 808 e 910 nm e potência de 2 W no modo pulsado com 20 pps. Os movimentos realizados foram helicoidais, alternando-se sentido horário e sentido anti-horário.

A seringa Navitip, foi inserida sempre a 2mm do CRT. O ultrassom utilizado foi o Newtron P5 Bled (Acteon, Paris, França), aplicado na potência de 30%, com o inserto Ultrawave NitiSonic (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) a 2mm do CRT.

Extrusão apical da solução irrigadora

Após o preparo biomecânico, os espécimes foram posicionados em um suporte, confeccionado com bloco acrílico na base, uma haste de madeira no qual a raiz foi presa por uma fita dupla face (3M-ESPE, St Paul, MN, EUA) e um tubo ependorf anteriormente pesado, identificado e fixado de forma alinhada e centralizada logo abaixo do forame apical, para coletar a solução extravasada durante os procedimentos relativos a cada um dos grupos. Um lençol de borracha padronizado em 4x4mm foi fixado com Top Dam (FGM – Joinville, SC) na cervical do espécime (Figura 8-C), para evitar que a solução extravasada pela cervical, também caia no tubo ependorf. Após cada procedimento, o ependorf foi novamente pesado em balança analítica (Ohaus AR2140 de 210gx 0,0001g, (Adventurer) (CORPORAÇÃO-OHAUS. Barueri – SP). Após a coleta, a diferença entre as

pesagens inicial e final foi calculada para cada um dos grupos de tratamento dentinário final.

Análise estatística

Para avaliar se o método utilizado (grupos) influenciou significativamente a extrusão apical (gr) recorreu-se ao teste paramétrico de ANOVA um fator, seguido da comparação múltipla das médias pelo teste pós-hoc de Games - Howell. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INc. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Análise da difusão do hidróxido de cálcio

Após, cada um dos procedimentos de limpeza final dos canais radiculares e secagem com pontas de papel absorvente (Tanariman Industrial Ltda – Manaus, AM, Brasil), os espécimes preenchidos com uma pasta Calen (SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), à base de hidróxido de cálcio (2,5 g de HC, 1 g de óxido de zinco pa, 0,05 g de colofônia, 2 ml de polietilenoglicol 400, com a seringa ML (SS WHITE DUFLEX, São Cristovão, RJ, Brasil) e agulha Septoject longa XL 27G (SEPTODONT Ltda, Saint-Maur-des-Fossés, França), a ponta da agulha foi ajustada a 1mm do comprimento de trabalho. As aberturas cervicais e apicais (forame) foram seladas com resina composta Z-250 Filtek Z250 (3M-ESPE, St Paul, MN, EUA), e as raízes foram armazenadas em uma incubadora a 37° C, imersas em água destilada.

O Calen foi mantido por um total de 28 dias no interior dos canais radiculares, sendo que com 14 dias foi realizada uma troca desse curativo. Com o pHmetro (PH60S Premium Spear pH Pocket Tester – Apera Instruments, Ohio, USA), foi medido o pH da superfície radicular a 3mm, 8mm e 14mm do ápice, posicionando o pHmetro em contato direto e perpendicularmente à superfície do desgaste feito na face mesial da raiz em cada um dos terços. Os valores de pH foram aferidos imediatamente e após 3, 7, 14, 21 e 28 dias da primeira inserção do Calen.

Análise estatística

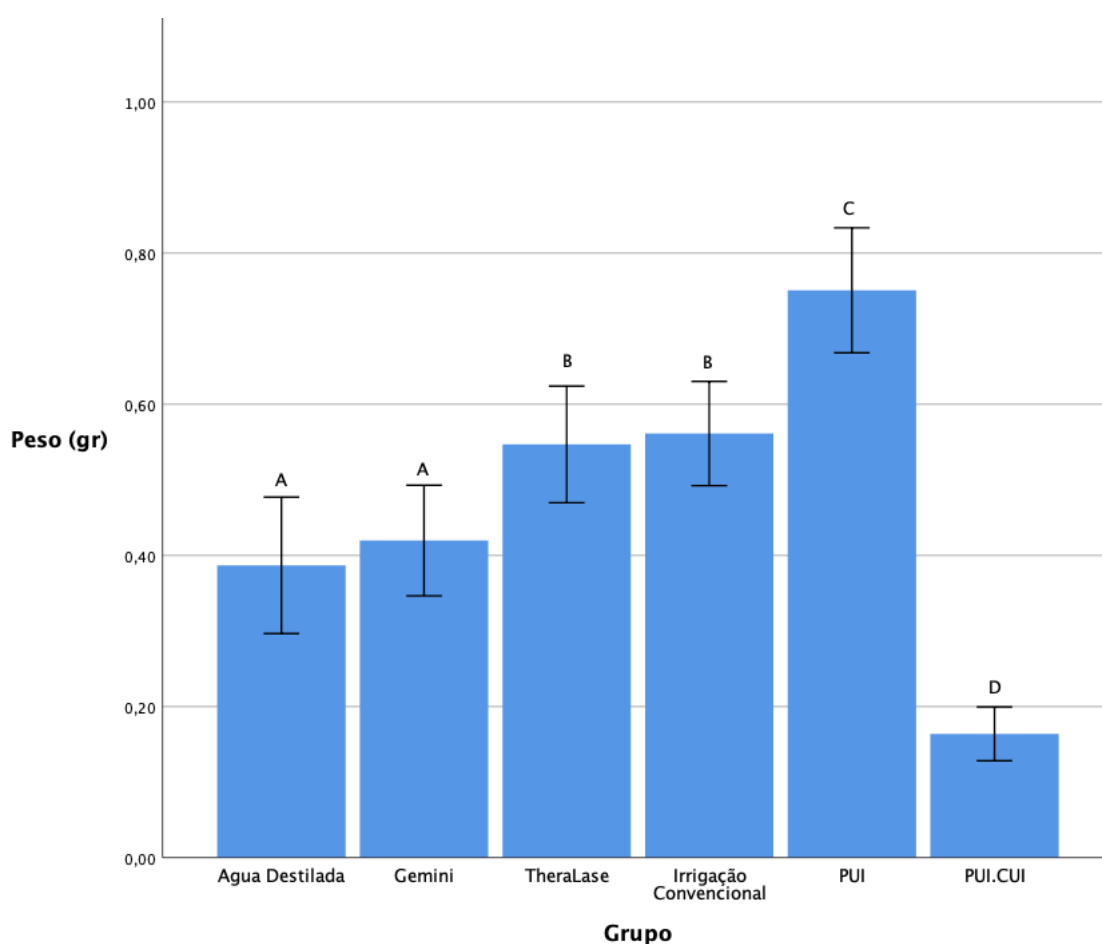
Para avaliar se o tempo (dias) influenciou significativamente no pH em relação ao tipo de tratamento e terço apical, recorreu-se ao teste paramétrico de ANOVA três fatores mista, seguido do teste de pós-hoc de Bonferroni para comparação múltipla das médias. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05. A tabela 1 mostra os dados descritivos para todos os grupos testados em relação ao tempo, tratamento e terço dental.

Resultados

Extrusão Apical

De acordo com a comparação múltipla das médias, o método PUI/CUI apresentou estatisticamente a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, com a exceção do grupo controle. O método PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical. (Figura 1).

Figura 1. Distribuição da extrusão apical (gr) de acordo com cada método de tratamento. Letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com teste de ANOVA ($p < 0,001$) seguido das comparações múltiplas das médias pelo teste de pós-hoc de Games-Howell para $\alpha = 0,05$.



Variação de pH

Os resultados mostraram que quanto maior o tempo os valores de pH aumentam para todos os tratamentos testados, sendo estatisticamente significativo ($p < 0,05$).

No dia 1, os valores de pH de todos os grupos se encontravam por volta de 7,0 ($p > 0,05$).

No dia 3, o maior valor de pH encontrado deu-se no grupo PUI/CUI o qual obteve diferença estatística em relação aos demais grupos ($p < 0,05$). Valores intermediários foram oferecidos pelos grupos PUI e TheraLase e estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$), e os menores valores de pH deu-se nos grupos controle, irrigação convencional, e Gemini, também com resultados estatísticos semelhantes ($p > 0,05$).

No dia 7, o grupo irrigação convencional passou a apresentar valores mais altos de pH ($p < 0,05$) em relação ao grupo controle, mas ambos valores abaixo dos demais grupos, dos quais, o Gemini mostrou os menores valores ($p < 0,05$), e os maiores com o Grupo Thera, PUI e PUI/CUI, dentre os quais não houve diferença estatística ($p > 0,05$), e com diferença significativa para os demais grupos ($p < 0,05$).

No dia 14, o grupo controle, apesar de praticamente não sofrer alteração significativa de pH, aumentou a diferença para o grupo da irrigação convencional ($p < 0,05$), demonstrando o efeito benéfico do EDTA em relação à água deionizada nesse período, mas oferecendo valores estatisticamente inferiores aos dos grupos Gemini e TheraLase. Já os grupos, PUI e PUI/CUI obtiveram os valores significativamente mais altos de pH em relação aos demais grupos ($p < 0,05$).

No dia 21, o grupo controle também subiu levemente, e continuou com diferença estatística com o grupo de irrigação convencional ($p < 0,05$), o qual também foi diferente estatisticamente com o grupo Gemini ($p < 0,05$), e esse com valores menores ($p < 0,05$) que o Laser TheraLase, PUI e PUI/CUI, os quais alcançaram os maiores valores de pH ($p < 0,05$), e sem diferença estatística entre si ($p > 0,05$).

Em 28 dias, a maior variação estatística foi do grupo PUI/CUI quando comparado com os demais grupos, e foi o grupo que alcançou os maiores valores de

pH, seguido do grupo PUI, porém diferente estatisticamente ($p < 0,05$), seguido pelo grupo TheraLase, Gemini, irrigação convencional, e controle ($p < 0,05$).

A Tabela 1 demonstra o efeito da interação sobre os dois fatores avaliados (Tempo*Tratamento).

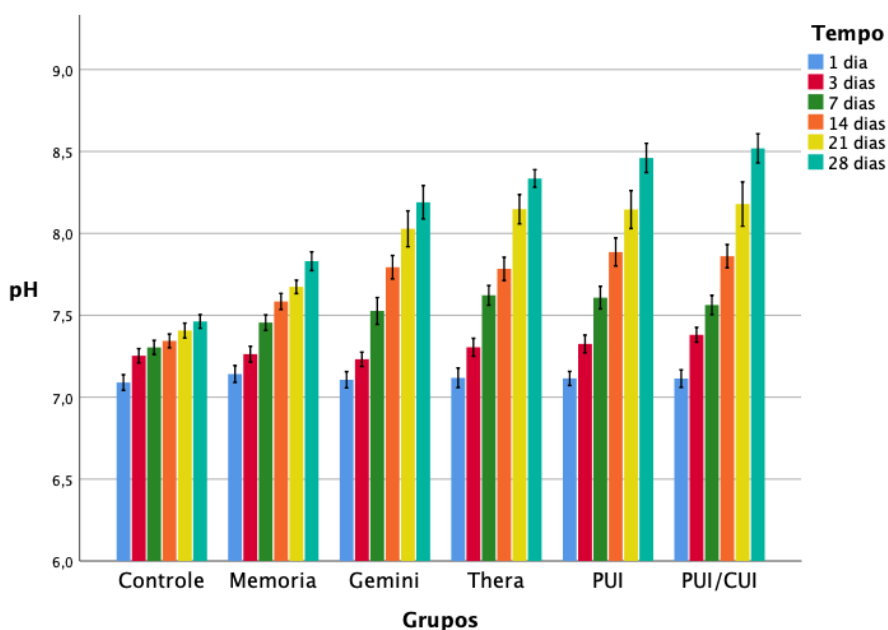
Tabela 1. Comparações múltipla das médias e desvio padrão do pH em relação ao tempo para todos os tratamentos testados

Tratamentos	Tempo											
	1 dia		3 dias		7 dias		14 dias		21 dias		28 dias	
Controle	7,09	0,05 Aa	7,25	0,04 Ba	7,30	0,04 Ca	7,34	0,04 Da	7,41	0,05 Ea	7,46	0,04 Fa
Memória	7,14	0,05 Ab	7,26	0,05 Ba	7,46	0,05 Cb	7,58	0,05 Db	7,67	0,04 Eb	7,83	0,06 Fb
Gemini	7,11	0,05 Aab	7,23	0,04 Ba	7,53	0,08 Cce	7,79	0,07 Dc	8,03	0,11 Ec	8,19	0,10 Fc
Thera	7,12	0,06 Aab	7,31	0,06 Bb	7,62	0,06 Cd	7,78	0,07 Dc	8,15	0,09 Ed	8,34	0,05 Fd
PUI	7,12	0,04 Aab	7,33	0,05 Bb	7,61	0,07 Cde	7,89	0,09 Dd	8,15	0,12 Ed	8,46	0,09 Fe
PUI/CUI	7,11	0,05 Aab	7,38	0,05 Bc	7,56	0,06 Ce	7,86	0,07 Dd	8,18	0,14 Ed	8,52	0,09 Ff

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido vertical (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$).

A Figura 2 mostra as médias e desvio padrão do pH nos diferentes tempos para todos os tratamentos testados.

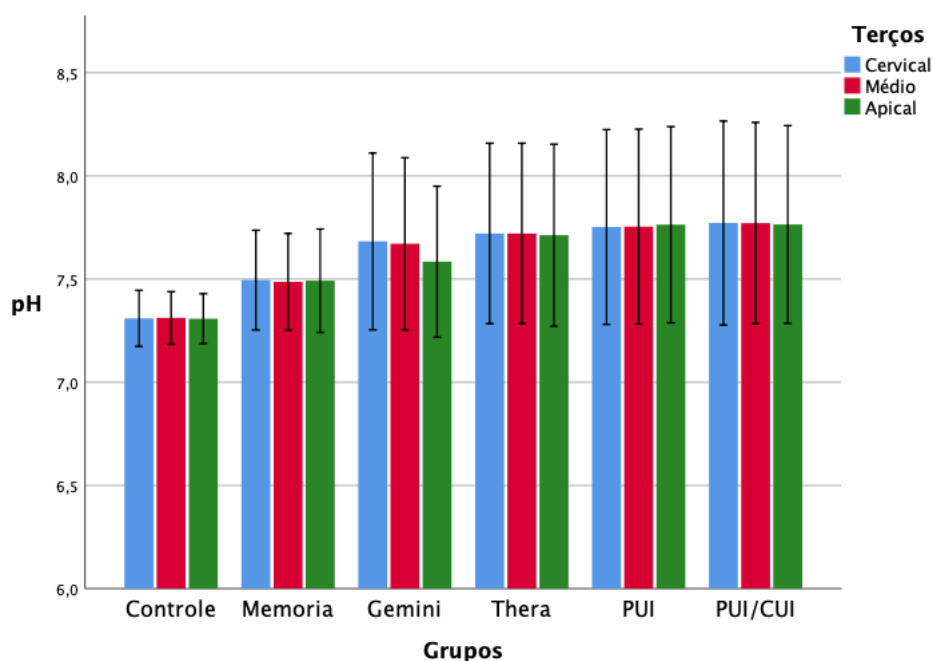
Figura 2- Médias e desvio padrão do pH nos diferentes tempos para todos os tratamentos testados.



Em relação a influência dos diferentes tratamentos nos terços radiculares, o Grupo Thera mostrou valores de pH estatisticamente similares aos grupos Gemini, PUI e PUI/CUI nos terços cervical e médio em 28 dias. No terço apical o grupo PUI/CUI apresentou o maior valor de pH quando comparado com os outros grupos, exceto com o grupo PUI, que apresentou valores semelhantes em 28 dias. ($p>0,05$).

Na figura 3 abaixo, está mostrando que não teve diferença estatística entre os terços, ou seja, os protocolos limpam por igual, no terço cervical, médio e apical.

Figura 3- Médias e desvio padrão do pH nos diferentes terços radiculares considerando todos os períodos de estudo para todos os tratamentos testados.



Discussão

Como intuito de aumentar o sucesso do tratamento endodôntico, principalmente diante um quadro de necrose pulpar, é necessária a diminuição significativa de microrganismos no interior dos canais radiculares⁴². Para isso, o preparo biomecânico, por meio de instrumentos, que podem ser as limas manuais

convencionais ou mecanizadas, em conjunto com a ação física e química das soluções irrigadoras, têm papéis fundamentais no processo de redução microbiana, mesmo que muitas vezes não elimine por completo os microrganismos presentes no sistema de canais radiculares, possa, ao menos, criar condições para que o curativo de demora e o material obturador exerçam seus respectivos papéis^{43,44}.

A irrigação do canal radicular apresenta um risco de extrusão de irrigante para os tecidos periapicais e consequências danosas ao paciente³², por esse motivo o presente estudo também avaliou a extrusão apical das soluções irrigadoras juntamente com os detritos teciduais decorrentes do preparo biomecânico, já que os diferentes protocolos de limpeza final estudados promovem maior agitação da solução irrigadora em relação ao método convencional com o instrumento memória. A irrigação por agulhas convencionais, é o método mais realizado pelos endodontistas, porém é incapaz de alcançar todas as paredes do canal radicular com a devida eficácia, e essa dificuldade aumenta quando é mais nítida em estudos avaliando o terço apical⁴⁵. Diante desse fato, diversos métodos têm sido propostos para se melhorar os efeitos de limpeza da solução irrigadora por meio de uma maior agitação, entre eles, o ultrassom²² e o laser de alta potência²⁹, que, ao passo que tornam a agitação da solução mais enérgica traria como consequência maior risco de extrusão apical.

No presente estudo, foi constatado que, os grupos do laser Gemini, TheraLase, irrigação convencional e PUI, não ofereceram diferenças estatísticas entre eles, e tiveram diferença em relação ao grupo controle sem agitação e PUI/CUI, que foi o grupo que menos extravasou. Os menores índices por parte da PUI/CUI ocorreu provavelmente devido à irrigação com água deionizada após a agitação ultrassônica (PUI), haver ocorrido também com o ultrassom e seu próprio sistema de irrigação (CUI), cujo inserto Irrisafe, utilizado nesse estudo, possui a saída da solução irrigadora em seu intermediário, e não em sua extremidade, como numa agulha de irrigação, permitindo que a solução irrigadora seja lançada de encontro às paredes do canal radicular pela vibração da ponta ultrassônica antes de alcançar sua ponta e não determinando a pressão positiva própria de uma agulha de irrigação, resultando em menos substância extravasada para o ápice.

O grupo PUI foi o grupo que mais extravasou solução pelo ápice, porém não mostrando diferença estatística com os outros grupos que como nesse protocolo empregaram a seringa e agulha convencionais para a irrigação com água

deionizada entre as ativações dos respectivos aparelhos, independentemente de ser laser ou ultrassom e extravasando significativamente maior que a do protocolo PUI/CUI. Daí, compreende-se que o tipo de irrigação entre ativações foi o fator determinante no extravasamento e não o princípio de ativação do EDTA.

Alguns autores relataram extravasamento de solução pelo ápice ao utilizar o laser na agitação da solução irrigadora³³. Da mesma forma, a literatura relata índices semelhantes de extravasamento em relação à técnica convencional⁵⁹, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, onde os lasers Gemini e TheraLase, não extravasaram mais solução irrigadora, com os protocolos de aplicação realizados em comparação com todos os grupos, mostrando-se seguros e equivalentes às outras técnicas propostas.

Na complexidade das infecções endodônticas, os microorganismos presentes são diversificados e incluem gram-positivos, gram-negativos, aeróbios e principalmente anaeróbios⁴⁷. As bactérias gram negativas, têm vários fatores de virulência, entre eles o lipopolissacarídeos (LPS)⁴⁸ qual estimula a reabsorção óssea, atuando na síntese e liberação de citocinas, que ativam os osteoclastos, que promovem as reabsorções ou lesões periapicais⁴⁹.

A permanência de microorganismos após o tratamento endodôntico, é um dos fatores que podem levar ao fracasso. *Enterococcus faecalis* são cocos gram-positivos facultativos e é um dos principais microorganismos responsáveis pela falha no tratamento⁶⁵, mostrando-se resistentes até a pHs alcalinos⁵⁰.

O hidróxido de cálcio, hidrolisa o lipídio A, que é a parte tóxica da endotoxina^{51,52}. Medicamentos intracanal à base de hidróxido de cálcio são recomendados para diversas situações clínicas, incluindo tratamento da periodontite apical^{43,44,47}. Tentativas de aumentar a eficácia das pastas de hidróxido de cálcio foram propostas com a adição de produtos químicos como p-monoclorofenol canforado⁵³.

Um estudo comparando o efeito do Calen e do Calen PMCC na eliminação de enterococos⁵⁴, demonstrou próximo de 100% de eliminação para o Calen PMCC e 70% para o Calen em 14 dias.

As pastas à base de hidróxido de cálcio têm a capacidade fornecer alcalinização da dentina e resultados clínicos desejados⁵⁶. Diante disso, avaliamos no presente estudo a difusão de íons OH⁻ através da dentina radicular com a inserção da pasta Calen após os protocolos de limpeza final testados, e verificou-se que todos os grupos tiveram aumento do pH ao decorrer dos dias. No presente

estudo, utilizamos o Calen, devido ao PMCC atualmente ser contestado como medicação intracanal⁵⁵.

Não foi notado diferença estatística entre os terços de nenhum dos grupos, o que sugere que a pasta Calen agiu igualmente em todos o segmento do canal radicular, devido a uma adequada atuação do EDTA em todo o segmento do canal radicular, favorecida por uma maior ampliação canal que permitiria melhor fluxo da solução irrigadora^{18,19}. Esse resultado confronta pesquisas anteriores^{57,28}, que apesar dos altos valores de pH, a alcalinização foi mais lenta nas regiões apicais. Essa divergência pode ser justificada pelos espécimes e por terem sido instrumentados com instrumento de calibre 50⁵⁸. Os presentes achados estão de acordo com os resultados de Zampronio et al.⁴¹ encontrando valores similares de pH na superfície dentinária externa radicular em todos os terços após agitação ultrassônica da solução irrigadora.

Os resultados do presente experimento, no dia 1, os valores de pH de todos os grupos se encontravam por volta de 7,0 ($p>0,05$).

No dia 3, o maior valor de pH encontrado deu-se no grupo PUI/CUI o qual obteve diferença estatística em relação aos demais grupos ($p<0,05$). Valores intermediários foram oferecidos pelos grupos PUI e TheraLase e estatisticamente semelhantes entre si ($p>0,05$), e os menores valores de pH deira-se nos grupos controle, irrigação convencional, e Gemini, também com resultados estatísticos semelhantes ($p>0,05$).

No dia 7, o grupo irrigação convencional passou a apresentar valores mais altos de pH ($p<0,05$) em relação ao grupo controle, mas ambos valores abaixo dos demais grupos, dos quais, o Gemini mostrou os menores valores ($p<0,05$), e os maiores com o Grupo Thera, PUI e PUI/CUI, dentre os quais não houve diferença estatística ($p>0,05$), e com diferença significativa para os demais grupos ($p<0,05$).

No dia 14, o grupo controle, apesar de praticamente não sofrer alteração significativa de pH, aumentou a diferença para o grupo da irrigação convencional ($p<0,05$), demonstrando o efeito benéfico do EDTA em relação à água deionizada nesse período, mas oferecendo valores estatisticamente inferiores aos dos grupos Gemini e TheraLase. Já os grupos, PUI e PUI/CUI obtiveram os valores significativamente mais altos de pH em relação aos demais grupos ($p<0,05$). Entretanto, nenhum dos grupos alcançou índices esperados de pH para justificar o emprego do calen por um período de 14 dias para que atue na desinfecção do

sistema de canais radiculares, diferentemente dos achados de Zamprônio et al.⁴¹ que empregando a mesma metodologia com medições na superfície dentinária radicular externa, apresentaram índices mais altos de pH, mas empregando o Calen PMCC.

No dia 21, o grupo controle também subiu levemente, e continuou com diferença estatística com o grupo de irrigação convencional ($p < 0,05$), o qual também foi diferente estatisticamente com o grupo Gemini ($p < 0,05$), e esse com valores menores ($p < 0,05$) que o Laser TheraLase, PUI e PUI/CUI, os quais alcançaram os maiores valores de pH ($p < 0,05$), e sem diferença estatística entre si ($p > 0,05$).

Em 28 dias, a maior variação estatística foi do grupo PUI/CUI quando comparado com os demais grupos, e foi o grupo que alcançou os maiores valores de pH, seguido do grupo PUI, porém diferente estatisticamente ($p < 0,05$), seguido pelo grupo TheraLase, Gemini, irrigação convencional, e controle ($p < 0,05$). Esses achados podem ser correlacionados com os relatos de Castelo et al.²⁰ que encontraram com a CUI melhor remoção da camada smear layer do que a PUI. Tais resultados podem ser explicados pelos relatos de Deardorf et al.⁵⁹, sugerindo que o EDTA residual poderia quelar os íons cálcio do curativo, vindo a dificultar sua difusão pelos túbulos dentinários e a energização promovida pela CUI com água deionizada pode ter determinado melhor remoção do EDTA, após sua agitação por meio da PUI, recurso não empregado no grupo PUI. Estudo posterior de Zamprônio et al.⁵⁴ também sugeriu atribuir a este fator índices mais elevados de alcalinização em regiões mais distantes da luz do canal quando a limpeza final foi realizada com a irrigação ultrassônica contínua empregando a água destilada ao invés do EDTA por três minutos.

Apesar dos índices não tão altos de alcalinização dentinária encontrados no presente estudo, constatou-se que as técnicas com o ultrassom, e com os lasers diodo utilizados permitiram melhor alcalinização dentinária, e mostram-se boas opções para a limpeza final dos canais radiculares.

As medições de pH nas superfícies externas não ultrapassaram o valor de 8,54, que foi o valor mais alto, alcançado no grupo PUI/CUI. E não atingiu valores mais alcalinos como os encontrados por Zamprônio et al.⁴¹ o qual alcançou o pH 10 em 14 dias, e permaneceu com esse valor até 30 dias: isso se deu provavelmente por não ter sido utilizado o PMCC associado com o Calen. Essa associação do paramonoclorofenol canforado com o hidróxido de cálcio demonstra ser eficaz na

difusão dos íons e aumento da alcalinidade por até 28 dias, situação que favorece a descontaminação endodôntica⁶⁰.

Conclusão

Com a metodologia empregada e as condições de realização desse estudo, bem como os resultados alcançados, permitem as seguintes conclusões:

O método PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, com exceção do grupo controle e o grupo PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical, porém sem diferença estatística com o grupo TheraLase, Gemini e convencional.

Na avaliação da difusão dos íons hidroxila o grupo que atingiu os maiores valores de pH em 3, 7, 14, 21 e 28 dias, foi o grupo PUI/CUI seguido pelo grupo PUI, TheraLase, Gemini, Irrigação convencional, e grupo controle.

Portanto concluímos os lasers testados não extravasaram mais solução irrigadora que as outras técnicas testadas e também obtiveram valores de pH próximos dos grupos PUI e PUI/CUI, os quais alcançaram os maiores valores de pH, e podem ser uma alternativa para a limpeza final dos canais radiculares.

REFERÊNCIAS

1. Neves MA, Provenzano JC, Rocas IN, Siqueira JF, Jr. Clinical Antibacterial Effectiveness of Root Canal Preparation with Reciprocating Single-instrument or Continuously Rotating Multi-instrument Systems. *J Endod*. 2016;42(1):25-29.
2. Kouchi Y, Ninomiya J, Yasuda H, Fukui K, Moriyama T, Okamoto H. Location of *Streptococcus mutans* in the dentinal tubules of open infected root canals. *J Dent Res*. 1980;59(12):2038-2046.
3. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1984;58(5):589-599.
4. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod*. 1997;23(12):725-727.
5. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002;94(6):658-666.
6. Siqueira JF, Jr., Araujo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod*. 1997;23(8):499-502.
7. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod*. 2006;32(6):527-531.
8. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J*. 2004;37(1):38-41.
9. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with Laser-activated Irrigation. *J Endod*. 2018;44(11):1697-1701.
10. Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J*. 2009;35(1):13-17.
11. von der Fehr FR, Östby BN. Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*. 1963;16(2):199-205.
12. Fraser JG. Chelating agents: their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1974;37(5):803-811.
13. Li-sha Gu, Jong Ryul Kim, Junqi Ling, Kyung Kyu Choi, David H. Pashley, e Franklin R. Tay. Review of Contemporary Irrigant Agitation Techniques and Devices. *Journal of Endodontics*, Volume 35, Issue 6, June 2009, Pages 791-804.

14. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-426.
15. Gutknecht N, Al-Karadaghi TS, Al-Maliky MA, Conrads G, Franzen R. The Bactericidal Effect of 2780 and 940 nm Laser Irradiation on *Enterococcus faecalis* in Bovine Root Dentin Slices of Different Thicknesses. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(1):11-16.
16. Leighton TG. *The Acoustic Bubble*, Chapters 1 and 2. 1 st ed. New York: Academic Press. 1994.
17. Martin H, Cunningham MJ. Endosonic endodontics, the ultrasonic synergistic system. In: Gerstein H, 1 st ed. *Techniques in Clinical Endodontics*. Philadelphia, PA, USA: WB Saunders, 1983, pg 316 - 22.
18. Goldberg F, Soares I, Massone EJ, Soares IM. Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(5):229-234.
19. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzoni A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod.* 2010;36(2):282-285.
20. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Cantatore G, Ruiz-Pinon M, Bahillo J, Rivas-Mundina B, Varela-Patino P. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. *J Endod.* 2012;38(5):688-691.
21. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-743.
22. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, van der Sluis LW. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2011;37(5):688-692.
23. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals- A Literature Overview. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8421656.
24. Arslan H, Ayranci LB, Karatas E, Topcuoglu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod.* 2013;39(12):1589-1592.
25. Pirnat S. Versatility of an 810 nm Diode Laser in Dentistry: An Overview. *J Laser Health Acad.* 2006;4.
26. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int.* 1997;28(3):205-209.

27. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent.* 2008;36(7):529-534.
28. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):124-132.
29. Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech.* 2009;72(1):22-27.
30. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(6):575-581.
31. Brandy JE, Humiston GE. Cinética Química. In: Brandy JE, Humiston GE. *Química Geral*. 2nd ed. Livros técnicos e científicos editora; 1986. p.454-74.
32. Ross P, Mitchell BS, Craig Baumgartner, Christine M, Sedgley. Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite Using Different Root Canal Irrigation Systems. Volume 37, Issue 12, December 2011, Pages 1677-1681.
33. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 2008;34(6):706-708.
34. Helvacioğlu Kivanc B, Deniz Arisu H, Yanar NO, Silah HM, Inam R, Gorgul G. Apical extrusion of sodium hypochlorite activated with two laser systems and ultrasonics: a spectrophotometric analysis. *BMC Oral Health.* 2015;15:71.
35. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 2008;34(6):706-708.
36. L.S. Gu, J.R. Kim, J. Ling, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35 (2009), pp. 791-804
37. Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifacio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod.* 2000;26(7):391-394.
38. Estrela C, Holland R. Calcium hydroxide: study based on scientific evidences. *J Appl Oral Sci.* 2003;11(4):269-282.
39. Deardorf KA, Swartz ML, Newton CW, Brown CE, Jr. Effect of root canal treatments on dentin permeability. *J Endod.* 1994;20(1):1-5.

40. Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifacio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod*. 2000;26(7):391-394.
41. Zampronio CF, Sivieri-Araujo G, Bonetti-Filho I, Berbert FL. pH changes after manual or ultrasonic instrumentation and smear layer removal with EDTA or ultrasonic. *Dent Traumatol*. 2008;24(5):542-545.
42. P.N. Nair, S. Henry, V. Cano, J. Vera Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after "one-visit" endodontic treatment *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99 (2005), pp. 231-252.
43. Rôças IN, Siqueira JF Jr. Root canal microbiota of teeth with chronic apical periodontitis. *J Clin Microbiol*. 2008;46(11):3599-606.
44. Siqueira JF Jr, Rôças IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod*. 2008;34(11):1291-301.
45. Boutsoukis C, Verhaagen B, Versluis M, Kastrinakis E, Wesselink PR, van der Sluis LW. Evaluation of irrigant flow in the root canal using different needle types by an unsteady computational fluid dynamics model. *J Endod*. 2010 May;36(5):875-9.
46. Hakan Arslan, Merve Akcay, Hüseyin Ertas, Ismail Davut Capar, Gökhan Saygili & Merve Meşe. Effect of PIPS technique at different power settings on irrigating solution extrusion. *Lasers Med Sci* (2015) 30:1641–1645.
47. J.F. Siqueira Jr., I.N. Rocas, F.R. Alves, K.R. Santos. Selected endodontic pathogens in the apical third of infected root canals: a molecular investigation. *J Endod*, 30 (2004), pp. 638-643.
48. H. Xing, Y. Taguchi, S. Komasa, *et al*. Effect of *Porphyromonas gingivalis* lipopolysaccharide on bone marrow mesenchymal stem cell osteogenesis on a titanium nanosurface. *J Periodontol*, 86 (2015), pp. 448-455.
49. M. Torabinejad, W.C. Eby, I.J. Naidorf. Inflammatory and immunological aspects of the pathogenesis of human periapical lesions. *J Endod*, 11 (1985), pp. 479-488.
50. Sunde PT, Olsen I, Debelian GJ, Tronstad L. Microbiota of periapical lesions refractory to endodontic therapy. *J Endod* 2002;28:304-310.
51. Barthel CR, Levin LG, Reisner HM, Trope M. TNF-alpha in monocytes after exposure to calcium hydroxide treated *Escherichia coli* LPS. *Int Endod J*, 30 (1997), pp. 155-159.
52. Safavi KE, Nichols FC. Effect of calcium hydroxide on bacterial lipopolysaccharide. *J Endodon*, 19 (1993), pp. 76-78.

53. Soares JA, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Silva LA, Ito IY. Residual antibacterial activity of chlorhexidine digluconate and camphorated p-monochlorophenol in calcium hydroxide-based root canal dressings. *Braz Dent J* 2007;18:8-15.
54. Patricia Elaine Panicali Lana, Miriam Fatima Zaccaro Scelza, Licínio Esmeraldo Silva, Ana Luíza de Mattos-Guaraldi, Raphael Hirata Júnior. Antimicrobial Activity of Calcium Hydroxide Pastes on *Enterococcus faecalis* Cultivated in Root Canal Systems. *Braz Dent J* (2009) 20(1): 32-36.
55. Gilliland DP, Han SH, de Deus QD. Effect of camphorated paramonochlorophenol and its aqueous concentrations in polyvinyl sponges implanted in the connective tissue of rats (biological and histological study). *Arq Cent Estud Curso Odontol.* 1984 Jan-Jun;21(1):53-64.
56. Tronstad L, Andreasen JO, Hasselgren G, Kristerson L, Riis I. pH changes in dental tissues after root canal filling with calcium hydroxide. *J Endod* 1980;7:17–21.
57. R.F. Zancan, R.R. Vivan, M.R. Milanda, Lopes, P.H. Weckwerth, F.B. de Andrade, J.B. Ponce, M.A. Duarte. Antimicrobial activity and physicochemical properties of calcium hydroxide pastes used as intracanal medication.
58. Wu MK, Wesselink PR. Efficacy of three techniques in cleaning the apical portion of curved root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Apr;79(4):492-6.
- 59- Deardorf KA, Swartz ML, Newton CW, Brown CE, Jr. Effect of root canal treatments on dentin permeability. *J Endod.* 1994;20(1):1-5.
- 60- Rôças IN, Siqueira JF Jr. In vivo antimicrobial effects of endodontic treatment procedures as assessed by molecular microbiologic techniques. *J Endod.* 2011 March;37(3):304-10.

4 CONCLUSÃO

Na metodologia empregada e nas condições de realização desse estudo, bem como os resultados alcançados, permitem as seguintes conclusões:

Na variação de temperatura, nenhum dos grupos ultrapassou os 10°C por mais de 1 minuto;

O maior aquecimento alcançado no terço cervical e médio, deu-se com uso do laser Gemini, seguido pelo Thera Lase, PUI/CUI, PUI, Controle e Irrigação convencional;

No terço apical, o maior aquecimento deu-se com o Thera Lase seguido pelo PUI/CUI, PUI, Gemini, Irrigação convencional e Controle.

Na resistência à fratura não houve diferença estatística significativa entre os grupos estudados.

Os protocolos de agitação utilizados, com os lasers de diodo, e com o ultrassom, são seguros tanto quanto ao aquecimento, quanto à resistência à fratura.

Na avaliação de extrusão apical, o método PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, com exceção do grupo controle.

O grupo PUI apresentou os maiores valores de extrusão apical, porém sem diferença estatística com o grupo TheraLase, Gemini e convencional, mostrando que todas as técnicas podem ser empregadas com segurança, e que a que menos extravassa é a PUI/CUI.

Na avaliação da difusão dos íons hidroxila o grupo que atingiu os maiores valores de pH em 3, 7, 14, 21 e 28 dias, foi o grupo PUI/CUI seguido pelo grupo PUI, TheraLase, Gemini, Irrigação convencional, e grupo controle.

O laser Gemini e Theralase obtiveram valores de pH próximos dos grupos PUI e PUI/CUI, os quais alcançaram os maiores valores de pH, e podem ser uma alternativa para a limpeza final dos canais radiculares.

REFERÊNCIAS*

1. Neves MA, Provenzano JC, Rocas IN, Siqueira JR JF. Clinical antibacterial effectiveness of root canal preparation with reciprocating single-instrument or continuously rotating multi-instrument systems. *J Endod.* 2016; 42(1): 25-9.
2. Kouchi Y, Ninomiya J, Yasuda H, Fukui K, Moriyama T, Okamoto H. Location of *Streptococcus mutans* in the dentinal tubules of open infected root canals. *J Dent Res.* 1980; 59(12): 2038-46.
3. Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984; 58(5): 589-99.
4. Berutti E, Marini R, Angeretti A. Penetration ability of different irrigants into dentinal tubules. *J Endod.* 1997; 23(12): 725-7.
5. Torabinejad M, Handysides R, Khademi AA, Bakland LK. Clinical implications of the smear layer in endodontics: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 94(6): 658-66.
6. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics: a review. *Int Endod J.* 2010; 43(1): 2-15.
7. Shahravan A, Haghdoost AA, Adl A, Rahimi H, Shadifar F. Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2007; 33(2): 96-105.
8. Dunavant TR, Regan JD, Glickman GN, Solomon ES, Honeyman AL. Comparative evaluation of endodontic irrigants against *Enterococcus faecalis* biofilms. *J Endod.* 2006; 32(6): 527-31.
9. Okino LA, Siqueira EL, Santos M, Bombana AC, Figueiredo JA. Dissolution of pulp tissue by aqueous solution of chlorhexidine digluconate and chlorhexidine digluconate gel. *Int Endod J.* 2004; 37(1): 38-41.
10. Cruz-Filho AM, Souza Flamini LE, Pecora JD. Morphology and microhardness of dentin at the furcation area of mandibular molars. *J Endod.* 2014;40(1):129-132.
11. Mozayeni MA, Javaheri GH, Poorroosta P, Ashari MA, Javaheri HH. Effect of 17% EDTA and MTAD on intracanal smear layer removal: a scanning electron microscopic study. *Aust Endod J.* 2009;35(1):13-17.
12. McComb D, Smith DC. A preliminary scanning electron microscopic study of root canals after endodontic procedures. *J Endod.* 1975;1(7):238-242.
13. Stewart GG, Kapsimalas P, Rappaport H. EDTA and urea peroxide for root canal preparation. *J Am Dent Assoc.* 1969;78(2):335-338.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

14. Goldberg F, Spielberg C. The effect of EDTAC and the variation of its working time analyzed with scanning electron microscopy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1982;53(1):74-77.
15. Haznedaroglu F, Ersev H. Tetracycline HCl solution as a root canal irrigant. *J Endod.* 2001;27(12):738-740.
16. Holland R, Souza V, Nery MJ, Mello W. Efeitos de diferentes preparados à base de EDTA na dentina dos canais radiculares. *Rev. Fac. Odontol. Aracatuba.* 1973;2(1):127-133.
17. Wu L, Mu Y, Deng X, Zhang S, Zhou D. Comparison of the effect of four decalcifying agents combined with 60 degrees C 3% sodium hypochlorite on smear layer removal. *J Endod.* 2012;38(3):381-384.
18. von der Fehr FR, Östby BN. Effect of edtac and sulfuric acid on root canal dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology.* 1963;16(2):199-205.
19. Fraser JG. Chelating agents: their softening effect on root canal dentin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;37(5):803-811.
20. Siqueira JF, Jr., Araujo MC, Garcia PF, Fraga RC, Dantas CJ. Histological evaluation of the effectiveness of five instrumentation techniques for cleaning the apical third of root canals. *J Endod.* 1997;23(8):499-502.
21. Passalidou S, Calberson F, De Bruyne M, De Moor R, Meire MA. Debris Removal from the Mesial Root Canal System of Mandibular Molars with Laser-activated Irrigation. *J Endod.* 2018;44(11):1697-1701.
22. Jiang LM, Lak B, Eijsvogels LM, Wesselink P, van der Sluis LW. Comparison of the cleaning efficacy of different final irrigation techniques. *J Endod.* 2012;38(6):838-841.
23. Lee SJ, Wu MK, Wesselink PR. The efficacy of ultrasonic irrigation to remove artificially placed dentine debris from different-sized simulated plastic root canals. *Int Endod J.* 2004;37(9):607-612.
24. van der Sluis LW, Versluis M, Wu MK, Wesselink PR. Passive ultrasonic irrigation of the root canal: a review of the literature. *Int Endod J.* 2007;40(6):415-426.
25. Gutknecht N, Al-Karadaghi TS, Al-Maliky MA, Conrads G, Franzen R. The Bactericidal Effect of 2780 and 940 nm Laser Irradiation on *Enterococcus faecalis* in Bovine Root Dentin Slices of Different Thicknesses. *Photomed Laser Surg.* 2016;34(1):11-16.
26. Mitchell RP, Baumgartner JC, Sedgley CM (2011) Apical extrusion of sodium hypochlorite using different root canal irrigation systems. *Journal of Endodontics* **37**, 1677–81.
27. Ahmad M, Pitt Ford TJ, Crum LA. Ultrasonic debridement of root canals: acoustic streaming and its possible role. *J Endod.* 1987;13(10):490-499.

28. Leighton TG. The Acoustic Bubble, Chapters 1 and 2. 1 st ed. New York: Academic Press. 1994.
29. Roy RA, Ahmad M, Crum LA. Physical mechanisms governing the hydrodynamic response of an oscillating ultrasonic file. *Int Endod J.* 1994;27(4):197-207.
30. Walmsley AD. Ultrasound and root canal treatment: the need for scientific evaluation. *Int Endod J.* 1987;20(3):105-111.
31. Martin H, Cunningham MJ. Endosonic endodontics, the ultrasonic synergistic system. In: Gerstein H, 1 st ed. *Techniques in Clinical Endodontics*. Philadelphia, PA, USA: WB Saunders, 1983, pg 316 - 22.
32. Duque JA, Duarte MA, Canali LC, Zancan RF, Vivan RR, Bernardes RA, Bramante CM. Comparative Effectiveness of New Mechanical Irrigant Agitating Devices for Debris Removal from the Canal and Isthmus of Mesial Roots of Mandibular Molars. *J Endod.* 2017;43(2):326-331.
33. Bueno CRE, Cury MTS, Vasques AMV, Sarmiento JL, Trizzi JQ, Jacinto RC, Sivieri-Araujo G, Dezan Junior E. Cleaning effectiveness of a nickel-titanium ultrasonic tip in ultrasonically activated irrigation: a SEM study. *Braz Oral Res.* 2019;33:e017.
34. Paragliola R, Franco V, Fabiani C, Mazzone A, Nato F, Tay FR, Breschi L, Grandini S. Final rinse optimization: influence of different agitation protocols. *J Endod.* 2010;36(2):282-285.
35. Cymerman JJ, Jerome LA, Moodnik RM. A scanning electron microscope study comparing the efficacy of hand instrumentation with ultrasonic instrumentation of the root canal. *J Endod.* 1983;9(8):327-331.
36. Baker MC, Ashrafi SH, Van Cura JE, Remeikis NA. Ultrasonic compared with hand instrumentation: a scanning electron microscope study. *J Endod.* 1988;14(9):435-440.
37. Goldberg F, Soares I, Massone EJ, Soares IM. Comparative debridement study between hand and sonic instrumentation of the root canal. *Endod Dent Traumatol.* 1988;4(5):229-234.
38. Castelo-Baz P, Martin-Biedma B, Cantatore G, Ruiz-Pinon M, Bahillo J, Rivas-Mundina B, Varela-Patino P. In vitro comparison of passive and continuous ultrasonic irrigation in simulated lateral canals of extracted teeth. *J Endod.* 2012;38(5):688-691.
39. Weller RN, Brady JM, Bernier WE. Efficacy of ultrasonic cleaning. *J Endod.* 1980;6(9):740-743.
40. Jiang LM, Verhaagen B, Versluis M, Langedijk J, Wesselink P, van der Sluis LW. The influence of the ultrasonic intensity on the cleaning efficacy of passive ultrasonic irrigation. *J Endod.* 2011;37(5):688-692.

41. Mancini M, Cerroni L, Iorio L, Armellin E, Conte G, Cianconi L. Smear layer removal and canal cleanliness using different irrigation systems (EndoActivator, EndoVac, and passive ultrasonic irrigation): field emission scanning electron microscopic evaluation in an in vitro study. *J Endod*. 2013 Nov;39(11):1456-60.
42. Schmidt TF, Teixeira CS, Felipe MC, Felipe WT, Pashley DH, Bortoluzzi EA. Effect of Ultrasonic Activation of Irrigants on Smear Layer Removal. *J Endod*. 2015 Aug;41(8):1359-63.
43. Tanomaru JM, Leonardo MR, Tanomaru Filho M, Bonetti Filho I, Silva LA. Effect of different irrigation solutions and calcium hydroxide on bacterial LPS. *Int Endod J*. 2003;36(11):733-739.
44. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N. Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals-A Literature Overview. *Biomed Res Int*. 2016;2016:8421656.
45. Borges CC, Estrela C, Lopes FC, Palma-Dibb RG, Pecora JD, De Araujo Estrela CR, Sousa-Neto MD. Effect of different diode laser wavelengths on root dentin decontamination infected with *Enterococcus faecalis*. *J Photochem Photobiol B*. 2017;176:1-8.
46. Arslan H, Ayranci LB, Karatas E, Topcuoglu HS, Yavuz MS, Kesim B. Effect of agitation of EDTA with 808-nanometer diode laser on removal of smear layer. *J Endod*. 2013;39(12):1589-1592.
47. Pirnat S. Versatility of an 810 nm Diode Laser in Dentistry: An Overview. *J Laser Health Acad*. 2006;4.
48. Moritz A, Gutknecht N, Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Sperr W. In vitro irradiation of infected root canals with a diode laser: results of microbiologic, infrared spectrometric, and stain penetration examinations. *Quintessence Int*. 1997;28(3):205-209.
49. Gutknecht N, Franzen R, Meister J, Vanweersch L, Mir M. Temperature evolution on human teeth root surface after diode laser assisted endodontic treatment. *Lasers Med Sci*. 2005;20(2):99-103.
50. Alfredo E, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Temperature variation at the external root surface during 980-nm diode laser irradiation in the root canal. *J Dent*. 2008;36(7):529-534.
51. Maturo P, Perugia C, Docimo R. Versatility of an 810 nm diode laser in pediatric dentistry. *International Journal of Clinical Dentistry*. 2013;6:161-172.
52. Galler KM, Grubmuller V, Schlichting R, Widbiller M, Eidt A, Schuller C, Wolflick M, Hiller KA, Buchalla W. Penetration depth of irrigants into root dentine after sonic, ultrasonic and photoacoustic activation. *Int Endod J*. 2019;52(8):1210-1217.

53. DiVito E, Peters OA, Olivi G. Effectiveness of the erbium:YAG laser and new design radial and stripped tips in removing the smear layer after root canal instrumentation. *Lasers Med Sci.* 2012;27(2):273-280.
54. Marchesan MA, Brugnera-Junior A, Souza-Gabriel AE, Correa-Silva SR, Sousa-Neto MD. Ultrastructural analysis of root canal dentine irradiated with 980-nm diode laser energy at different parameters. *Photomed Laser Surg.* 2008;26(3):235-240.
55. Alfredo E, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Sousa-Neto MD, Brugnera-Junior A, Silva-Sousa YT. Morphological alterations of radicular dentine pretreated with different irrigating solutions and irradiated with 980-nm diode laser. *Microsc Res Tech.* 2009;72(1):22-27.
56. Wang X, Sun Y, Kimura Y, Kinoshita J, Ishizaki NT, Matsumoto K. Effects of diode laser irradiation on smear layer removal from root canal walls and apical leakage after obturation. *Photomed Laser Surg.* 2005;23(6):575-581.
57. Brandy JE, Humiston GE. Cinética Química. In: Brandy JE, Humiston GE. Química Geral. 2nd ed. Livros técnicos e científicos editora; 1986. p.454-74.
58. Nikiforuk G, Sreebny L. Demineralization of hard tissues by organic chelating agents at neutral pH. *J Dent Res.* 1953;32(6):859-867.
59. Eriksson AR, Albrektsson T, Albrektsson B. Heat caused by drilling cortical bone. Temperature measured in vivo in patients and animals. *Acta Orthop Scand.* 1984;55(6):629-631.
60. Cameron JA. The use of ultrasound for the removal of the smear layer. The effect of sodium hypochlorite concentration; SEM study. *Aust Dent J.* 1988;33(3):193-200.
61. Faria MI, Sousa-Neto MD, Souza-Gabriel AE, Alfredo E, Romeo U, Silva-Sousa YT. Effects of 980-nm diode laser on the ultrastructure and fracture resistance of dentine. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):275-280.
62. Karatas E, Arslan H, Topcuoglu HS, Yilmaz CB, Yeter KY, Ayranci LB. The Effect of Diode Laser With Different Parameters on Root Fracture During Irrigation Procedure. *Artif Organs.* 2016;40(6):604-609.
63. Close T.A. Svec, J.W. Harrison. Chemomechanical removal of pulpal and dentinal debris with sodium hypochlorite and hydrogen peroxide vs normal saline solution. *J Endod*, 3 (1977), pp. 49-53.
64. K. Gulabivala, B. Patel, G. Evans, Y.L. Ng. Effects of mechanical and chemical procedures on root canal surfaces. *Endodontic Topics*, 10 (2005), pp. 103-122.
65. Ross P.MitchellBS, . CraigBaumgartner , Christine M.Sedgley. Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite Using Different Root Canal Irrigation Systems. Volume 37, Issue 12, December 2011, Pages 1677-1681

66. George R, Walsh LJ. Apical extrusion of root canal irrigants when using Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers with optical fibers: an in vitro dye study. *J Endod.* 2008;34(6):706-708.
67. Helvacioğlu Kivanc B, Deniz Arisu H, Yanar NO, Silah HM, Inam R, Gorgul G. Apical extrusion of sodium hypochlorite activated with two laser systems and ultrasonics: a spectrophotometric analysis. *BMC Oral Health.* 2015;15:71.
68. Yost RA, Bergeron BE, Kirkpatrick TC, Roberts MD, Roberts HW, Himel VT, Sabey KA. Evaluation of 4 Different Irrigating Systems for Apical Extrusion of Sodium Hypochlorite. *J Endod.* 2015;41(9):1530-1534.
69. L.S. Gu, J.R. Kim, J. Ling, et al. Review of contemporary irrigant agitation techniques and devices. *J Endod*, 35 (2009), pp. 791-804
70. Leonardo MR, da Silva LA, Tanomaru Filho M, Bonifacio KC, Ito IY. In vitro evaluation of antimicrobial activity of sealers and pastes used in endodontics. *J Endod.* 2000;26(7):391-394.
71. Verma SK, Maheshwari S, Singh RK, Chaudhari PK. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012;3(2):124-132.
72. Deardorf KA, Swartz ML, Newton CW, Brown CE, Jr. Effect of root canal treatments on dentin permeability. *J Endod.* 1994;20(1):1-5.
73. Zampronio CF, Sivieri-Araujo G, Bonetti-Filho I, Berbert FL. pH changes after manual or ultrasonic instrumentation and smear layer removal with EDTA or ultrasonic. *Dent Traumatol.* 2008;24(5):5.
74. Soares CJ Pizi ECG, Fonseca RB, Martins LRM. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz Oral Res.* 2005;19:11-6.
75. Karapinar Kazandag M1, Sunay H, Tanalp J, Bayirli G. Fracture resistance of roots using different canal filling systems *Int Endod J.* 2009 Aug;42(8):705-10.
76. Apicella MJ1, Loushine RJ, West LA, Runyan DA. A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. *Int Endod J.* 1999 Sep;32(5):376-80

APÊNDICE A - Metodologia Expandida

Metodologia detalhada da pesquisa.

Seleção das amostras

Os 120 pré moalres foram examinados com auxílio de lupa (aumento de 10x), radiografados com sistema digital Kodac RVG 5100 e selecionados, descartando dentes que possuíam, menos de 16mm de comprimento radicular, curvaturas, canais já tratados endodonticamente, reabsorções internas ou externas, rizogênese incompleta, dois ou mais canais radiculares, dentes com fraturas radiculares.

Após a seleção dos espécimes, todos os dentes foram esterilizados em autoclave a 121°C por 20 minutos, limpos com pontas de ultrassom Newtron P5 Bled (Acteon, Paris, França), para a remoção de cálculos e detritos da parte exterior da raiz. Em seguida, as coroas foram seccionadas usando disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), padronizando as raízes em 16mm tendo como referência a medida a partir da ponta de uma lima tipo K #10 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça) se tornar aparente através do forame apical.

Precedendo o preparo biomecânico, sessenta espécimes foram submetidos a um preparo inicial na superfície radicular na face mesial da raiz por meio de um desgaste de 0,6mm de profundidade e 14mm de extensão, e a 1mm na parte cervical e a 1mm do ápice, usando uma broca diamantada 3098F (KG Sorensen) para exposição da dentina e posteriormente serão lavados em cuba ultrassônica contendo água destilada por 3 minutos. Após os desgastes, as superfícies foram irrigadas com EDTA (Asfer Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil) por 3 min, e água destilada, para remover a camada de smear layer formada pelo desgaste.

Preparo Biomecânico

O preparo biomecânico foi realizado nos 120 espécimes, recuando-se 1 mm do forame apical e considerado como comprimento real de trabalho (CRT). Os espécimes foram instrumentados com lima K #15 e #20 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suíça), em seguida foram utilizadas limas reciprocantes, Reciproc R25, Reciproc R40 e R50 (VDW CO. München, Alemanha). A confecção do batente apical e padronização do ápice foi concluída com o diâmetro da ponta

correspondente a 0,50 mm. A cada troca de instrumento foi realizada a irrigação, aspiração e inundação com hipoclorito de sódio a 2,5% (Asfer -SP), por meio de pontas NaviTip® e Kit de irrigação-aspiração Ultradent® (Ultradent, South Jordan, UT, USA). O EDTA utilizado foi o (EDTA - Asfer Indústria Química Ltda, São Caetano do Sul, SP, Brasil).

Após o preparo biomecânico os 120 espécimes foram divididos aleatoriamente nos 6 seguintes grupos de vinte raízes, sendo metade com o desgaste proximal e outra sem desgaste e devidamente identificados (n=10), definindo os grupos experimentais de acordo com o protocolo de limpeza final (Quadro 1):

Quadro1 - Divisão dos grupos de acordo com os protocolos de limpeza final

Grupos	Protocolos de Limpeza final
Grupo AD	Irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos.
Grupo CV	Inundação com EDTA 17%, agitação com lima K#50 durante 3 minutos, Irrigação/aspiração com 5mL de água deionizada por 40 segundos
Grupo PUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação ultrassônica Passiva (PUI) por 30 segundos, irrigação/aspiração com 5mL água deionizada por 40 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo PUI/CUI	Inundação com EDTA 17%, Irrigação Ultrassônica Passiva (PUI) 30 segundos, mais água deionizada energizado com Irrigação Ultrassônica Contínua (CUI) com água deionizada por 15 segundos. Tudo repetido por uma segunda vez.
Grupo TL	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Diodo Thera Laser Surgery, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.
Grupo GE	Inundação com EDTA 17% Agitação com Laser Gemini, sendo 3 aplicações de 5s e descanso de 10s entre as aplicações; irrigação/aspiração convencional com 5mL de água deionizada por 40 segundos; agitação com laser por 5 segundos com canal inundado com água deionizada.

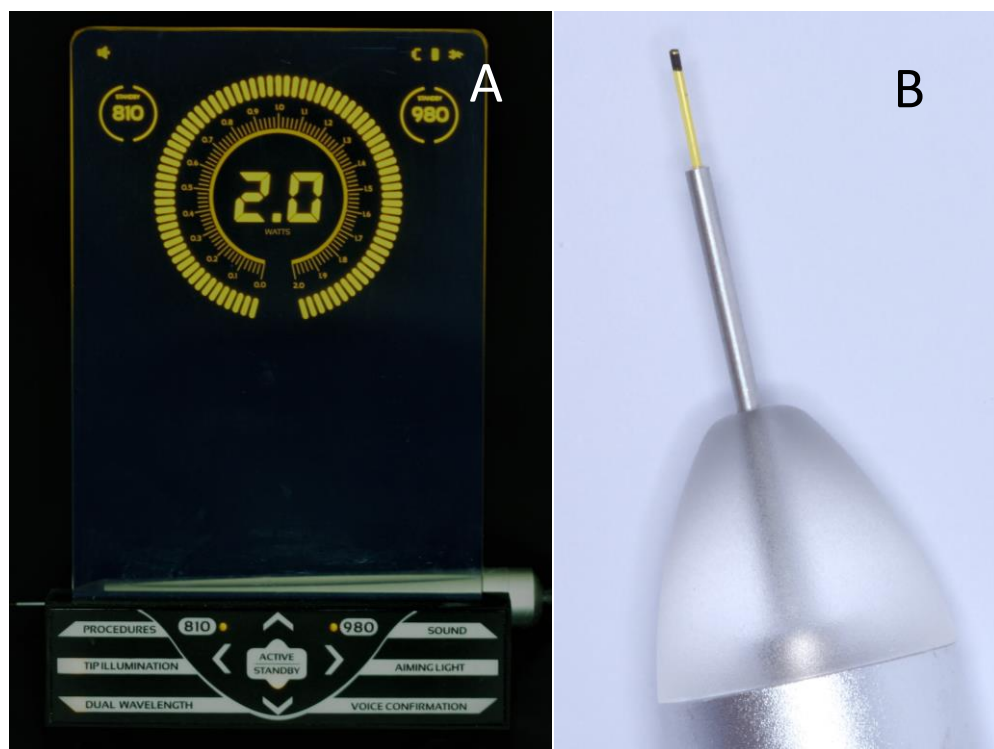
Fonte: Elaboração própria.

O laser diodo (Thera Lase Surgery, DMC, Brasil) foi utilizado com 808 nm de potência em 2.8 W no modo pulsado com 20 pps, e o laser diodo LASER GEMINI (ULTRADENT) de 808 e 910 nm de potência em 2 W no modo pulsado com 20 pps, conforme estudo piloto já realizado. As fibras ópticas foram inseridas no canal radicular e três ativações foram realizadas com duração de 5s e descanso de 10s entre ativações. Os movimentos realizados foram helicoidais, alternando-se sentido horário e sentido anti-horário, fazendo todo o trajeto do canal ápice-coroa, finalizando com mais uma fotoativação de 5s tendo o canal inundado com 1mL de

água destilada (n=10) e irrigação/aspiração convencional de 1mL de água destilada. Sendo que a fibra óptica do (Thera Lase Surgery, DMC, Brasil) tem 400 μm e foi inserida até o CRT, e o do LASER GEMINI (ULTRADENT) também tem 400 μm , porém essa ponta possui 7mm de extensão, e foi inserida até o ajuste no canal radiular.

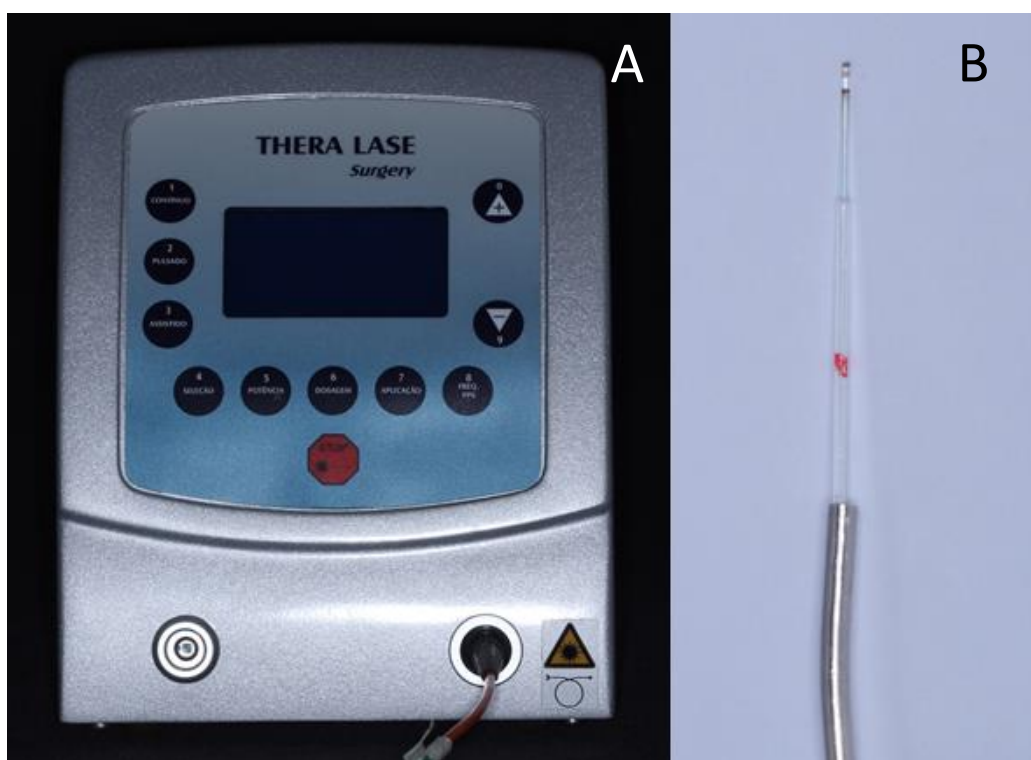
O ultrassom utilizado foi o Newtron P5 Bled (Acteon, Paris, França), aplicado na potência de 30%, com o inserto Ultrawave NitiSonic (Ultradent, South Jordan, UT, EUA), aplicado na potência de 30%.

Figura 1 – Em (A) laser GEMINI, em (B) fibra óptica do laser GEMINI



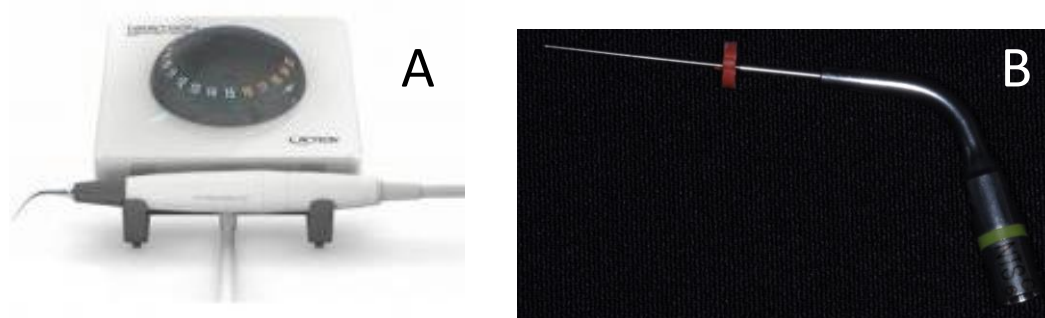
Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 2– Em (A) laser THERA LASE, em (B) fibra óptica do THERA LASE



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 3 – Em (A) Newtron P5 Bled, em (B) Inserto ultrassônico

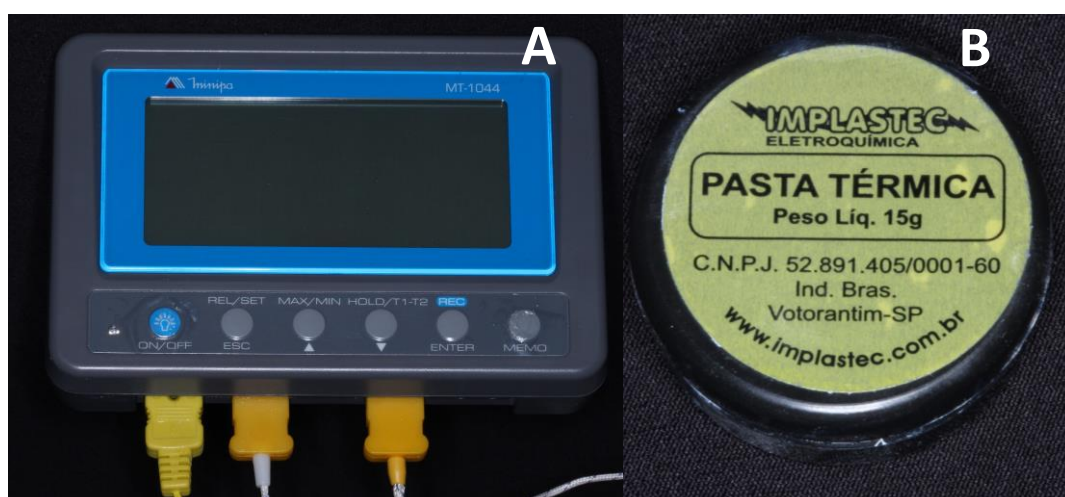


Fonte: Arquivo pessoal do autor

Análise de temperatura

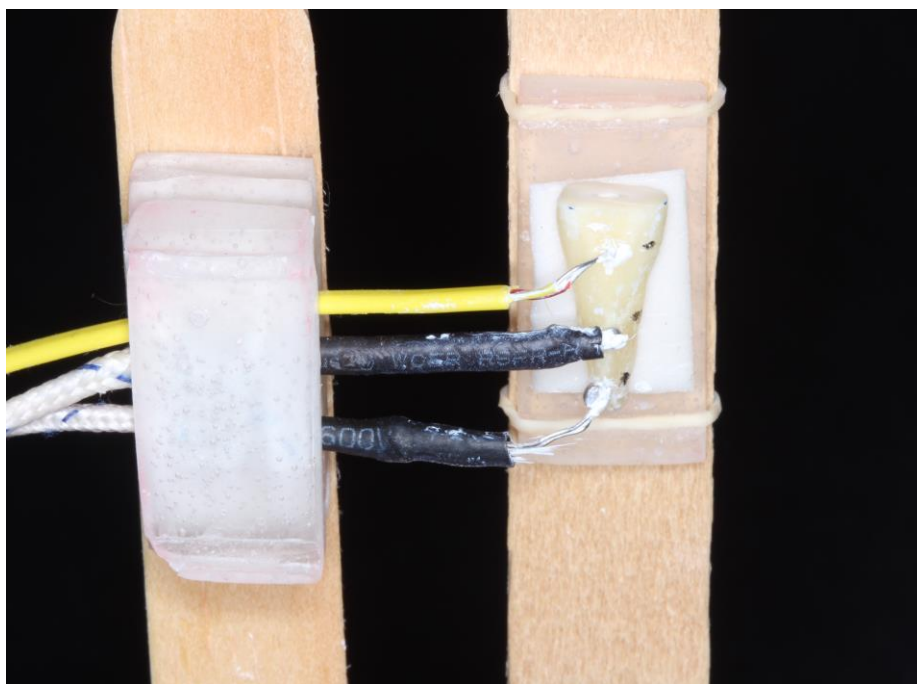
Após o preparo biomecânico, os 60 espécimes, dez de cada grupo sem o desgaste proximal foram inseridos em um suporte, confeccionado com bloco acrílico no qual foram colocados em uma haste de madeira, que os mantiveram em posição vertical padronizada, permitindo a fixação de 3 termopares tipo K, o Chromel / Alumel (Figura 5), ligados ao termômetro digital modelo MT-600 (MINIPA, São Paulo, Brasil) (Figura 4-A), com 3 canais de dados independentes para coletar a temperatura na superfície radicular externa da face mesial da raiz nos três terços, cervical à 14 mm, médio à 8 mm e apical à 3 mm acima do ápice radicular. Foi inserida uma pasta térmica (Implastec, Votorantim, Brasil) (Figura 4-B) nas extremidades dos pares para melhorar seu contato com a superfície cimentária e assim ser coletadas as temperaturas nos três terços da raiz durante todo o processo de agitação no EDTA nos 6 grupos. O experimento foi conduzido em uma sala com temperatura ambiente controlada a 23 ° C. Após cada amostra de teste ser irradiada, houve uma espera para que toda a temperatura do sistema de medição retorne a este valor para iniciar uma nova radiação no sistema de canais radiculares.

Figura 4 – Em (A) termômetro digital modelo MT-600 (MINIPA), em B pasta térmica (Implastec)



Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Figura 5 -Termopares tipo K, o Chromel / Alumel anexados no terço cervical, médio e apical



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Análise Estatística

Para avaliar se os terços dentários e o tipo de tratamento do canal radicular afetavam significativamente a variação da temperatura dentária e o tempo máximo de duração, recorreu-se à ANOVA two way seguida do teste pos-hoc de Bonferroni. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Para avaliar a duração do tempo preocupante dos diferentes grupos testados recorreu-se ao teste não paramétrico de Kruskall Wallis. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p < 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Resistência à fratura

Os mesmos 60 espécimes submetidos ao teste de temperatura foram utilizados no teste à resistência à fratura. Com o intuito de simular a situação clínica, as raízes foram mergulhadas por 13mm em cera derretida (Horus; Herpo Produtos Dentários, Petrópolis, RJ, Brasil), formando uma camada de 0,3 a 0,5mm padronizadas com paquímetro digital (Mitutoyo Sul Americana, Suzano, Brasil), após o resfriamento essas raízes foram fixadas verticalmente em matrizes preenchidas com resina epóxi Akasel A/S Roskilde Denmark em cilindros de cloreto de polivinila (PVC) (21 mm de diâmetro x 22 mm de altura). A resina foi misturada de acordo com as instruções do fabricante (25:3 em gramas) e foi inserida no cilindro de PVC imediatamente após a mistura. Os cilindros foram deixados por 48 horas até a presa final da resina epóxi. A cera anteriormente inserida na superfície radicular, foi removida utilizando água água morna, e os dentes removidos dos blocos de resina epóxi. Os espaços antes ocupados pela cera foram preenchidos com o material de impressão de poliéter (Impregum TM Soft, 3M / ESPE AG, Seefeld, Alemanha), usando uma seringa de moldagem. Os dentes foram reinseridos nos respectivos cilindros e o excesso de material de impressão foi removido com uma lâmina de bisturi nº 12, proporcionando assim um ligamento periodontal e ósseo simulado e padronizado, sendo que o material de impressão está simulando o ligamento periodontal e a resina epóxi o tecido ósseo ⁷⁵

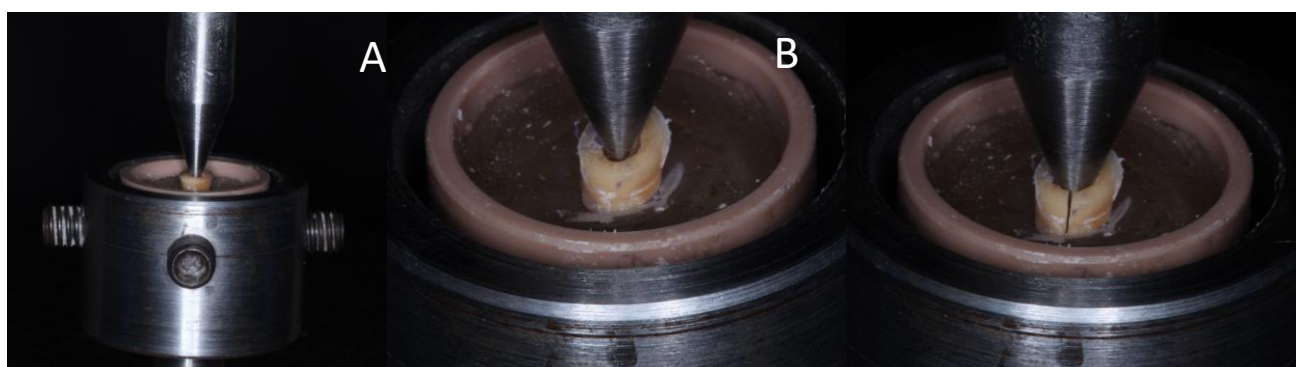
Em seguida, os blocos com as raízes embutidas foram montados em uma base metálica fixa, com 4 parafusos de fixação (Figura 5-B) e levados em uma máquina universal de ensaios (EMIC DL; Emic, Araraquara, Brasil) (Figura 6-A). A carga compressiva foi aplicada verticalmente nas raízes, usando um pino metálico cônico (Figura 5 –B) ^{74,75}, com uma carga de 1 mm / min até a ocorrência da fratura. A fratura foi definida quando se notou ruptura instantânea do dente, e paralização da máquina automaticamente. A quantidade de força necessária para a fratura foi registrada em Newtons, e após isso foram feitas as análises estatísticas.

Figura 5 – Em (A) máquina de ensaios mecânicos EMIC, em (B), suporte metálico e pino para fratura.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 6 – Em (A) e (B) corpo de prova inserido na base metálica, com pino metálico inserido no acesso da raiz antes da fratura, em (C) dente fraturado.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

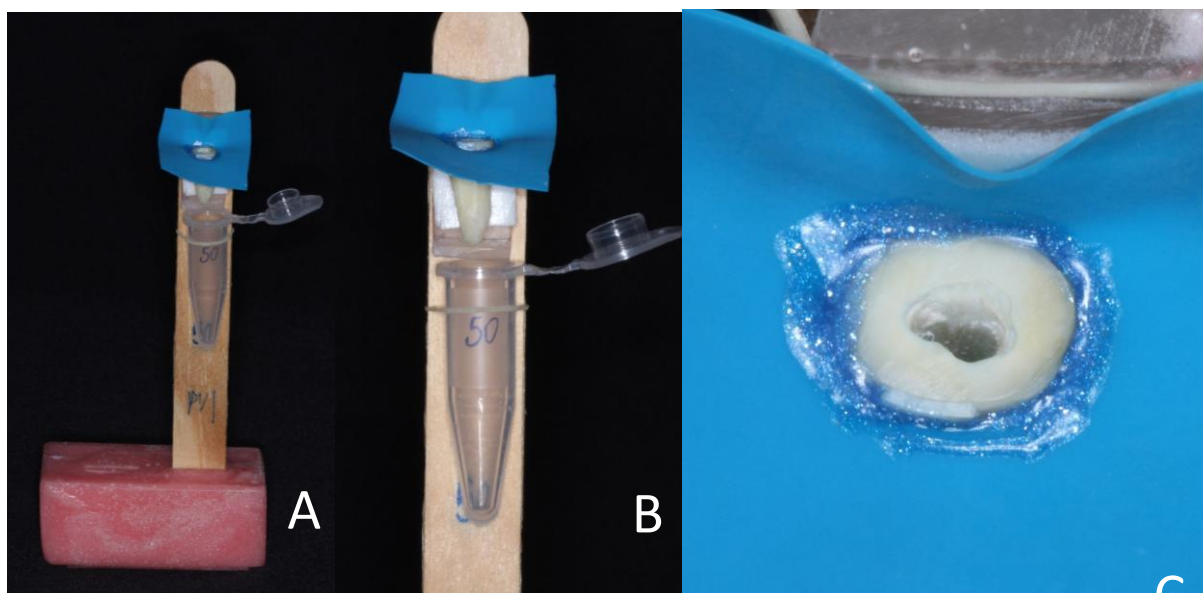
Análise estatística

Para avaliar a resistência a fratura (Newton) dos diferentes grupos testados recorreu-se à ANOVA one way. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Extrusão apical da solução irrigadora

Após o preparo biomecânico, os outros 60 espécimes com desgaste na face mesial (N=10) foram posicionados em um suporte (Figura 7 –A), confeccionado com bloco acrílico na base, uma haste de madeira com um bloco acrílico retangular, no qual a raiz foi presa por uma fita dupla face (3M-ESPE, St Paul, MN, EUA) e um tubo ependorf anteriormente pesado, identificado e fixado de forma alinhada e centralizada logo abaixo do forame apical, para coletar a solução extravasada durante os procedimentos relativos a cada um dos grupos. Um lençol de borracha padronizado em 4x4mm foi fixado com Top Dam (FGM – Joinville, SC) na cervical do espécime (Figura 7-C), para evitar que a solução extravasada pela cervical, também caia no tubo ependorf. Após cada procedimento, o ependorf foi novamente pesado em balança analítica (Ohaus AR2140 de 210gx0,0001g, (Adventurer) (CORPORAÇÃO-OHAUS. Barueri – SP). Após a coleta, a diferença entre as pesagens inicial e final foi calculada para cada um dos grupos de tratamento dentinário final e os dados submetidos à análise estatística adequada.

Figura 7 – (A) e (B) Dispositivo para coleta da extrusão apical, em (C) Top Dam inserido entre a raiz e o lençol de borracha



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Análise estatística

Para avaliar se o método utilizado (grupos) influenciou significativamente a extrusão apical (gr) recorreu-se ao teste paramétrico de ANOVA um fator, seguido da comparação múltipla das médias pelo teste pós-hoc de Games - Howell. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Análise da difusão do hidróxido de cálcio

As raízes utilizadas no teste de extrusão apical, foram utilizadas posteriormente na análise da difusão do hidróxido de cálcio. Após, cada um dos procedimentos de limpeza final dos canais radiculares e secagem com pontas de papel absorvente (Tanariman Industrial Ltda – Manaus, AM, Brasil), os espécimes foram preenchidos com uma pasta Calen (SS White Artigos Dentários Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil), à base de hidróxido de cálcio (2,5 g de HC, 1 g de óxido de zinco pa, 0,05 g de colofônia, 2 ml de polietilenoglicol 400, com a seringa ML (SS WHITE DUFLEX, São Cristovão, RJ, Brasil) e agulha Septoject longa XL 27G (SEPTODONT Ltda, Saint-Maur-des-Fossés, França), a ponta da agulha foi ajustada a 1mm do comprimento de trabalho, medindo-se com um stop de borracha na agulha. As aberturas cervicais e apicais (forame) serão seladas com resina composta Z-250 Filtek Z250 (3M-ESPE, St Paul, MN, EUA), e as raízes foram armazenadas em uma incubadora a 37° C, imersas em água destilada por 28 dias.

O Calen foi mantido por um total de 28 dias no interior dos canais radiculares, sendo que com 14 dias foi removido, e irrigado com 5 mL de água destilada e inserido novamente no interior dos canais radiculares. Com o pHmetro (PH60S Premium Spear pH Pocket Tester – Apera Instruments, Ohio, USA) (Figura 9) calibrado em soluções com pH 4.0, pH 7.0 e pH 9.0, foi medido o pH da superfície radicular a 3mm, 8mm e 14mm do ápice, posicionando o pHmetro perpendicularmente à superfície do desgaste feito na face mesial da raiz em cada um dos terços, e em cada medição o eletrodo foi lavado e limpo com água destilada. Os valores de pH foram aferidos imediatamente e após 3, 7, 14, 17, 21 e 28 dias da primeira inserção do curativo intracanal de todos os espécimes de cada grupo de tratamento dentinário final.

Figura 8 – Espécime preparado com desgaste proximal externo para a exposição dentinária e leitura do pH.



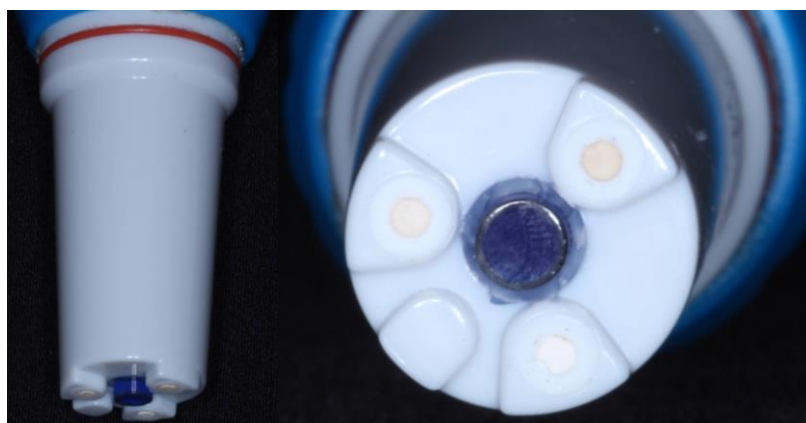
Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 9 – PH60S Premium Spear pH Pocket Tester.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 10 – Sensor do PH60S Premium Spear pH Pocket Tester.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 11 –Sensor do PH60S aferindo o pH no terço cervical (A), médio (B) e apical (C).



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Análise estatística

Para avaliar se o tempo (dias) influenciou significativamente no pH em relação ao tipo de tratamento e terço apical, recorreu-se ao teste não paramétrico de ANOVA três fatores mista, seguido do teste de pós-hoc de Bonferroni para comparação múltipla das médias. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

APÊNDICE B - Resultados Expandidos

Temperatura

Para avaliar se os terços dentários e o tipo de tratamento do canal radicular afetavam significativamente a variação da temperatura dentária e o tempo máximo de duração, recorreu-se à ANOVA two way seguida do teste pos-hoc de Bonferroni. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

A tabela 1 mostra o resultado do teste de ANOVA two way aplicada a cada variável de estudo. Como pode se observar, o tipo de tratamento teve um efeito estatisticamente significativo na variação de temperatura do remanescente radicular ($p < 0,001$), diferente do terço apical o qual não influenciou significativamente a variação da temperatura. Porém, o efeito do terço apical na variação da temperatura foi influenciado pelo tipo de tratamento utilizado, como sugere a interação significativa entre os dois fatores ($p < 0,001$). A Tabela 2 demonstra o efeito da interação sobre os dois fatores avaliados.

Tabela 1. Teste de ANOVA two way para avaliação dos fatores de estudo. Variável dependente Temperatura

Origem	Tipo III Soma dos Quadrados	Gl	Quadrado Médio	F	Sig.	Poder observado
GRUPO	2534,242	5	506,848	196,488	,000*	1,000
TERÇOS	6,519	2	3,259	1,264	,285	,272
GRUPO * TERÇOS	849,399	10	84,940	32,928	,000*	1,000
Erro	417,886	162	2,580			

*Significante ($p < 0,05$)

Fonte: Arquivo pessoal do autor

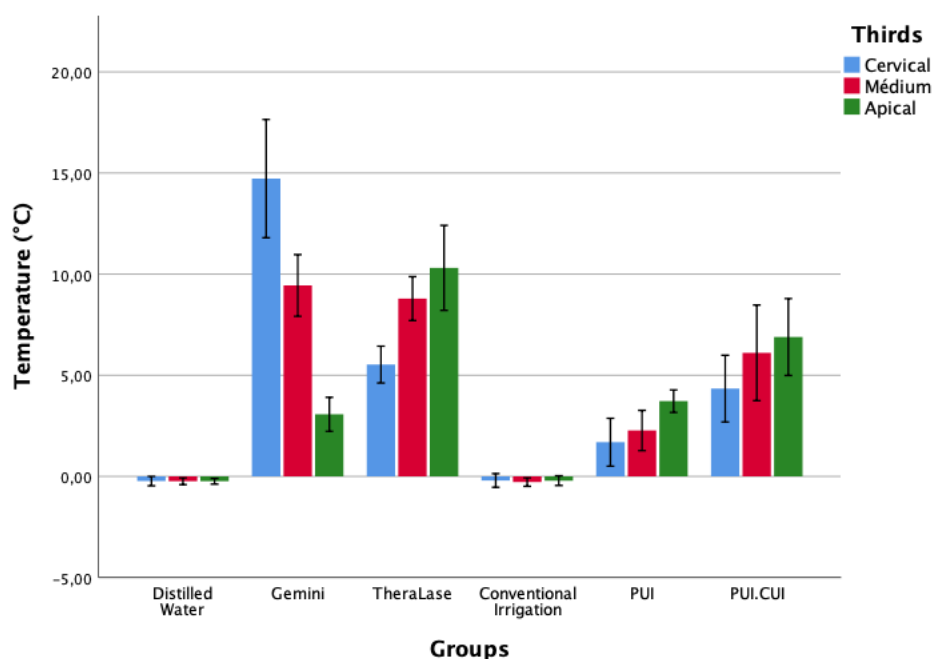
Tabela 2. Comparações múltipla das médias e desvio padrão da variação da temperatura em cada um dos grupos avaliados em relação a cada terço dentário

	Distilled Water		Gemini		TheraLase		Memoria		PUI		PUI.CUI	
Cervical	-0,23	(0,12)Aa	14,72	(1,46)Ab	5,53	(0,45)Ac	-0,20	(0,17)Aa	1,69	(0,59)Ad	4,34	(0,82)Ae
Médio	-0,24	(0,08)Aa	9,44	(0,76)Bb	8,79	(0,54)Bb	-0,28	(0,10)Aa	2,27	(0,50)Ac	6,11	(1,18)Bd
Apical	-0,24	(0,07)Aa	3,07	(0,42)Cb	10,31	(1,05)Cc	-0,21	(0,11)Aa	3,72	(0,28)Bb	6,89	(0,95)Cd

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido vertical. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$)

Fonte: Arquivo pessoal do autor

A Figura 1 mostra a variação da temperatura para todos os grupos testados.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Para avaliar a duração do tempo preocupante dos diferentes grupos testados recorreu-se ao teste não paramétrico de Kruskal Wallis. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p < 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW

Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

A tabela 3 mostra o resultado do teste de Kruskal Wallis aplicada para a variável de estudo de acordo com cada terço. Como pode se observar, encontrou-se diferença estatisticamente significativa para cada terço testado. **Tabela 3.** Teste de Kruskal Wallis para avaliação dos fatores de estudo. Variável dependente

Origem	Tipo III Soma dos		Quadrado		F	Sig.	Poder observado
	Quadrados	gl	Médio				
GRUPO	2530,699	5	506,140	1106,809		,000	1,000
TERÇOS	6,609	2	3,305	7,226		,001	,931
GRUPO *	849,322	10	84,932	185,727		,000	1,000
TERÇOS							
Erro	74,082	162	,457				

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Resistência Mecânica

Para avaliar a resistência a fratura (Newton) dos diferentes grupos testados recorreu-se à ANOVA one way. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente, mostrando um $p > 0,05$. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

A tabela 4 mostra o resultado do teste de ANOVA one way aplicada para a variável de estudo. Como pode se observar, não se encontrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos testados ($p = 0,871$)

Tabela 4. Teste de ANOVA one way para avaliação de resistência a fratura

ANOVA

Newton

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	1407,536	5	281,507	3,015	,018

Nos grupos	5042,032	54	93,371		
Total	6449,567	59			

Fonte: Arquivo pessoal do autor

A Figura 5 mostra a média e o desvio padrão para cada um dos grupos testados

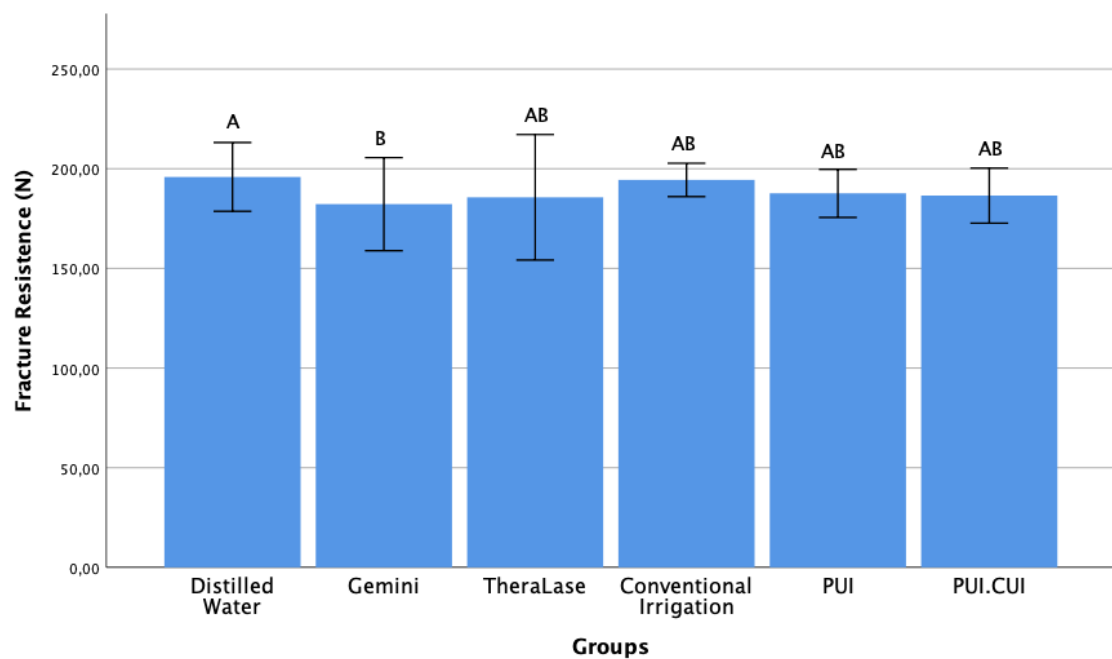


Figura 5- Média e desvio padrão de resistência a fratura dos diferentes grupos testados. Letras iguais mostram que não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,871$)

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Extrusão Apical

O método utilizado (grupos) influenciou significativamente a extrusão apical (gr) recorreu-se ao teste paramétrico de ANOVA um fator, seguido da comparação múltipla das médias pelo teste pós-hoc de Games - Howell. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05.

Tabela 5. Dados descritivos de extrusão apical para todos os grupos testados.

Descritivos								
Peso								
	N	Média	Erro Desvio	Erro Erro	Intervalo de confiança de 95% para média		Mínimo	Máximo
					Limite inferior	Limite superior		
Controle	10	,3868	,22987	,07269	,2224	,5512	,16	,77
Gemini	10	,4197	,16528	,05227	,3014	,5379	,23	,73
Thera	10	,5468	,20041	,06338	,4034	,6902	,25	,83
Memoria	10	,5612	,06892	,02180	,5119	,6105	,47	,68
PUI	10	,7508	,31610	,09996	,5246	,9769	,14	1,19
PUI/CUI	10	,1638	,13356	,04224	,0682	,2593	,05	,48

Fonte: Arquivo pessoal do autor

O método utilizado teve um efeito estatisticamente significativo sobre a extrusão apical mostrando um $p < 0,001$ (Tabela 6). De acordo com a comparação múltipla das medias, o método PUI/CUI apresentou a menor extrusão apical quando comparado com os outros métodos testados, sendo estatisticamente significante, a exceção do grupo controle. O método PUI apresentou os maiores valores de extrusãoapical.

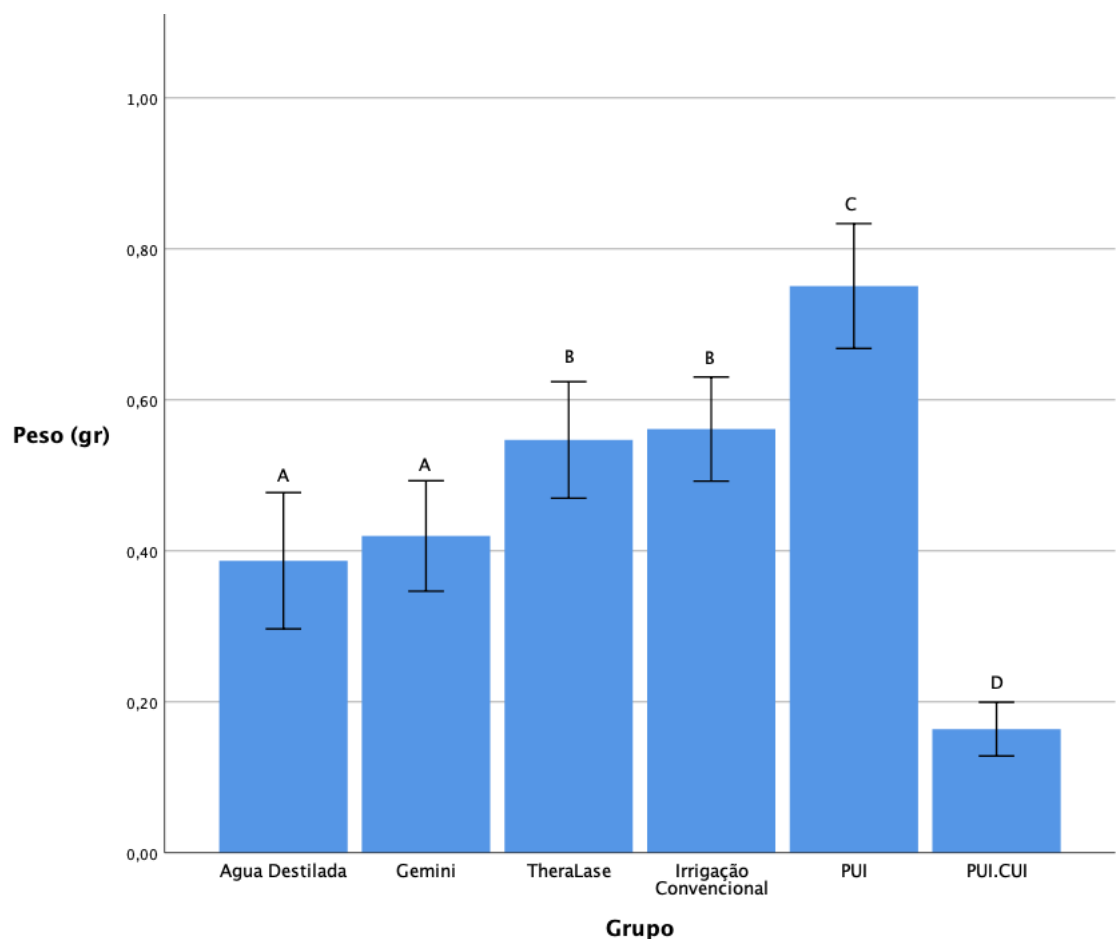
Tabela 6. Teste de ANOVA um fator para a variável de estudo extrusão apical de acordo com cada método de tratamento

ANOVA

Peso

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	1,962	5	,392	72,877	,000
Nos grupos	,291	54	,005		
Total	2,253	59			

Fonte: Arquivo pessoal do autor



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Figura 6. Distribuição da extrusão apical (gr) de acordo com cada método de tratamento. Letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com teste de ANOVA ($p < 0,001$) seguido das comparações múltiplas das médias pelo teste de pós-hoc de Games-Howell para $\alpha = 0,05$

Na avaliação de extrusão apical da solução irrigadora, os grupos do laser Gemini, TheraLase, irrigação convencional e PUI, não tiveram diferenças estatísticas entre eles, e tiveram diferença em relação ao grupo controle e PUI/CUI. Sendo que todos os grupos obtiveram a agitação até 1mm aquém do CRT.

Sendo que o grupo que mais extravasou foi o PUI, e o grupo que menos extravasou foi o PUI/CUI, isso ocorreu devido a irrigação com água destilada ser realizada com a ponta de ultrassom, e essa possui a saída de soluções irrigadores na parte superior, e não na ponta ativa, como uma seringa convencional. Portanto com a sucção com o sugador simultânea, resulta em menos substância extravasada para o ápice.

Variação de pH

Para avaliar se o tempo (dias) influenciou significativamente no pH em relação ao tipo de tratamento e terço apical, recorreu-se ao teste não paramétrico de ANOVA três fatores mista, seguido do teste de pós-hoc de Bonferroni para comparação múltipla das médias. O pressuposto de normalidade e a homogeneidade de variância foram avaliados pelo teste de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. As análises estatísticas e descritivas foram, gráficas e de inferências foram executadas com o software PASW Statitics (v. 26, SPSS INC. Chicago, IL). Consideraram-se estatisticamente significativos os efeitos cujo valor de p foi inferior ou igual a 0.05. A tabela 7 mostra os dados descritivos para todos os grupos testados em relação ao tempo, tratamento e terço dental.

Tabela 7. Tabela descritiva de valores de pH de acordo com os fatores grupos, terços e dias

Grupos	Terços	Dias					
		T0 (1 dia)	T1 (3 dias)	T2 (7 dias)	T3 (14 dias)	T4 (21 dias)	T5 (28 dias)
Controle	Cervical	7,08 ± 0,05	7,25 ± 0,05	7,30 ± 0,05	7,35 ± 0,05	7,42 ± 0,06	7,47 ± 0,05
	Médio	7,10 ± 0,05	7,25 ± 0,03	7,30 ± 0,05	7,34 ± 0,05	7,41 ± 0,04	7,47 ± 0,04
	Apical	7,09 ± 0,05	7,26 ± 0,05	7,31 ± 0,03	7,34 ± 0,03	7,39 ± 0,04	7,46 ± 0,03
Memoria	Cervical	7,15 ± 0,05	7,27 ± 0,05	7,46 ± 0,06	7,59 ± 0,06	7,67 ± 0,05	7,84 ± 0,06
	Médio	7,14 ± 0,05	7,27 ± 0,04	7,45 ± 0,04	7,58 ± 0,04	7,67 ± 0,04	7,81 ± 0,05
	Apical	7,13 ± 0,05	7,25 ± 0,06	7,46 ± 0,04	7,59 ± 0,05	7,68 ± 0,04	7,84 ± 0,05
Gemini	Cervical	7,10 ± 0,05	7,24 ± 0,05	7,57 ± 0,07	7,84 ± 0,04	8,09 ± 0,09	8,25 ± 0,08
	Médio	7,11 ± 0,06	7,25 ± 0,04	7,54 ± 0,08	7,83 ± 0,04	8,06 ± 0,09	8,23 ± 0,09
	Apical	7,11 ± 0,04	7,20 ± 0,02	7,46 ± 0,06	7,71 ± 0,05	7,93 ± 0,06	8,09 ± 0,05
Thera	Cervical	7,12 ± 0,06	7,32 ± 0,05	7,62 ± 0,07	7,78 ± 0,07	8,14 ± 0,09	8,35 ± 0,06
	Médio	7,12 ± 0,06	7,31 ± 0,06	7,63 ± 0,05	7,79 ± 0,08	8,16 ± 0,09	8,32 ± 0,06
	Apical	7,12 ± 0,06	7,29 ± 0,05	7,62 ± 0,06	7,78 ± 0,07	8,15 ± 0,09	8,33 ± 0,05
PUI	Cervical	7,10 ± 0,05	7,33 ± 0,07	7,61 ± 0,07	7,89 ± 0,09	8,13 ± 0,13	8,45 ± 0,10
	Médio	7,12 ± 0,04	7,32 ± 0,05	7,61 ± 0,08	7,87 ± 0,09	8,14 ± 0,12	8,47 ± 0,08
	Apical	7,12 ± 0,04	7,32 ± 0,04	7,61 ± 0,07	7,90 ± 0,08	8,16 ± 0,11	8,47 ± 0,09
PUI/CUI	Cervical	7,11 ± 0,06	7,38 ± 0,03	7,57 ± 0,07	7,86 ± 0,08	8,18 ± 0,12	8,54 ± 0,08
	Médio	7,11 ± 0,05	7,38 ± 0,05	7,56 ± 0,06	7,87 ± 0,06	8,18 ± 0,14	8,52 ± 0,09
	Apical	7,12 ± 0,06	7,38 ± 0,05	7,56 ± 0,05	7,85 ± 0,08	8,18 ± 0,15	8,50 ± 0,09

Fonte: Arquivo pessoal do autor

A Tabela 8 mostra o sumário do teste de ANOVA três fatores mista para avaliação dos fatores de estudo. De acordo com os resultados, houve diferença estatisticamente significativa para a interação Grupos*Terços ($p=0,001$; Potência (π) = 0,985) e Tempo*Grupos ($p=0,985$; Potência (π) = 1,000) no pH dos diferentes tratamentos testados. Em relação a influência dos diferentes tratamentos nos terços dentais, o Grupo Thera mostrou valores de pH estatisticamente similares aos grupos Gemini, PUI e PUI/CUI nos terços cervical e médio. No terço apical o grupo PUI/CUI apresentou o maior valor de pH quando comparados com os outros grupos, exceto

com o grupo PUI, que apresentou valores iguais. Quando comparado os terços, para cada tipo de tratamento, o grupo Thera mostrou os menores valores no terço apical quando comparado com os outros terços. A Tabela 9 demonstra o efeito da interação sobre os dois fatores avaliados (Tratamento*Terços).

Tabela 8. Teste de Anova três fatores mista para avaliação dos fatores de estudo

	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.	Potência observada
Entre Grupos						
Grupos	29,493	5	5,899	651,780	,000*	1,000
Terços	,066	2	,033	3,634	,029*	0,664
Tratamento * Terços	,291	10	,029	3,212	,001*	0,985
Erro	1,466	162	,009			
Dentro dos Grupos						
Tempo	133,390	3,458	38,572	7443,676	,000*	1,000
Tempo*Tratamento	19,978	17,291	1,155	222,973	,000*	1,000
Tempo*Terços	,029	6,916	,004	,809	,579	0,350
Tempo*Grupos*Terços	,158	34,582	,005	,880	,668	0,859
Erro	2,903	560,226	,005			

*Significante ($p < 0,05$)

Fonte: Arquivo pessoal do autor

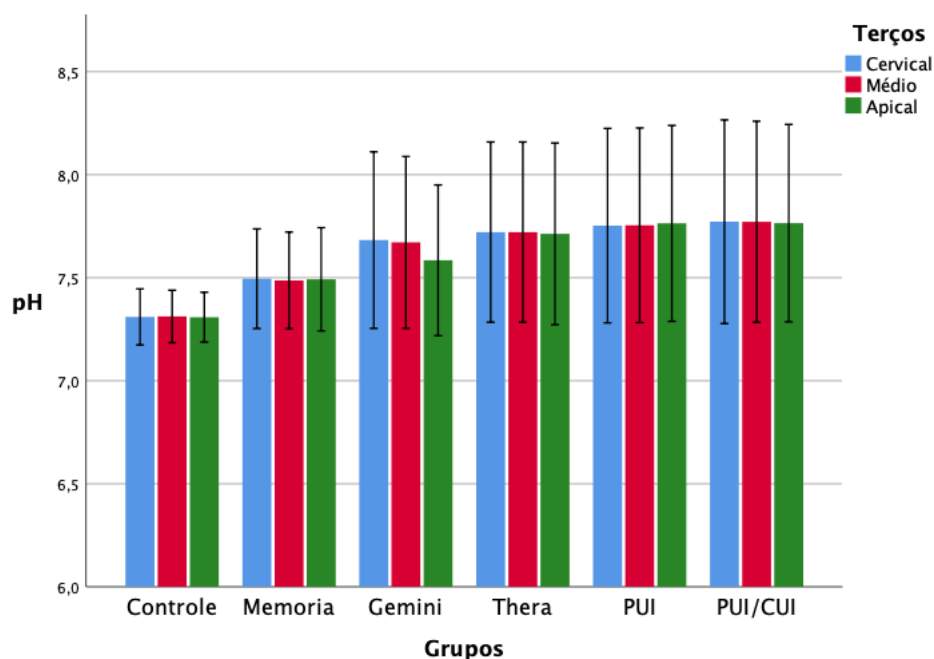
Tabela 9. Comparações múltipla das médias e desvio padrão do pH nos diferentes terços dentais para todos os tratamentos testados

Terços	Grupos											
	Controle		Memoria		Gemini		Thera		PUI		PUI/CUI	
Cervical	7,31	0,14 Aa	7,50	0,24 Ba	7,68	0,44 Ca	7,72	0,44 CDa	7,75	0,47 Da	7,77	0,49 Da
Médio	7,31	0,13 Aa	7,49	0,23 Ba	7,67	0,42 Ca	7,72	0,44 CDa	7,75	0,47 Da	7,77	0,49 Da
Apical	7,31	0,12 Aa	7,49	0,25 Ba	7,58	0,37 Cb	7,71	0,44 Da	7,76	0,48 DEa	7,77	0,48 Ea

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido vertical (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$).

Fonte: Arquivo pessoal do autor

A Figura 7 mostra a médias e desvio padrão do pH nos diferentes terços dentais para todos os tratamentos testados.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

Finalmente, o efeito do tempo no pH dependeu do tipo de tratamento utilizado. Os resultados mostraram que quanto maior o tempo os valores de pH aumentam para todos os tratamentos testados, sendo estatisticamente significante ($p < 0,05$). Após 28 dias, o grupo PUI/CUI apresentou os maiores valores de pH, quando comparados com os outros grupos, sendo estatisticamente significativo. A Tabela 10 demonstra o efeito da interação sobre os dois fatores avaliados (Tempo*Tratamento).

Tabela 10. Comparações múltipla das médias e desvio padrão do pH em relação ao tempo para todos os tratamentos testados

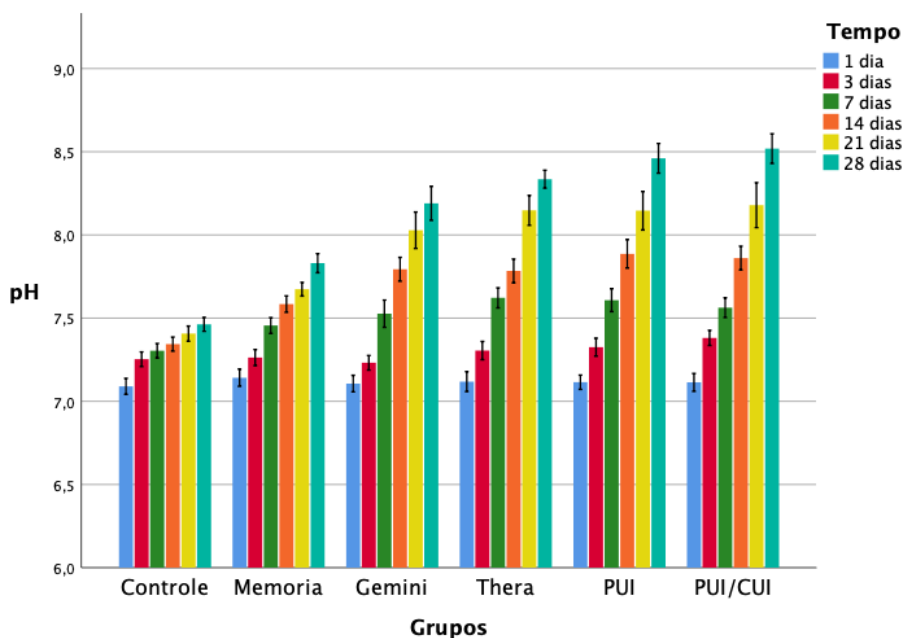
Tratamentos	Tempo											
	1 dia		3 dias		7 dias		14 dias		21 dias		28 dias]	
Controle	7,09	0,05 Aa	7,25	0,04 Ba	7,30	0,04 Ca	7,34	0,04 Da	7,41	0,05 Ea	7,46	0,04 Fa
Memória	7,14	0,05 Ab	7,26	0,05 Ba	7,46	0,05 Cb	7,58	0,05 Db	7,67	0,04 Eb	7,83	0,06 Fb
Gemini	7,11	0,05 Aab	7,23	0,04 Ba	7,53	0,08 Cce	7,79	0,07 Dc	8,03	0,11 Ec	8,19	0,10 Fc
Thera	7,12	0,06 Aab	7,31	0,06 Bb	7,62	0,06 Cd	7,78	0,07 Dc	8,15	0,09 Ed	8,34	0,05 Fd
PUI	7,12	0,04 Aab	7,33	0,05 Bb	7,61	0,07 Cde	7,89	0,09 Dd	8,15	0,12 Ed	8,46	0,09 Fe
PUI/CUI	7,11	0,05 Aab	7,38	0,05 Bc	7,56	0,06 Ce	7,86	0,07 Dd	8,18	0,14 Ed	8,52	0,09 Ff

Letras maiúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido horizontal. Letras minúsculas distintas indicam diferença significativa no sentido vertical (Teste de Bonferroni, $p < 0,05$).

Fonte: Arquivo pessoal do autor

A Figura 8 mostra a médias e desvio padrão do pH nos diferentes tempos para todos os tratamentos testados.

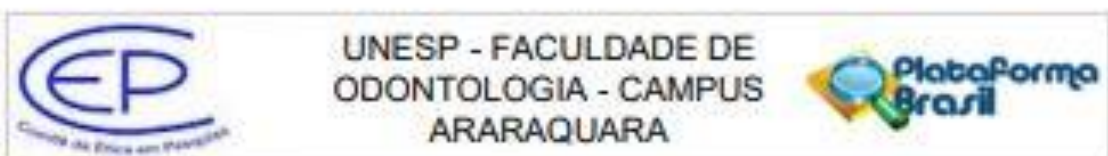
Figura 8- Médias e desvio padrão do pH nos diferentes tempos para todos os tratamentos testados.



Fonte: Arquivo pessoal do autor

ANEXO - Parecer consubstanciado do comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia - Campus Araraquara aprovando a realização da pesquisa

	UNESP - FACULDADE DE ODONTOLOGIA - CAMPUS ARARAQUARA			
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP				
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA				
Título da Pesquisa: Extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular, e a difusão de íons hidroxila, decorrentes da ativação fotoacústica do EDTA pelo laser diodo de alta potência.				
Pesquisador: Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert				
Área Temática:				
Versão: 3				
CAAE: 21735319.3.0000.5416				
Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP				
Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUP				
DADOS DO PARECER				
Número do Parecer: 3.690.746				
Apresentação do Projeto:				
O uso do ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) a 17% após hipoclorito de sódio (NaOCl) é a conduta recomendada e o padrão ouro para a remoção dos componentes orgânicos e inorgânicos da smear layer. A agitação dessas substâncias pode otimizar a remoção de debris e restos pulpaes presentes, alcançando áreas não tocadas durante o preparo biomecânico. O objetivo desse estudo é avaliar um protocolo de energização do EDTA aplicando dois diferentes tipos lasers de diodo de alta potência, comparando-os com os métodos de energização convencional e com o ultrassom, avaliando a extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular e à difusão de íons hidroxila (OH-) na dentina. Esse projeto é uma pesquisa experimental in vitro, a qual utilizará 120 dentes unirradiculados e padronizados, pré-selecionados por meio de radiografia digital. Suas coroas serão removidas com disco diamantado, padronizando as raízes em 16 mm, seguido do preparo com a lima K#45 e o sistema recíproco R50, 1 mm aquém do comprimento real do dente, com irrigação durante o preparo com NaOCl a 2,5%. Os dentes serão distribuídos aleatoriamente em 6 grupos segundo protocolos de irrigação final: G1- água destilada (controle), G2- inundação com EDTA 17% e agitação com lima K #50, G3- inundação com EDTA 17% energizado com ultrassom (Passive ultrasonic irrigation-PUI), G4- inundação com EDTA 17% energizado com ultrassom (PUI) e irrigação com água destilada, energizada com ultrassom (Continuous ultrasonic irrigation-CUI), G5- inundação com EDTA 17% energizado com laser diodo				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;"> Endereço: HUMAITÁ 1680 Bairro: CENTRO UF: SP Município: ARARAQUARA </td> <td style="width: 60%;"> CEP: 14.801-903 Telefone: (16)3321-6459 E-mail: cep@foar.unesp.br </td> </tr> </table>			Endereço: HUMAITÁ 1680 Bairro: CENTRO UF: SP Município: ARARAQUARA	CEP: 14.801-903 Telefone: (16)3321-6459 E-mail: cep@foar.unesp.br
Endereço: HUMAITÁ 1680 Bairro: CENTRO UF: SP Município: ARARAQUARA	CEP: 14.801-903 Telefone: (16)3321-6459 E-mail: cep@foar.unesp.br			



Continuação do Parecer: 3.690.748

Thera Lase Surgery, e G6- EDTA 17% energizado com laser diodo Gemini. Após irrigação final, todos os dentes serão irrigados com água destilada para remoção do EDTA. Sessenta raízes, terão desgastes proximais e serão avaliadas quanto ao extravasamento das substâncias durante a energização, e quanto à difusão dos íons OH-, por meio da medição do pH, com o phmetro na superfície externa das raízes e as outras sessenta raízes não terão desgastes proximais, e serão avaliadas quanto à alteração de temperatura das raízes e quanto à resistência na máquina universal de ensaio. Os dados serão submetidos à teste de normalidade para posterior análise estatística com nível de significância de 5%.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo desse estudo é avaliar um protocolo de aplicação de dois diferentes Lasers de Diodo energizando a solução de EDTA, comparando-o com os métodos de energização convencional e por ultrassom, avaliando a Extrusão apical, alteração de temperatura, resistência à fratura radicular e a difusão de íons OH- durante a etapa de irrigação final no tratamento endodôntico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os pesquisadores serão submetidos a radiação uma vez que durante a seleção dos dentes e obturação será necessário realizar tomadas radiográficas para padronizar os espécimes, dessa maneira, será utilizado sistema radiográfico digital com utilização de uma caixa de chumbo que evitará a propagação da radiação e protegerá operador. Durante o preparo dos dentes os profissionais utilizarão EPIS indicados e durante a aplicação dos lasers os profissionais utilizarão óculos de proteção adequados.

Benefícios: Obter um protocolo seguro e com bons resultados durante a irrigação final, no tratamento endodôntico. A fim de promover melhor limpeza, melhor difusão dos íons OH- do hidróxido de cálcio, sem promover extravasamento excessivo pelo forame apical, sem alterar a temperatura a ponto de aquecer muito o elemento dentário e sem comprometer a resistência mecânica do dente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está apresentado de maneira satisfatória e justificada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos obrigatórios foram apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não existem pendências.

Endereço: HUMAITÁ 1680

Bairro: CENTRO

CEP: 14.001-903

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

E-mail: cep@foar.unesp.br



UNESP - FACULDADE DE
ODONTOLOGIA - CAMPUS
ARARAQUARA



Continuação do Parecer: 3.680.766

Considerações Finais a critério do CEP:

Protocolo APROVADO em 06 de novembro de 2019.

O pesquisador deverá encaminhar relatórios parciais a cada 01 (um) ano até o prazo final da pesquisa, quando deverá encaminhar o relatório final.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMACOES_BASICAS_DO_PROJETO_1415995.pdf	24/10/2019 19:47:00		Aceito
Outros	CR.pdf	24/10/2019 19:44:19	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Cronograma	CertoCrono.pdf	24/10/2019 19:39:49	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEPP.doc	15/10/2019 15:45:32	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Orçamento	20190919183246035.pdf	19/09/2019 18:07:04	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoDeCompromisso.pdf	01/09/2019 19:41:49	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Orçamento	DedNaoRessarcimento.pdf	01/09/2019 19:40:08	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Orçamento	DedDetalhesDespesas.pdf	01/09/2019 19:37:35	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorrepositório / Biobanco	BancoDeDentes2.pdf	01/09/2019 19:36:49	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorrepositório / Biobanco	BarcodeDentes.pdf	01/09/2019 19:36:34	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AutorizacaoLabBioMat.pdf	01/09/2019 19:35:57	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AutLabMecanicos.pdf	01/09/2019 19:35:10	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico /	DevMatBiologico.pdf	01/09/2019 19:34:29	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito

Endereço: HUMAITA 1680

Bairro: CENTRO

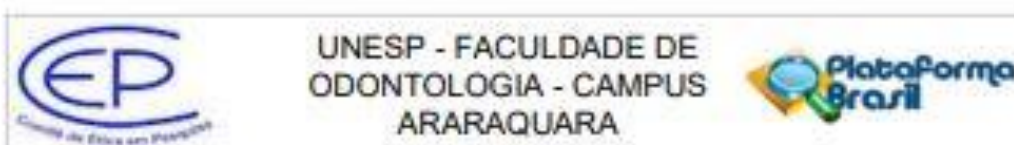
CEP: 14.801-863

UF: SP

Município: ARARAQUARA

Telefone: (16)3301-6459

E-mail: cep@foar.unesp.br



Continuação do Parecer: 3.680.765

Biorepositório / Biobanco	DevMatBiologico.pdf	01/09/2019 19:34:29	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	01/09/2019 19:33:44	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
Folha de Rosto	FDR.pdf	01/09/2019 19:30:51	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	01/09/2019 19:30:12	Fábio Luiz Camargo Vilela Berbert	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARARAQUARA, 07 de Novembro de 2019

Assinado por:
Andréa Gonçalves
(Coordenador(a))

**Não autorizo a publicação deste trabalho pelo prazo de 2 anos após a data de
defesa**

(Direitos de publicação reservado ao autor)

Araraquara, 30 de Março de 2020.

Luiz Fernando de Freitas Oliveira