

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO
MANUAL COMO COMPLEMENTO À PREPARAÇÃO
MECANIZADA**

Joana Filipa dos Inocentes Martins de Magalhães Pereira

Orientadores:

Professor Doutor António Ginjeira

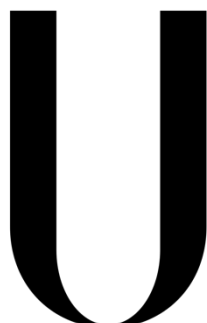
Professora Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2024

Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Dentária



LISBOA

UNIVERSIDADE
DE LISBOA

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO
MANUAL COMO COMPLEMENTO À PREPARAÇÃO
MECANIZADA**

Joana Filipa dos Inocentes Martins de Magalhães Pereira

Orientadores:

Professor Doutor António Ginjeira

Professora Doutora Karla Baumotte

Dissertação

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2024

“O futuro pertence àqueles que acreditam na beleza dos seus sonhos.”

Eleanor Roosevelt

“Uma viagem de 1000 quilómetros começa com o primeiro passo.”

O Rei Leão

“Há um instante, uma fração de segundo antes que o mundo se apodere dela de novo... Um momento em que ela supera todas as dúvidas e os medos que já teve sobre si mesma e ela voa.”

Captain Marvel

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor António Ginjeira, orientador desta dissertação, por todo o conhecimento que me transmitiu ao longo do meu percurso académico, pelo apoio e por estar sempre disposto a ajudar. A vontade, gosto e entusiasmo que tem em partilhar conhecimentos e experiências com todos os seus alunos são uma inspiração.

À minha coorientadora Professora Doutora Karla Baumotte, pela disponibilidade, acompanhamento constante e toda a motivação que me deu ao longo deste ano durante a elaboração desta dissertação. Foi fascinante partilhar todos os momentos e conversas onde sobressai sempre o seu amor, não só pela Endodontia, mas também pela vida e pelas pessoas.

À minha mãe, por ser a minha maior motivadora, por ter estado comigo em todos os momentos, bons e maus e nunca me ter deixado desistir. Por ter sido toda a minha força e coragem, de todas as vezes que não as tive.

Ao meu pai, por toda a força que me dá e que me ensina a ter, por estar sempre disposto a ajudar-me nos momentos em que preciso e por mover o mundo inteiro só para me ver bem e feliz.

A eles devo tudo aquilo que sou hoje e agradeço pelo amor incondicional, paciência e apoio, por passarem a vida deles a trabalhar muito, para que a minha seja muito mais fácil. Obrigada por celebrarem comigo até as mais pequenas conquistas e me ensinarem a querer ser sempre mais e a seguir sempre aquilo em que acredito.

Ao meu irmão, por me aturar, por me ouvir e nunca menosprezar aquilo que sinto. Obrigada por queres estar sempre presente e saberes sempre o que dizer para me fazer sentir melhor, por seres inspiração e o meu exemplo a seguir.

À Mariana, por ter sempre uma palavra amiga e de força para dar e, acima de tudo, estar sempre disposta a ajudar.

A toda a minha família, por todo o apoio que me deram. Por me ajudarem a ultrapassar todas as dificuldades e quererem celebrar sempre comigo as minhas conquistas.

À minha melhor amiga Rafaela Martins, pela companhia, pela força, por me ouvir sempre que precisei, por puxar por mim, por toda a ajuda e apoio incondicional. Obrigada por estares sempre presente, sem ti não tinha sido a mesma coisa. Obrigada, por tudo.

Às amigas que me acompanharam nestes últimos anos, por todas as conversas partilhadas e todas as gargalhadas. Tornaram este final um bocadinho mais fácil.

A todos aqueles com quem me cruzei nestes anos, colegas e professores, por marcarem o meu percurso e me ajudarem a crescer. Às mais queridas assistentes da clínica da faculdade, pela simpatia e apoio, por todos os abraços e palavra amiga e por serem “casa” quando estamos um bocadinho longe dela.

RESUMO

Introdução: A instrumentação é uma etapa clínica fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico. Mesmo com os numerosos avanços no desenvolvimento dos instrumentos e substâncias químicas, ainda não existe nenhuma técnica com capacidade de eliminar todos os microrganismos do sistema canal, levando à permanência de superfícies infetadas e, por vezes, regiões intactas. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência de uma instrumentação suplementar com limas manuais após a preparação mecanizada, através da determinação do volume de tecido dentário removido.

Materiais e Métodos: 30 incisivos inferiores foram instrumentados com recurso ao sistema mecanizado ProTaper Ultimate™ e divididos em dois grupos. No grupo 1 (G1) não foram realizadas mais preparações, e no grupo 2 (G2) foi realizada uma preparação suplementar com uma lima manual do tipo K#25. Foram obtidas imagens pré e pós-operatórias por CBCT. Estas imagens foram analisadas e processadas através do *software* InVesalius® onde, posteriormente foi determinado o volume inicial e final correspondente a cada dente para determinação do volume de tecido dentário perdido.

Resultados: A diferença entre o volume inicial e o volume final dentro de cada grupo foi bastante significativa ($p \leq 0,001$). A análise do volume de tecido dentário perdido entre os dois grupos também apresentou diferenças estatisticamente significativas com um valor de $p < 0,005$.

Conclusão: A preparação suplementar com instrumentos manuais demonstrou aumentar o volume de tecido dentário perdido e, por isso, ser uma forma simples de otimizar a instrumentação mecanizada. São necessários mais estudos que explorem a extensão da instrumentação, para garantir a integridade do dente tratado.

Palavras-chave: Endodontia, preparação canal, ProTaper Ultimate, instrumentação suplementar, tomografia computadorizada de feixe cónico

ABSTRACT

Introduction: Instrumentation is a fundamental clinical stage for a successful endodontic treatment. Even with the numerous advances in the development of instruments and chemical substances, there is still no technique capable of eliminating all microorganisms from the root canal system, leading to the permanence of infected surfaces and, sometimes, intact regions. The aim of this study was to evaluate the influence of supplementary instrumentation with hand files after rotary preparation by determining the volume of dental tissue removed.

Materials and Methods: 30 mandibular incisors were instrumented using the ProTaper Ultimate™ rotary system and divided into two groups. In group 1 (G1) no further preparations were made, and in group 2 (G2) an additional preparation was made with a K#25 hand file. Pre- and post-operative CBCT images were obtained. These images were analysed and processed using InVesalius® software, where the initial and final volume corresponding to each tooth was subsequently determined to evaluate the volume of dental tissue lost.

Results: The difference between the initial and final volumes within each group was highly significant ($p \leq 0,001$). Analysing the volume of lost dental tissue between the two groups also showed statistically significant differences with a p value $< 0,005$.

Conclusion: Supplementary preparation with hand instruments has been shown to increase the volume of dental tissue lost and therefore to be a simple way of optimising rotary instrumentation. Further studies are needed to explore the extent of instrumentation to ensure the integrity of the treated tooth.

Keywords: Endodontics, root canal preparation, ProTaper Ultimate, supplementary instrumentation, cone beam computed tomography

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	9
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
3.1. Seleção da amostra.....	10
3.2. Imagens obtidas pelo CBCT.....	10
3.3. Determinação do comprimento de trabalho.....	11
3.4. Preparação químico-mecânica dos canais.....	11
3.5. Análise do volume de tecido dentário perdido.....	12
3.6. Análise estatística.....	14
4. RESULTADOS.....	15
5. DISCUSSÃO.....	18
6. CONCLUSÃO.....	23
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
8. ANEXOS.....	28

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística descritiva e comparações de volume (mm^3) entre grupos e entre instantes.....	16
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Representação gráfica em boxplot da distribuição de volume inicial (mm^3) por cada grupo de estudo.....	16
---	----

Gráfico 2 – Representação gráfica em boxplot da distribuição de diferença de volume (V_p , mm^3) por cada grupo de estudo.....	17
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de espécime devidamente acondicionado.....	10
Figura 2 – Dente envolvido no suporte de alginato.....	10
Figura 3 – Suporte com limas mecanizadas ProTaper Ultimate™ e lima manual K #25.....	12
Figura 4 – Motor WaveOne™.....	12
Figura 5 – Limas manuais K #25 NiTiFlex®.....	12
Figura 6 – Instrumentação de um dente.....	12
Figura 7 – Reconstituição tridimensional de um dente através do software InVesalius®.....	12

LISTA DE ABREVIATURAS

.DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
kVp	Quilovoltagem de pico
s	Segundo
n	Número da amostra
G	Gauge
H0	Hipótese nula
H1	Hipótese alternativa
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i>
Micro-CT	Microtomografia computadorizada
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
NaClO	Hipoclorito de sódio
NiTi	Níquel-Titânio
Lima K	Lima do tipo Kerr
Lima H	Lima do tipo Hedström
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
Vi	Volume inicial
Vf	Volume final
Vp	Volume perdido

Unidades:

µm	micrómetro
mm	milímetro
cm	centímetro
mm ³	milímetro cúbico
ml	mililitro
mA	miliampere
rpm	rotações por minuto

Símbolos:

%	percentagem
p	nível de significância estatístico

1. INTRODUÇÃO

A Endodontia é a especialidade médico-dentária que se dedica à prevenção, diagnóstico e tratamento das doenças ou lesões da polpa dentária e dos tecidos que envolvem a raiz de um dente.⁽¹⁾

Lesões de cárie extensas, restaurações profundas, vários procedimentos dentários num mesmo dente, trauma, coroas desadaptadas, fraturas e doença periodontal são alguns dos principais motivos que comprometem a integridade do esmalte e do cimento dentário conferindo uma via de entrada aos microrganismos patológicos para o sistema pulpar, estabelecendo uma infecção no interior do dente. Se esta não for tratada pode-se exacerbar e gerar danos maiores, como o comprometimento do osso de suporte dentário, tornando o tratamento endodôntico o tratamento de eleição.⁽¹⁻²⁾

O tratamento endodôntico tem como objetivo eliminar ou reduzir os microrganismos do espaço do canal radicular removendo o tecido necrótico ou inficionado. Assim, é possível promover a recuperação após doença pulpar e periapical e prevenir a reinfeção e a sua propagação para os tecidos periapicais, através do selamento do canal radicular. Desta forma, o dente afetado permanece sem vitalidade na cavidade oral, restabelecendo a sua função no sistema estomatognático e preservando a manutenção da saúde dos tecidos periodontais. Assim, o tratamento endodôntico, acaba por ser um recurso que permite a manutenção, segura e eficaz, de dentes que de outra forma seriam extraídos.⁽²⁻⁵⁾

Numa consulta de Medicina Dentária devemos começar por realizar o diagnóstico pulpar e periapical do dente, como a realização de exames extraorais, palpação de tecidos moles, percussão, mobilidade, testes de sensibilidade pulpar, sondagem periodontal e complementar com exames radiográficos. Só após esta avaliação podemos concluir a necessidade de tratamento endodôntico e prosseguir com o mesmo.^(1,6-7)

O tratamento endodôntico propriamente dito é um processo de vários passos em que cada um tem um papel crucial na eficácia do tratamento e na preservação da saúde, assegurando a funcionalidade e integridade do dente a longo prazo.⁽⁸⁾

A primeira etapa do tratamento consiste na abertura coronária, que permite o acesso à câmara pulpar e aos canais radiculares.^(2,9) Este acesso é obtido através da coroa do dente, removendo o tecido pulpar e proporcionando uma via desimpedida e direta aos canais radiculares em toda a sua extensão. Assim, esta etapa permite reduzir o stress nos instrumentos subsequentes, usados em maior profundidade, e facilita uma melhor irrigação.⁽¹⁰⁾

Posteriormente à abertura coronária e localização dos canais procedemos com a medição do comprimento de cada canal radicular, designada de odontometria, sendo esta etapa fundamental para o tratamento canalar em toda a sua extensão. Existem várias formas para realizar a odontometria, sendo o método radiográfico e o uso do localizador apical os mais utilizados.⁽¹⁰⁾

Antes de avançar para a próxima etapa é recomendado criar uma via de permeabilidade em que, com uma lima manual de fino calibre (#6, #8 ou #10), passamos ligeiramente para lá dos limites do canal e através do forâmen cerca de 1 mm. Este procedimento deve ser realizado após o uso de cada instrumento, permitindo criar uma via de passagem, reduzindo o risco de acumulação de detritos na porção apical do canal e consequentemente prevenindo a fratura de instrumentos e de acontecerem bloqueios, degraus ou perfurações durante os procedimentos seguintes.⁽⁹⁻¹⁰⁾

Segue-se a instrumentação ou preparação químico-mecânica, cujo principal objetivo é alcançar a limpeza, desinfecção e modelagem do sistema canalar.⁽⁸⁾ A preparação biomecânica compreende o uso de instrumentos de rotação contínua ou recíprocante e/ou instrumentos manuais para expor, limpar, alargar e modelar o espaço canalar, auxiliada por um conjunto de agentes químicos para irrigação dos canais, desmineralização da dentina, dissolução do tecido pulpar e neutralização dos produtos bacterianos e toxinas.⁽⁸⁾

A instrumentação permite-nos remover diretamente as bactérias e seus metabolitos, vasos e nervos do sistema canalar ao mesmo tempo que alteramos a forma do canal (modelagem) para facilitar o acesso aos agentes ativos dos irrigantes e para permitir uma selagem ideal por parte do material de obturação na etapa seguinte.^(8,10-11) Para garantir que os irrigantes atinjam a porção mais apical do canal, Kerekes e Tronstad, em 1977⁽¹²⁾, propuseram que os canais deveriam ser preparados para um diâmetro superior, no entanto, o alargamento excessivo do canal pode remover uma porção significativa da dentina, levando ao seu enfraquecimento ou levar à destruição da anatomia do forâmen apical e comprometer a capacidade de selar o canal, comprometendo assim a qualidade do tratamento.^(8,10)

Quanto aos irrigantes utilizados na parte química da preparação, de entre os vários agentes existentes, o mais comumente utilizado é o hipoclorito de sódio (NaClO) devido às suas propriedades de dissolução dos tecidos orgânicos e à sua eficácia contra uma vasta gama de espécies de microrganismos. Este também é utilizado como lubrificante, com o humedecimento das paredes do canal, facilitando a instrumentação mecânica e reduzindo a fricção nos instrumentos.⁽⁹⁻¹⁰⁾

A ação dos instrumentos durante a preparação canalar cria uma camada de componentes orgânicos e inorgânicos, a *smear layer*, composta por detritos de dentina, restos pulpare e microrganismos, que se adere às paredes do canal. Esta camada pode obstruir a entrada dos túbulos dentinários, impedindo que os irrigantes acedam aos mesmos, levando a que certos microrganismos permaneçam na estrutura radicular, comprometendo a adaptação final do material de obturação. Para além disso, deve ser utilizado também um agente quelante, como é o caso do EDTA, com o intuito de remover o constituinte inorgânico desta camada e melhorar a desinfecção intracanal.^(9,13)

Esta é a etapa mais importante do tratamento endodôntico pois, para além de modelar os canais radiculares para a correta obturação, elimina o agente causal da patologia, evitando que microrganismos permaneçam na cavidade pulpar.^(2,11)

O terceiro e último passo do tratamento endodôntico é a obturação do sistema canalar utilizando um material biocompatível e resistente. O interior do canal radicular é selado, vedando o ápex para que, desta forma, seja impedida uma posterior reinfeção.⁽²⁾

Como referido anteriormente, a preparação químico-mecânica pode ser realizada com recurso a instrumentos mecanizados ou manuais. Ao longo dos anos, os instrumentos utilizados na área da Endodontia têm sofrido várias alterações e desenvolvimentos com o propósito de melhorar a sua *performance* e eficácia.

As limas manuais, produzidas em aço inoxidável, foram as primeiras a ser fabricadas, sendo os instrumentos mais antigos utilizados para a etapa da instrumentação.⁽¹⁴⁾ Este tipo de limas possui baixa flexibilidade e elevado módulo de elasticidade, tendo uma aplicação limitada em canais curvos e atrésicos. Possuem um alto poder de corte da dentina e são atualmente uma opção de baixo custo. No entanto, devido às suas características, têm limitações e apresentam desvantagens como a elevada probabilidade de causarem deformações ou de fraturarem dentro do canal, causam desvios e perfurações.⁽¹⁴⁻¹⁶⁾

Estas limas possuem diferentes calibres e, por isso, têm de ser alteradas várias vezes, para umas progressivamente mais largas, ao longo da instrumentação para se conseguir obter uma preparação adequada.⁽¹⁷⁾ A rigidez das limas de aço inoxidável é mais evidente à medida que os seus diâmetros aumentam.^(16,18) Atualmente estas encontram-se cada vez mais em desuso, para a instrumentação canalar propriamente dita, no entanto, continuam a ser recomendadas na fase exploratória do canal radicular e para a permeabilidade.⁽¹⁴⁾

Com o intuito de colmatar os problemas das limas em aço inoxidável, foi introduzida a liga de níquel-titânio (NiTi) no fabrico dos instrumentos. A liga NiTi é caracterizada pela sua super-elasticidade e memória de forma, que lhe permite regressar à sua forma original quando esta é alterada pela forma dos canais radiculares, maior resistência à fadiga cíclica, boa resiliência e resistência à corrosão, quando comparada com os instrumentos em aço inoxidável. Devido a estas propriedades, a produção de instrumentos em NiTi, permitiu uma preparação mais segura e fácil, com diminuição das falhas do tratamento, principalmente em canais com anatomia mais complexa.^(14-16,18)

As propriedades das ligas NiTi, possibilitaram o desenvolvimento de instrumentos rotatórios mecanizados, utilizados com recurso a motores endodônticos, podendo estes apresentar rotação contínua ou recíprocante. Os instrumentos rotatórios possuem uma maior eficácia de corte e não são necessários tantos instrumentos para realizar o tratamento, onde as suas características mecânicas permitem a modelagem dos canais radiculares, respeitando a sua trajetória original e sem alterar a anatomia. Estas características permitem diminuir a duração do tratamento endodôntico, simplificar os processos de instrumentação e aumentar a previsibilidade e a eficácia do tratamento.^(14,18)

O movimento de rotação contínua consiste em voltas de 360° em torno do seu eixo, de forma contínua, no sentido horário, permitindo o corte da dentina ao mesmo tempo que permite o avanço do instrumento. Esta cinemática rotatória pode levar o instrumento a condições de fadiga cíclica, conseqüente de sucessivas cargas de compressão e tensão na curvatura do canal radicular, ou a fadiga torsional, que ocorre quando parte do instrumento trava na parede do canal enquanto a haste continua o seu movimento e excede o limite de resistência da lima, torcendo-a, não sendo o suficiente para evitar a fratura dos instrumentos.^(14,19)

Com vistas a superar as dificuldades encontradas, muitos pesquisadores dedicaram-se ao estudo dos movimentos utilizados para as preparações radiculares. Assim, subseqüentemente, surgiu o movimento de rotação recíprocante em que num mesmo ciclo existem dois movimentos mecânicos, um primeiro no sentido horário, ocorrendo corte da dentina pela parte ativa da lima, seguido por um movimento no sentido anti-horário, para o alívio do instrumento.⁽¹⁹⁻²⁰⁾ Esta movimentação gera um menor risco de fratura devido ao stress torsional uma vez que o ângulo de rotação no sentido anti-horário foi projetado para ser menor que o limite elástico do instrumento, reduzindo a carga sobre a lima, permitindo-lhe seguir a trajetória do canal mais facilmente. Os instrumentos que realizam o movimento recíprocante, idealmente, são fabricados de forma em que, na maioria dos casos, apenas uma única lima é necessária para

preparação dos canais.^(10,14,20) A redução de ciclos dentro do canal radicular durante a preparação resulta também em um menor stress à flexão do instrumento, reduzindo a probabilidade de fadiga cíclica.⁽¹⁴⁾

Apesar das inúmeras vantagens apresentadas, as limas NiTi têm um elevado risco de fratura quando sujeitas a forças de flexão e torção.⁽²¹⁾ De modo a contornar este problema, são implementados diferentes tratamentos termomecânicos, durante a sua produção, que levam a diferentes configurações cristalográficas da liga NiTi e, por isso, alteram as suas propriedades mecânicas.⁽²⁰⁻²²⁾

A liga NiTi pode apresentar três fases cristalinas diferentes, cujas proporções determinam as propriedades mecânicas das limas: a austenítica, a martensítica e a Fase-R, que é um híbrido das duas anteriores. A fase austenítica ocorre quando a temperatura é mais elevada, apresenta uma estrutura central cúbica e propriedades mecânicas de superelasticidade e baixa deformação plástica. A fase martensítica ocorre a temperaturas mais baixas e é representada por uma estrutura hexagonal compacta, com elevada flexibilidade e elevada plasticidade, podendo ser facilmente deformada.^(21,23)

Os instrumentos tradicionais NiTi têm presente a fase austenítica à temperatura ambiente. No entanto, quando o instrumento é sujeito a stress mecânico, dentro do canal radicular, começa a transformar-se em martensite. Este processo de mudança de fase pode ser induzido por temperatura, stress mecânico ou pela combinação dos dois.^(21,24) A liga NiTi pode ser submetida a tratamentos termomecânicos antes ou após a sua produção que permitem uma maior proporção de martensite na temperatura ambiente.⁽²⁰⁻²²⁾

Estas alterações influenciam o comportamento mecânico das limas, aumentando o tempo de vida útil dos instrumentos, ajudam a preservar a anatomia original dos canais radiculares e dão ao clínico uma maior variabilidade de opções de limas consoante o que for mais apropriado para cada caso clínico.⁽²²⁾

Uma das primeiras ligas apresentadas foi a *M-Wire*, onde o tratamento térmico é realizado antes da produção da própria lima. Esta é composta por uma forma austenítica e uma pequena quantidade de fase martensítica, que conseqüentemente lhe confere uma resistência superior à torção e à fratura por fadiga cíclica.^(21,22,25)

A liga com tratamento térmico azul (*Blue heat-treated wire*) recebe o tratamento térmico após a produção, o que ajuda a minimizar o stress interno resultante do processo de fabrico.⁽²⁶⁻²⁷⁾ A cor azul é atribuída por uma camada de óxido de titânio na superfície, conferindo-lhe uma

certa rigidez. Esta liga apresenta uma fase martensítica estável e, por isso, uma maior resistência à fadiga cíclica e uma boa resistência à torsão.^(21-22,25)

A liga com tratamento térmico dourado (*Gold heat-treated wire*) também é resultado de um tratamento térmico pós-fabrico e apresenta um predomínio da fase martensítica sobre a fase austenítica. A sua cor é conferida por um tipo diferente de óxido de titânio, submetido a temperaturas diferentes da *Blue-Wire*. As limas *Gold* apresentam uma maior resistência à fadiga cíclica e elevada flexibilidade, mas a sua resistência à torsão é mais reduzida.^(21-22,25)

O sistema de limas mecanizadas ProTaper Ultimate™ constitui a geração mais recente da família ProTaper®. É o primeiro sistema que apresenta vários arranjos cristalográficos induzidos pelos diferentes tratamentos térmicos, permitindo diferentes propriedades mecânicas.⁽²²⁾ O fabricante afirma que este sistema, quando comparado com o seu antecessor ProTaper Gold™ e com outros sistemas do mercado, apresenta uma maior flexibilidade, uma maior resistência à fratura e uma maior resistência à fadiga. Demonstrou também um tempo de preparação menor e garantem a preservação máxima da dentina peri-cervical.⁽²⁸⁻²⁹⁾

Este sistema compreende 8 limas diferentes, que incluem^(22,28-29):

- Lima acessória Sx permite melhorar o acesso ao canal radicular.
- *Slider*, com cor roxa, permite criar a via de permeabilidade e remover detritos do canal, sem necessidade de limas manuais na maioria dos casos.
- *Shaper*, com cor branca, tem uma elevada eficácia de corte e maior remoção de detritos nos dois terços coronais, providencia um acesso mais fácil e seguro para o terço apical.
- *Finishers* / limas de acabamento (F1, F2 e F3), têm elevada flexibilidade, ideal para anatomias mais desafiantes, sem grande risco de fratura, e preparam o terço apical. Criam finalmente a forma profunda característica do sistema Ultimate.
- Limas auxiliares FX (35/.12), com cor verde, e FXL (50/.10), com cor amarelo duplo, servem para complementar a preparação em canais mais largos e retos.

As limas de acabamento F1 (cor amarela), F2 (cor vermelha) e F3 (cor azul) têm no mínimo uma conicidade de 7% para manter a forma profunda característica dos sistemas ProTaper®, apresentando respetivamente os tamanhos 20/.07, 25/.08 e 30/.09, o que providencia um melhor desbridamento do terço apical.^(22,28,30)

As oito limas que constituem este sistema foram fabricadas com ligas que foram sujeitas a 3 tratamentos térmicos distintos. A *Slider* recebeu o tratamento *M-Wire*; a *SX*, *Shaper*, F1, F2 e F3, receberam o tratamento térmico com tecnologia *Gold-Wire*, permitindo-lhe o adequado

tratamento e adaptação à forma do canal; e as limas auxiliares FX e FXL foram fabricadas com tratamento com tecnologia *Blue-Wire*.^(22,28)

Contudo, apesar da existência dos diferentes tipos de sistemas mecanizados e das melhorias técnicas que estes sofreram ao longo dos anos, muitas vezes ainda se mostram ineficazes para efetuar uma preparação completa e adequada. A instrumentação propriamente dita poderá ser deficiente, com paredes do sistema canalar intactas e a não remoção completa de detritos e de microrganismos, assim como dos seus metabolitos.⁽³¹⁾

A radiografia é parte integral da Endodontia sendo que providencia informações importantes para o diagnóstico e nos auxilia no tratamento.^(1,32) No entanto, as radiografias realizadas com técnicas convencionais estão bastante limitadas sendo que apenas permitem a obtenção de imagens a duas dimensões (2D) e estão sujeitas a distorções e sobreposições de outras estruturas anatômicas que impedem a detecção precisa de lesões periapicais.⁽³²⁾

Para contornar estas limitações, surgiram técnicas de obtenção de imagens, como a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), que nos permitem realizar uma avaliação radiográfica a três dimensões (3D) do dente e das estruturas circundantes, ideal para auxiliar no diagnóstico e gestão de problemas mais complexos.⁽³³⁻³⁴⁾ Posto isto, o CBCT é útil para avaliar a morfologia dos canais e a configuração das raízes, identificar canais não tratados, visualizar material em sobreobturação, analisar casos de reabsorção externa e/ou interna, avaliar fraturas radiculares e, como é mais sensível do que a radiografia periapical a detetar lesões ósseas, é benéfico para identificar casos que possam ser falsos negativos nos meios convencionais.⁽³⁴⁻³⁶⁾

Apesar de todas as vantagens apresentadas pelo CBCT em detrimento da radiografia convencional, este não deve ser utilizado como diagnóstico de rotina e ferramenta de avaliação de resultados.^(32,36) Assim, a decisão para avançar com CBCT deve ser tomada após avaliação clínica e análise de radiografias 2D.⁽³⁶⁾

É importante salientar que o sucesso do tratamento endodôntico apenas é adquirido com o conhecimento exímio da morfologia canalar e radicular, assim como a sua correta identificação para a realização deste procedimento clínico.^(2,8) A dentição humana apresenta uma vasta gama de variações anatômicas mesmo em dentes existentes no mesmo indivíduo.⁽⁸⁾

Os incisivos são dentes que geralmente apresentam raízes retilíneas pelo que a sua anatomia não é considerada complexa. Os incisivos mandibulares, normalmente, são os menores dentes da arcada dentária, possuem uma raiz única, com achatamento mesio-distal e alargamento vestibulo-lingual. No entanto, a sua anatomia interna é mais complexa, uma vez que,

frequentemente, possuem um segundo canal radicular ou bifurcações que podem terminar em um ou dois forâmenes, acabando por ser um desafio para o Médico Dentista pelo seu tamanho e variabilidade anatômica.^(2,37)

A persistência de microrganismos bacterianos no sistema canalar, mesmo após a realização do tratamento endodôntico, é a principal causa para o insucesso do tratamento, culminando em dor para o paciente. A complexidade da anatomia do sistema canalar pode representar desafios significativos na limpeza, desinfecção e modelagem, até para o clínico mais experiente. Variações anatômicas como istmos, curvaturas, canais laterais, ramificações apicais e bifurcações são alguns exemplos que podem influenciar os resultados da preparação químico-mecânica. Tanto os instrumentos manuais como os mecanizados atuam apenas no canal principal, e a limpeza e desinfecção destas variações fica apenas dependente das soluções irrigadoras que não são suficientes para eliminar todos os microrganismos.^(2,11)

Tendo em conta que qualquer remanescente de tecido pulpar pode comprometer o sucesso do tratamento, é necessário desenvolver novas técnicas para controlo da infeção no sistema canalar.^(4,8,11)

Posto isto, este estudo foi realizado com o intuito de testar a influência da utilização da instrumentação manual como complemento após a execução da preparação mecanizada.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta investigação consiste em avaliar a influência da utilização suplementar de limas manuais após a instrumentação mecanizada através da determinação do volume de tecido dentário removido durante a preparação químico-mecânica, em dentes humanos extraídos. Assim, formularam-se as seguintes hipóteses.

Hipóteses de trabalho:

Hipótese Nula (H0): Não existem diferenças estatisticamente significativas no volume dentário removido entre os preparos realizados com instrumentação mecanizada e manual comparativamente com os realizados apenas com recurso a limas mecanizadas. Ou seja, a instrumentação manual suplementar não tem influência sobre o volume dentário removido durante a preparação mecanizada.

Hipótese Alternativa (H1): Existem diferenças estatisticamente significativas no volume dentário removido entre os preparos realizados com instrumentação mecanizada e manual comparativamente com os realizados apenas com recurso a limas mecanizadas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Seleção da Amostra

Foram obtidos quarenta e três dentes, incisivos centrais e laterais inferiores, previamente extraídos e recolhidos em clínicas privadas, onde os dentes que possuíam bifurcações caninares, canais atrésicos ou calcificados foram excluídos. Finalizada a aplicação dos critérios de exclusão, o número total da amostra do presente estudo foi de trinta dentes.

Toda a amostra utilizada já possuía abertura coronária realizada, tendo sido acondicionada num local refrigerado, dentro de um frasco com água destilada devidamente identificada com o seu número correspondente, de 1 a 30, dentro do grupo amostral.



Figura 1 – Exemplo de um espécime devidamente acondicionado

3.2. Imagens obtidas pelo CBCT

Fez-se a recolha das imagens tridimensionais dos espécimes em dois momentos distintos: após abertura coronária e após a preparação químico-mecânica.

Cada elemento da amostra foi posicionado no seu recipiente individual e coberto com alginato de modo a manter a sua posição ao longo da obtenção da imagem.

As imagens foram obtidas com as seguintes configurações: voxel de 100 μm , FOV: 4x5cm, 14s, voltagem de 85 kVp e a corrente de 10 mA, através de um aparelho de tomografia computadorizada de feixe cónico (RAYSCAN[®], Alpha Plus 130, Ray America P/C/CBCT).

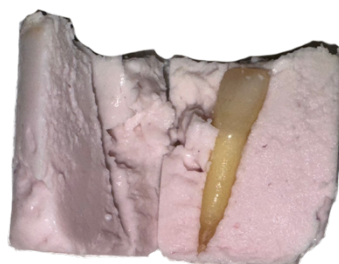


Figura 2 – Dente envolvido no suporte de alginato

3.3. Determinação do comprimento de trabalho

O acesso direto ao orifício de entrada do canal radicular através da abertura coronária previamente realizada, foi verificado com uma lima do tipo K #10, introduzida no canal até esta ser visível no ápex, com recurso a um microscópio (*Karl Kaps® D-35614 Asstar, Europastrasse, GmbH & Co.KG*). No momento em que a lima se tornou visível no ápex, o “stop” foi posicionado num respetivo ponto de referência selecionado em cada dente. A seguir, a lima foi removida do interior do canal e medida com o auxílio de uma régua milimetrada (*Bader®, Nigrán, Spain*). À medida obtida foi subtraído 1 mm para obtenção do comprimento de trabalho.

3.4. Preparação químico-mecânica dos canais

Todos os dentes foram instrumentados pelo mesmo operador e seguindo as indicações do fabricante para o sistema utilizado. Para esta etapa experimental foi utilizado um suporte confeccionado em silicone para ajudar a posicionar e apoiar cada dente durante a preparação químico-mecânica.

Foram utilizadas as limas mecanizadas *Slider, Shaper, F1 e F2* do sistema ProTaper Ultimate™, até atingirem o comprimento endodôntico, intercaladas com irrigação de NaClO numa concentração de 2,5%, com recurso a uma seringa descartável de 5 mililitros (ml) e uma agulha de irrigação 26G. Nesta etapa foi utilizado um total de 20 ml de NaClO em cada dente. Após instrumentação até à lima F2, esta etapa é dada como concluída quando um cone de gutapercha F2 era inserido até ao comprimento de trabalho. Caso este não atingisse o comprimento endodôntico, a instrumentação com a lima F2 era repetida. As limas foram acionadas por um motor com controlo de torque e velocidade e um micromotor com redução de 16:1 (*WaveOne™, Dentsply-Maillefer*). O motor foi pré-programado com as definições específicas para cada lima. As configurações do motor foram selecionadas de acordo com as indicações do fabricante, tendo sido selecionados torque 4.0 e velocidade 400rpm. Os instrumentos foram usados com movimentos lentos de entrada e saída do canal, de forma passiva até atingirem o comprimento de trabalho, e cada conjunto de limas foi descartado após a preparação de 4 dentes. De referir que todos os canais foram preparados pelo mesmo operador, inexperiente com o sistema utilizado.

Uma vez finalizada a preparação químico-mecânica de todos os dentes da amostra, estes foram aleatoriamente distribuídos em dois grupos de teste (n= 15). No Grupo 1 (G1) a

preparação foi efetuada apenas com o sistema mecanizado ProTaper Ultimate™ e no Grupo 2 (G2) foi realizada uma instrumentação adicional com instrumentos manuais.

No Grupo 2 (G2) após a instrumentação com o sistema ProTaper Ultimate™ ter sido concluída, utilizou-se uma lima manual NiTi do tipo K #25 (NiTiFlex®, L25mm ISO 025, Dentsply-Maillefer) até ao comprimento de trabalho, com movimentos circunferenciais contra a parede lingual, vestibular, mesial e distal em cada dente. Nova irrigação final do canal foi realizada com 5ml de NaClO.

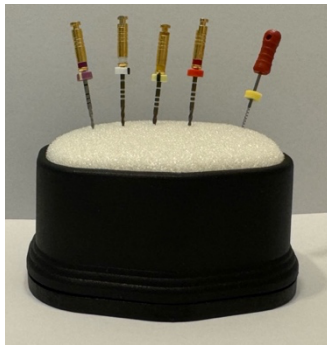


Figura 3 – Suporte com limas mecanizadas ProTaper Ultimate™ e lima manual tipo K #25



Figura 4 – Motor WaveOne™



Figura 5 – Limas manuais K #25, NiTiFlex®



Figura 6 – Instrumentação de um dente

3.5. Análise do volume de tecido dentário perdido

Através de um computador com sistema operacional Windows, as imagens obtidas pelo CBCT foram importadas para formato *.DICOM* com recurso ao *software* InVesalius® (InVesalius®, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, São Paulo).

Na análise da imagem de cada dente, antes e depois da preparação químico-mecânica, foi aplicado no *software* um filtro para eliminar os componentes que possuíam menor densidade

que os componentes dentários de esmalte, dentina e cimento, de forma a remover do valor final o volume do recipiente de acrílico e do alginato em que os dentes se encontravam inseridos. Para que na imagem dentária aparecessem apenas os componentes de interesse, os valores de densidade radiográfica mínima e máxima, eram específicos para cada elemento do grupo amostral e foram alterados gradualmente até que os componentes de menor densidade fossem eliminados totalmente, estando os valores mínimos entre 70 e 199 e os máximos entre 245 e 300. Nesta etapa, para a construção da imagem a três dimensões de cada dente, foram utilizadas as ferramentas de “seleção da região de interesse”, que permitiu selecionar a densidade para os componentes pretendidos, “criar nova superfície em 3 dimensões” e, por fim, “selecionar superfície máxima”, do *software* escolhido.

Foi registado o volume de esmalte, dentina e cimento, em milímetros cúbicos (mm³), calculado pelo *software* na imagem inicial, antes da preparação químico-mecânica, tendo sido este considerado como o volume inicial (Vi). Na imagem obtida pelo CBCT após a instrumentação, aplicou-se no *software* as mesmas especificações descritas anteriormente, sendo que se obteve um novo valor de volume, considerado como volume final (Vf).

Para determinar o volume dentário perdido (Vp) durante a instrumentação de cada grupo amostral, fez-se a diferença entre os dois valores obtidos, de acordo com a seguinte fórmula:

$$V_p = V_i - V_f.$$

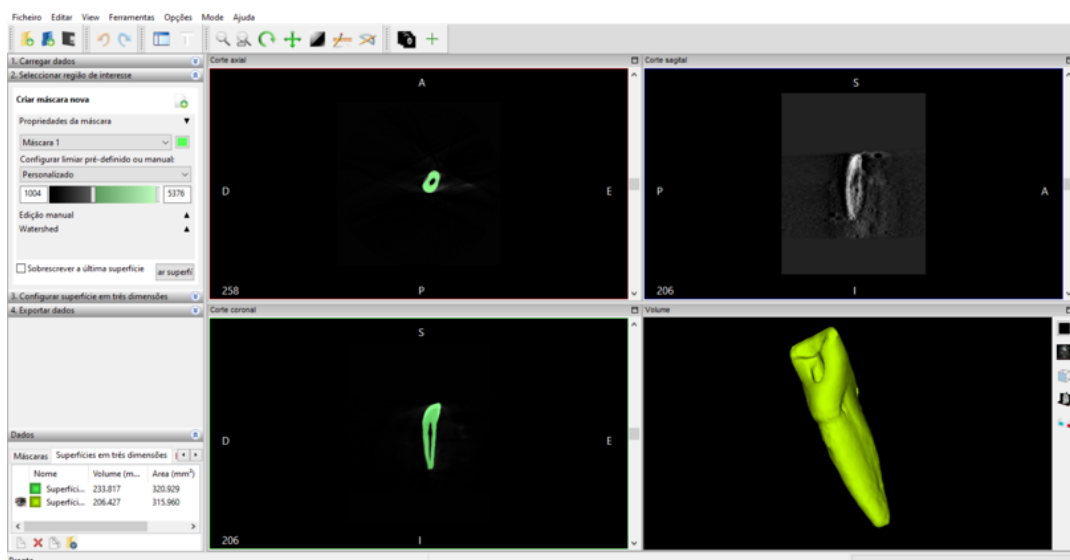


Figura 7– Reconstrução tridimensional de um dente através do *software* InVesalius®

3.6. Análise estatística

Após inserção dos dados em Microsoft Excel (Microsoft Excel 365, Redmond, USA), a análise estatística e representações gráficas foram realizadas com recurso ao software SPSS versão 29 (IBM, Armonk, NY, USA).

A análise incluiu estatísticas descritivas, nomeadamente média e desvio-padrão amostrais, valores mínimos, máximos, mediana e intervalos inter-quartil, bem como respetivas representações gráficas.

O *Teste Shapiro-Wilk* foi aplicado para testar a normalidade da distribuição. Em seguida, realizou-se a comparação de volumes inicial e final entre grupos com recurso ao *Teste T de Student* para Amostras Independentes ou, no caso de rejeição à normalidade, *Teste U de Mann-Whitney*. A comparação entre volume inicial e final foi realizada com recurso ao *Teste T de Student* para uma Amostra (H_0 : diferença = 0), em cada grupo.

O nível de significância utilizado no decorrer da análise foi de 0,05.

4. RESULTADOS

As estatísticas descritivas da amostra e as comparações referentes ao volume inicial, final e perdido através do método de análise dos CBCT's de todo o total da amostra encontram-se representadas, respetivamente, na tabela do Anexo I e nos gráficos 1, 2 e no do Anexo II.

A avaliação da comparação do volume de tecido dentário perdido durante a instrumentação apenas com o sistema mecanizado ProTaper Ultimate™, G1, e na instrumentação suplementada com instrumentos manuais, G2, encontra-se representada na Tabela 1 e no Gráfico 2.

Atendendo ao gráfico 1 e à Tabela 1, verificou-se que a variabilidade de volume inicial no G1 é inferior à existente no G2, assim como a mediana que no G1 é de 222,295, enquanto no G2 é de 242,844. No entanto, os valores de volume inicial foram semelhantes nos dois grupos, não existindo diferenças estatisticamente significativas entre eles ($p > 0,05$), sendo que o valor de significância obtido foi de 0,305.

Por outro lado, nota-se que o volume perdido observado entre ambos os grupos, apresenta diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,05$), onde a média amostral no G2 chega a ser quase o dobro da média amostral obtida no G1.

No G1, quando comparado com o G2 face ao volume perdido, verificou-se que existe uma menor variabilidade de volume perdido, apresentando um valor médio de 11,272 mm³ enquanto para o Grupo 2 foi de 20,884 mm³. Esta discrepância de valores também é possível de ser observada no Gráfico 2, onde no G2 se destacam valores mais elevados, culminante com uma maior variabilidade de volume perdido.

Como observação geral de todo este estudo experimental e apesar de os valores, tanto do volume inicial, como do volume final de cada grupo não serem estatisticamente significativos categoricamente, no mesmo grupo estes apresentam um valor de p bastante baixo ($p \leq 0,001$), tornando a diferença do Vi e do Vf significativa.

Tabela 1. Estatística descritiva e comparações de volume (mm³) entre grupos e entre instantes.
 \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral; IIQ: intervalo inter-quartil

	Grupo				p
	G1		G2		
	\bar{x} (s)	mediana (IIQ)	\bar{x} (s)	mediana (IIQ)	
Vi	232,394 (31,243)	222,295 (25,749)	235,817 (33,774)	242,844 (30,938)	0,305 ^a
Vf	221,122 (31,809)	211,859 (26,55)	214,933 (32,697)	218,999 (29,874)	0,653 ^a
Vi-Vf	11,272 (2,972)	10,81 (3,889)	20,884 (2,755)	21,226 (3,694)	<0,005 ^b
p	<0,001 ^c		0,001 ^c		

^a Teste U de Mann Whitney

^b Teste T de Student para Amostras Independentes

^c Teste T de Student para uma Amostra (H_0 : diferença = 0)

Gráfico 1. Representação gráfica em *boxplot* da distribuição de volume inicial (mm³) por cada grupo de estudo.

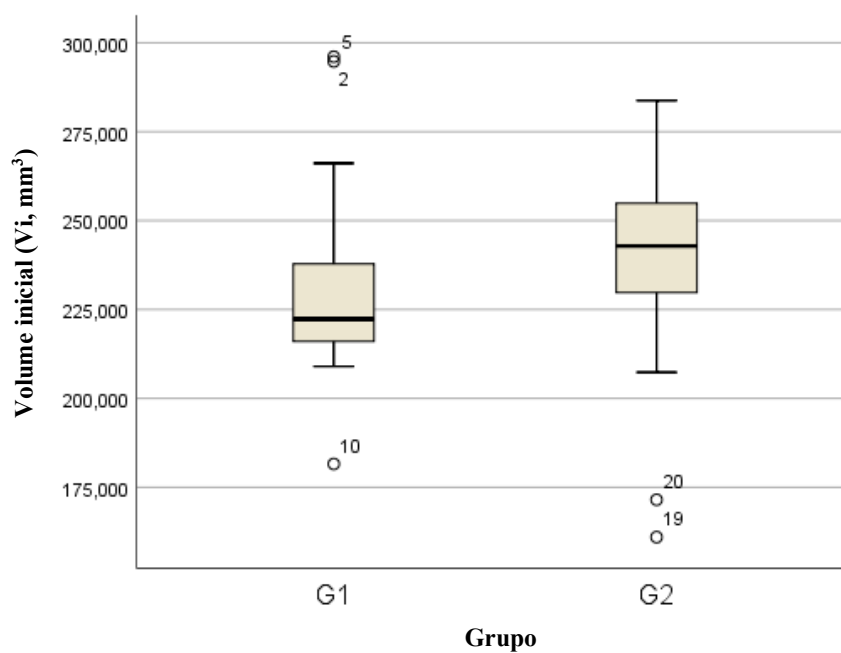
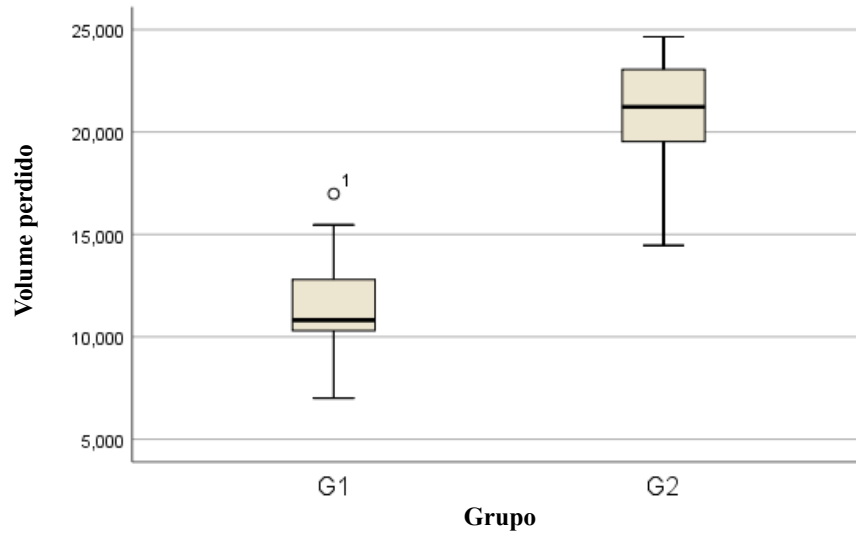


Gráfico 2. Representação gráfica em *boxplot* da distribuição de diferença de volume (V_p , mm^3) por cada grupo de estudo.



5. DISCUSSÃO

O tratamento endodôntico é constituído por várias etapas sendo que cada uma delas é fundamental para um tratamento eficaz, proporcionando a preservação da saúde do dente e garantindo a sua funcionalidade e integridade a longo prazo.⁽⁸⁾

A preparação químico-mecânica, que inclui o uso de agentes químicos e técnicas mecânicas, é considerada uma fase indispensável do tratamento endodôntico, visto que um dos seus principais objetivos é a remoção dos fatores etiológicos da periodontite apical.^(8,38)

A instrumentação é realizada com o intuito de remover completamente detritos, tecido pulpar infetado e microrganismos do sistema canal, desinfetando e modelando os canais, e, desta forma, resolvendo a dor e garantindo o selamento adequado, para evitar futuras recorrências.^(8,39) Assim, é fundamental que esta etapa seja realizada minuciosamente, uma vez que, a permanência de remanescentes de tecido pulpar infetado pode reduzir a taxa de sucesso do tratamento.^(8,40)

As complexidades anatómicas do sistema canal representam um grande desafio para uma preparação adequada, aumentando o risco de ocorrência de erros iatrogênicos e a desinfecção insuficiente com a persistência de bactérias em certas zonas canulares. Atualmente, ainda não existem técnicas ou substâncias que consigam eliminar todos os microrganismos do canal radicular, o uso de limas convencionais ou instrumentos rotatórios NiTi permitem limpar as paredes canulares, no entanto, não proporcionam uma superfície totalmente inóspita.^(8,39,41)

Para tentar resolver este problema, alguns autores sugeriram a realização de uma instrumentação suplementar após a preparação mecanizada com o objetivo de melhorar a preparação do canal radicular, aumentando a área instrumentada das paredes do mesmo.⁽⁴⁰⁻⁴²⁾

O presente estudo teve como propósito avaliar a influência que a instrumentação suplementar com uma lima manual poderá ter sobre a realização de uma preparação mecanizada. É importante referir que o estudo foi efetuado por um único operador, um aluno do pré-graduado de Medicina Dentária, com reduzida experiência no manuseamento de equipamentos e sem qualquer experiência com o sistema de limas mecanizado selecionado.

O CBCT é um método de obtenção de imagens muito utilizado na Medicina Dentária como auxiliar no diagnóstico de várias patologias, avaliar a morfologia dentária e identificar problemas como sobreobturações, fraturas e reabsorções.⁽³³⁻³⁶⁾ É utilizado como método de avaliação em diversos estudos na área da Endodontia e foram encontradas várias pesquisas em que este era utilizado para avaliar as diferenças de volume de dentina antes e após a

instrumentação com vários sistemas, no entanto, até ao momento, nenhuma incluía a utilização de uma instrumentação suplementar.

A microtomografia computadorizada (micro-CT) tem sido frequentemente utilizada em investigações para determinar o volume perdido durante a instrumentação, para avaliar a percentagem de áreas não instrumentadas e estudar a capacidade de modelagem dos instrumentos. O micro-CT é uma ferramenta que permite a obtenção de imagens 3D de alta resolução, de uma forma não destrutiva. No entanto, apresenta algumas limitações como o elevado tempo de processamento das imagens, o custo elevado e as altas doses de radiação que podem ser suficientes para ter um impacto experimental.^(39,43,45-46)

A metodologia deste estudo foi baseada a partir do modelo descrito por Castro-Perez *et al.* (2023)⁽⁴²⁾, em que, no presente estudo, se optou por seleccionar uma amostra maior. Assim, foram seleccionados 30 dentes incisivos mandibulares, que não possuíam bifurcações canales, canais atrésicos ou calcificados. No estudo mencionado também foi padronizado o comprimento endodôntico de todos os dentes para um mesmo valor, através do desgaste da superfície incisal. Este procedimento não foi realizado no presente estudo pois a alteração da anatomia dentária poderia ter influência no movimento e na eficácia dos instrumentos utilizados.

Todos os dentes da amostra com a abertura coronária realizada, foram acondicionados em frascos com água destilada e identificados com o número correspondente. Após a obtenção das imagens pelo CBCT, antes e após a preparação químico-mecânica, a amostra foi submetida a um *software* para determinar o volume inicial e o volume final, respetivamente, para que fosse possível a determinação do volume de tecido dentário removido durante esta etapa.

Para a instrumentação mecanizada, optou-se pela utilização do sistema ProTaper Ultimate™, por ser um sistema inovador, que reúne várias características dos sistemas antecessores.⁽²²⁾ Este apresenta como principais características uma flexibilidade elevada, permitindo a sua navegação em canais mais curvos e estreitos, grande resistência à fratura, devida à utilização de ligas NiTi aprimoradas e alta eficiência de corte, devida ao design variado das limas. Estas características juntamente com o facto de apresentar uma sequência de limas simplificada, permitiu também reduzir o tempo da preparação.^(22,28-29,47) Em contrapartida, por ser um novo sistema, existe pouca variabilidade de estudos sobre as suas características e limitações, tendo este sido o motivo para a sua seleção no presente estudo.

Complicações durante a preparação podem surgir, sendo uma delas a fratura dos instrumentos.⁽⁴⁸⁾ Ao ser utilizada várias vezes, a lima sofre uma modificação na sua superfície

de corte, diminuindo a sua eficácia, podendo assim, ter efeitos no volume de tecido dentário removido.⁽⁴⁹⁾ Apesar de não ter sido encontrado na literatura estudos que mencionem a frequência para substituição das limas ProTaper Ultimate™, muitos fazem referência aos outros sistemas da família ProTaper®. Estes estudos mencionam que não existe uma regulação específica acerca do número de vezes que um instrumento NiTi pode ser reutilizado.⁽⁴⁹⁾ No entanto, em 2006, Wolcott *et al.* determinaram que utilizar limas ProTaper® até quatro vezes, não alterava significativamente as suas características e não aumentava o seu risco de fratura.⁽⁵⁰⁾ Posto isto, e dada a inexperiência do operador, cada sistema ProTaper Ultimate™ foi descartado após quatro utilizações.

Para permitir a padronização do estudo e a sua reprodutibilidade, todos os dentes foram instrumentados até à mesma lima F2 com a sua confirmação através do uso do cone de gutapercha correspondente e o uso do mesmo volume de NaClO para irrigação.

Após a instrumentação mecanizada, a amostra foi dividida de forma aleatória em dois grupos, sendo que em um dos grupos foi realizada uma preparação suplementar com uma lima manual NiTi do tipo K #25. Selecionou-se uma lima K pois, a literatura descreve que esta tem uma maior rigidez e, por isso, consegue chegar facilmente a zonas mais recuadas e alcança facilmente as extremidades da secção transversal do canal. A ponta da lima mecanizada F2 possui um diâmetro de 0,25mm (#25), pelo que a lima manual selecionada corresponde ao mesmo diâmetro. Por estes motivos, a utilização da lima K #25 permite evitar o desgaste excessivo das paredes proximais.⁽⁵¹⁻⁵²⁾

Quanto ao volume inicial obtido nos dois grupos, não houve diferenças estatisticamente significativas (Tabela 1), não se apresentando como um viés para o estudo e garantindo a semelhança e viabilidade da amostra. O volume inicial relativo ao Grupo 1 apresentou uma menor dispersão de valores, quando comparado com o Grupo 2, e ambos os grupos apresentam alguns valores discrepantes correspondentes aos dentes 2, 5 e 10 no G1 e aos dentes 19 e 20 no G2 (Gráfico 1). Esta diferença pode ser justificada pela variabilidade presente em função da diversidade anatômica natural dos espécimes.

No que diz respeito ao volume de tecido dentário perdido, conseguimos observar através da análise da Tabela 1 e do Gráfico 2, que existiram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ($p \leq 0,05$) e que o grupo 2 apresenta uma maior variabilidade de valores. Assim, verificou-se uma maior perda de volume no grupo cuja instrumentação mecanizada foi suplementada com instrumentos manuais.

Apesar de não terem sido encontrados na literatura estudos realizados sob os mesmos parâmetros que o presente, vários foram realizados recorrendo a outros instrumentos e outros métodos de avaliação.

Gazzaneo *et al.*, em 2020, realizaram um estudo *ex vivo*, com o objetivo de comparar a capacidade de desinfecção e modelagem de dois protocolos de preparação. Um dos protocolos em estudo envolvia a preparação de 23 segundos molares inferiores com recurso a um sistema mecanizado BR-Hed (BioRace™) que foi posteriormente suplementado com uma lima manual #25 do tipo H (Hedström). Através de imagens adquiridas por micro-CT, os autores verificaram diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito ao volume e à área da superfície, concluindo que a instrumentação suplementar aumenta a superfície do canal radicular.⁽⁴¹⁾

Paqué *et al.* (2010) avaliaram as áreas de superfície preparadas em canais de molares inferiores, onde incluiu um grupo em que após a preparação com um sistema inespecífico da ProTaper® foi realizada suplementação com limas do tipo H desde a lima#30 até à lima#40. Verificaram que com a instrumentação suplementar houve diminuição da percentagem de áreas não instrumentadas.⁽³⁹⁾

Castro-Perez *et al.* (2023) avaliou a influência da suplementação manual após a preparação com os sistemas mecanizados XP-Endo® *Shaper* e WaveOne Gold®. Neste caso, após a preparação mecanizada, foi realizada a instrumentação com uma lima k #25, onde se verificou que a suplementação manual aumentou a superfície do canal radicular após a preparação mecanizada e diminuiu o número de superfícies não tocadas. No entanto, neste mesmo estudo, foi possível verificar a existência de superfícies não instrumentadas, na parede lingual e vestibular, mesmo após a instrumentação suplementar.⁽⁴²⁾

Apesar das diferenças relativas à metodologia, o presente estudo vai ao encontro dos resultados obtidos nos estudos supracitados.

A preparação dos canais leva ao seu alargamento, que deve ser suficiente para eliminar os microrganismos, restos pulpares e dentina infetada. No entanto, o seu alargamento excessivo, pode pôr em perigo a integridade da raiz e conseqüentemente, aumenta o risco de fraturas. A instrumentação suplementar, pode eventualmente, causar um desgaste excessivo da dentina embora a extensão exata da limpeza e desinfecção necessária para garantir o tratamento ideal ainda não seja conhecida.^(8,43)

O estudo realizado apresenta como principal desvantagem o facto de não se ter incidido sobre os locais exatos da remoção do tecido durante a instrumentação suplementar. Sabe-se que

a instrumentação suplementar aumenta o volume de tecido dentário removido, que poderá ser considerada uma melhoria na preparação, no entanto, pode estar a ser removida estrutura em excesso, comprometendo a integridade do tratamento, ou, pode esta ainda não ser suficiente, fazendo com que microrganismos permaneçam.

Tendo em conta os resultados obtidos neste estudo e a sua comparação com outros resultados, estudos futuros poderão incidir na determinação da extensão e dos locais específicos no canal onde é removido o tecido e, avaliar as áreas que ficam ainda ficam por instrumentar.

6. CONCLUSÃO

A preparação químico-mecânica é uma etapa de extrema importância para o sucesso do tratamento endodôntico. Assim, o clínico deve ter sempre em consideração a necessidade de remover os tecidos pulparez infetados na sua maior extensão possível.

Dentro das limitações deste estudo, é possível concluir que a preparação mecanizada é otimizada com uma instrumentação suplementar manual, visto que esta última aumenta o volume de tecido dentário removido.

A suplementação da preparação mecanizada com instrumentos manuais é uma forma simples de melhorar a limpeza e modelagem do canal e, assim, o resultado final do tratamento endodôntico. No entanto, mais estudos que explorem a extensão da instrumentação canalizar sobre estes métodos devem ser realizados de modo a garantir uma preparação químico-mecânica o mais efetiva possível, sem comprometer a integridade do dente tratado.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hargreaves KM, Berman LH. Cohen's Pathways of the Pulp. 11th ed. St. Louis: Elsevier; 2015.
2. Santos R, Torres C, Sampaio C. Anatomia interna dos incisivos inferiores: revisão de literatura. Interfaces. 2016;3(9):01-5.
3. Tabassum S, Khan F. Failure of endodontic treatment: the usual suspects. Eur J Dent. 2016;10(1):144-7.
4. Akbar I. Radiographic study of the problems and failures of endodontic treatment. Int J Health Sci (Qassim). 2015;9(2).
5. Fransson H, Dawson V. Tooth survival after endodontic treatment. Int Endod J. 2023;56(2):140-53.
6. American Association of Endodontists: Guide to Clinical Endodontics. 6th ed. 2013.
7. Ingle JI, Bakland LK, Baumgartner JC. Ingle's Endodontics. 6th ed. Hamilton:BC Decker Inc. 2008.
8. Versiani MA, Martins JNR, Ordinola-Zapata R. Anatomical complexities affecting root canal preparation: a narrative review. Aust Dent J. 2023;68(1):05-23.
9. Tsotsis P, Dunlap C, Scott R, Arias A, Peters OA. A survey of current trends in root canal treatment: access cavity design and cleaning and shaping practices. Aust Endod J. 2021;47:27-33.
10. Tomson PL, Simon SR. Contemporary cleaning and shaping of the root canal system. Prim Dent J. 2016;5(2):46-53.
11. Siqueira Jr JF, Rôças IN, Marceliano-Alves MF, Pérez Ar, Ricucci D. Unprepared root canal surface areas: causes, clinical implications, and therapeutic strategies. Braz Oral Res. 2018;32.
12. Kerekes K, Tronstad L. Morphometric observations on root canals of human anterior teeth. J Endod. 1977;3(1).
13. Chandler N, Chellappa D. Lubrication during root canal treatment. Aust Endod J. 2019;45(1):106-10.
14. Lima LC, Cornélio AL. Instrumentação com sistema recíprocante: revisão de literatura. R Odontol Plan Cent. 2020;18(1):01-18.
15. Siddique R, Nivedhitha M. Effectiveness of rotary and reciprocating systems on microbial reduction: a systematic review. J Conserv Dent. 2019;22(2):114-22.
16. Guillory M, Vall P. Past, present, and future trends of nickel titanium rotary instrumentation. J Vet Dent. 2022;39(3):257-68.

17. Barasuol JC, Alcalde MP, Bortoluzzi EA, Duarte MA, Cardoso M, Bolan M. Shaping ability of hand, rotary and reciprocating files in primary teeth: a micro-CT study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2021;22:195-201.
18. Zanza A, D'angelo M, Reda R, Gambarini G, Testarelli L, Nardo D. An update on nickel-titanium rotary instruments in Endodontics: mechanical characteristics, testing and future perspective – an overview. *Bioengineering.* 2021;8(218).
19. Laurindo F, Figueiredo J. Reciprocating versus rotary instruments: a review. *Ver Odonto Cienc.* 2016;31(3):135-9.
20. Gavini G, Santos M, Caldeira C, Machado M, Freire L, Iglecias E, Peters O, Candeiro G. Nickel-titanium instruments in Endodontics: a concise review of the state of the art. *Braz Oral Res.* 2018;32.
21. Grande NM, Castagnola R, Minciocchi I, Marigo L, Plotino G. A review of the latest developments in rotary NiTi technology and root canal preparation. *Aust Dent J.* 2023;68(1):24-38.
22. Martins JNR, Silva EJ, Marques D, Ajuz N, Pereira MR, da Costa RP, Fernandes FM, Versiani MA. Characterization of the file-specific heat-treated ProTaper Ultimate rotary system. *Int Endod J.* 2023;56:530-42.
23. Shen Y, Zhou H, Zheng Y, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-72.
24. Otsuka K, Ren X. Physical metallurgy of Ti-Ni-based shape memory alloys. *Prog Mater Sci.* 2005;50(5):511-678
25. Rubio J, Zarzosa JI, Aranda S, Casino A, Pallarés A. A comparative study of cyclic fatigue of 6 endodontic systems. An in vitro study. *J Clin Exp Dent.* 2022;14(7):560-5.
26. Plotino G, Testarelli L, Al-Sudani D, Pongione G, Grande NM, Gambarini G. Fatigue resistance of rotary instruments manufactured using diferente nickel-titanium alloys: a comparative study. *Odontology.* 2014;102(1):31-5.
27. Martins LE. Tratamento termomecânico das ligas Níquel-Titânio endodônticas [dissertation]. Porto: Universidade Fernando Pessoa; 2019.
28. Dentsply Sirona. ProTaper Ultimate Performance Unlimited. [Internet]. [cited 2024 Feb 18]. Available from: <https://www.dentsplysirona.com/en/discover/discover-by-brand/protaper-ultimate-solution/protaper-ultimate-endodontic-files.html>
29. Mustafa M, Attur K, Bagda KK, Singh S, Oak A, Kathiria N. An appraisal on newer endodontic file systems: a narrative review. *J Contemp Dent Pract.* 2022;23(9):944-52.

30. Ribeiro G, Martin V, Rodrigues C, Gomes P. Comparative evaluation of the canal shaping ability, pericervical dentin preservation, and smear layer removal of TruNatomy, WaveOne Gold, and ProTaper Ultimate – an ex vivo study in human teeth. *J Endod.* 2023;49(12):1733-8.
31. Marceliano-Alves MF, Sousa-Neto MD, Fidel SR, Steier L, Robinson JP, Pécora JD, Versiani MA. Shaping ability of single-file reciprocating and heat-treated multifile rotary systems: a micro-CT study. *Int Endod J.* 2015;48:1129-36.
32. Patel S, Brown J, Semper M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontology position statement: use of cone beam computed tomography in Endodontics. *Int Endod J.* 2019;52:1675-8.
33. Patel S, Brown J, Pimentel T, Kelly RD, Abella F, Durack C. Cone beam computed tomography in Endodontics – a review of literature. *Int Endod J.* 2019;52:1138-52.
34. Nasseh I, Al-Rawi W. Cone beam computed tomography. *Dent Clin N Am.* 2018;62:361-91.
35. Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral Rehabil.* 2016;43:753-58.
36. Chugal N, Mallya S, Kahler B, Lin LM. Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin N Am.* 2017;61:59-80.
37. Lima CO, Magalhães LT, Marceliano-Alves MF, Oliveira PY, Lacerda MF. Internal lower incisor morphology revealed by computerized microtomography. *Acta Odontol Latinoam.* 2020;33(1):33-7.
38. Srivastava S. Root canal instrumentation: current trends and future perspectives. *Cureus.* 2024;16(4).
39. Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters OA. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010;36(4):703-7.
40. Jou YT, Karabucak B, Levin J, Liu D. Endodontic working width: current concepts and techniques. *Dent Clin N Am.* 2004:323-35.
41. Gazzaneo I, Amoroso-Silva P, Pacheco-Yanes J, Alves F, Marceliano-Alves M, Olivares P, Meto A, Mdala I, Siqueira Jr JF, Rôças IN. Disinfecting and shaping type I C-shaped root canals: a correlative micro-computed tomographic and molecular microbiology study. *J Endod.* 2021;47(4):621-30.

42. Castro-Perez MA, Nabeshima CK, Silva E, Valdivia JE, Gavini G, Machado ME. Optimization of automated preparation of long oval-shaped root canals using supplementary instrumentation. *Braz Dent J.* 2023;34(2):35-40.
43. Pérez AR, Alves FR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Gonçalves LS, Neves AA, Siqueira Jr JF. Effects of increased apical enlargement on the amount of unprepared areas and coronal dentine removal: a micro-computed tomography study. *Int Endod J.* 2017;51:684-90.
44. De-Deus G, Belladonna FG, Silva EJ, Marins JR, Souza EM, Perez R, Lopes RT, Versiani MA, Paciornik S, Neves AA. Micro-CT evaluation of non-instrumented canal areas with different enlargements performed by NiTi systems. *Braz Dent J.* 2015;26(6):624-9.
45. Aksoy U, Küçük M, Versiani MA, Orhan K. Publication trends in micro-CT endodontic research: a bibliometric analysis over a 25-year period. *Int Endod J.* 2021;54:343-53.
46. Ghavami-Lahiji M, Davaloo RT, Tajziehchi G, Shams P. Micro-computed tomography in preventive and restorative dental research: a review. *Imaging Sci Dent.* 2021;51:341-50.
47. Sharawy WW, Shater WH. Shaping ability of ProTaper Gold and ProTaper Ultimate in simulated root canals: a comparative study. *Sch J Dent Sci.* 2023;10(1):12-9.
48. Tabassum S, Khan FR. Failure of endodontic treatment: the usual suspects. *Eur J Dent.* 2016;10:144-7.
49. Ounsi HF, Franciosi G, Paragliola R, Goracci C, Grandini S. Effect of repeated use on the shaping ability of ProTaper Universal rotary files. *International Dentistry SA.* 2010;12(6).
50. Wolcott S, Wolcott J, Ishley D, Kennedy W, Johnson S, Minnich S, Meyers J. Separation incidence of ProTaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. *J Endod.* 2006;32:1139-41.
51. Eiayouti A, Chu A, Kimionis I, Klein C, Weiger R, Löst C. Efficacy of rotary instruments with greater taper in preparing oval root canals. *Int Endod J.* 2008;41:1088-92.
52. Barbizam JV, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD. Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod.* 2002;28.

8. ANEXOS

Anexo 1 – Estatísticas descritivas referentes a volume inicial (Vi), volume final (Vf) e diferença (Vi-Vf). \bar{x} : média amostral; s: desvio padrão amostral; min:mínimo; max:máximo; IIQ: intervalo inter-quartil

	\bar{x} (s)	[min; max]	mediana (IIQ)
Vi (mm ³)	234,105 (32,015)	[160,971; 296,083]	234,543 (34,56)
Vf (mm ³)	218,027 (31,851)	[146,517; 285,564]	215,334 (29,153)
Vperdido (mm ³)	16,078 (5,641)	[7,009; 24,648]	16,179 (10,416)

Anexo 2 – Representação gráfica em caixa-de-bigodes da distribuição de volume final (mm³) por grupo.

