



**UNIVERSIDADE
FERNANDO
PESSOA**

COMO PRESERVAR ESTRUTURA DENTÁRIA NA REMOÇÃO DE INSTRUMENTOS FRATURADOS: SISTEMAS DE LOOP- REVISÃO NARRATIVA

[How to preserve dental structure in removal of fractured instruments: Loop Systems -
Narrative review]

Dissertação de Mestrado

[2019-2024]

Ana Beatriz de Oliveira Magalhães

Orientador:

Mestre Miguel Albuquerque Matos

Outubro 2024

COMO PRESERVAR ESTRUTURA DENTÁRIA NA REMOÇÃO DE INSTRUMENTOS FRATURADOS: SISTEMAS DE LOOP- REVISÃO NARRATIVA

[How to preserve dental structure in removal of fractured instruments: Loop Systems - Narrative review]

Dissertação de Mestrado

[2019-2024]

Ana Beatriz de Oliveira Magalhães

Orientador:

Mestre Miguel Albuquerque Matos

Outubro 2024

Dedico este trabalho final de curso à minha família.

Dedico-o ao meu pai, Litos, e à minha mãe, Cláudia, por todo o esforço que fizeram ao longo da minha jornada académica. Sem eles, os meus sonhos não seriam cumpridos. Devo-lhes toda a dedicação e empenho, com os quais me comprometo a exercer a profissão de Médico Dentista, levando como exemplo as suas histórias de vida e as suas conquistas, das quais me orgulho.

Quero ainda dedicar a minha dissertação de mestrado à minha avó, Ana. A ti minha querida avó, que nunca tiveste a oportunidade de estudar e cumprir os teus sonhos, mas que tudo fizeste para que os teus filhos e netos o pudessem fazer.

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer ao meu orientador, Dr. Miguel Albuquerque Matos, toda a dedicação e disponibilidade prestadas na execução deste trabalho. Agradeço ainda todo o conhecimento que me transmitiu ao longo dos anos e por me apresentar os sistemas Loop que constituem o tema principal da minha tese de mestrado.

Agradeço aos meus pais todo o amor e apoio demonstrados durante estes cinco anos, eles que foram a minha força motriz para atingir os meus objetivos. Devo-lhes não só a vida, como também esta oportunidade que me deram de ter uma profissão tão digna e altruísta.

Não posso deixar de agradecer à minha melhor amiga e irmã, Inês. Foste o meu amparo nas horas mais complicadas e festejaste os meus triunfos como se também fossem os teus.

Quero ainda agradecer toda a ajuda que a minha mãe e a minha irmã me deram na correção desta dissertação de mestrado. Expressaram, por uma última vez, o seu interesse em participar na minha vida académica, apoiando-a incondicionalmente.

Aos meus avós, que se orgulham do meu percurso e sempre tiveram uma palavra de força e de conforto quando eu mais precisava. Agradeço ainda as memórias inesquecíveis que criamos durante a sua participação nos eventos académicos. Guardo-as para sempre no meu coração e recordá-las-ei com muita saudade.

Quero ainda expressar a minha gratidão por todo o apoio e companheirismo demonstrados pelo meu namorado, João Santiago. Creio que conseguimos formar um binómio capaz, eficiente e benevolente para com os nossos pacientes. Obrigada pela tua presença e ajuda nas imensas horas despendidas na escrita desta dissertação. Motivaste-me e deste-me muita força.

Aos meus amigos, quero agradecer a sua amizade, apoio e suporte. Foram incontáveis os momentos incríveis e inesquecíveis que partilhamos ao longo destes cinco anos. Sem eles a vida académica não teria sido a mesma. Jamais vos esquecerei. Farão sempre parte da minha vida.

RESUMO

Atualmente, a introdução de sistemas de limas rotatórias de níquel-titânio (Ni-Ti) revelou não só as suas vantagens, como também alguns desafios durante a prática clínica. A fratura de instrumentos constitui uma complicação clínica que exige uma tomada de decisão relativamente ao tratamento e métodos a selecionar.

Em resposta a este acidente endodôntico surgiram diversas técnicas de remoção de instrumentos fraturados que, inevitavelmente, sacrificam a estrutura dentinária. Apesar de não existir um método padrão, a recuperação do instrumento com pontas ultrassónicas, em conjunto com o Microscópio operatório, tem sido apontada como um método eficaz e seguro. No entanto, em alguns casos clínicos o fragmento permanece solto dentro do canal radicular, mesmo que empregue a técnica de pontas ultrassónicas. Surgem, assim, os inovadores sistemas Loop, os quais auxiliam a recuperação mecânica do fragmento através da sua apreensão. Desta forma, nesta revisão narrativa, o intuito é responder à seguinte questão colocada: “Os novos sistemas loop permitem uma maior preservação da estrutura dentária, quando comparados com a técnica de ultrassons, na remoção de instrumentos fraturados?”.

Materiais e Métodos: A pesquisa bibliográfica foi efetuada nos motores de pesquisa Pubmed, Science Direct e Journal Of Endodontics. Foram elaboradas seis combinações com as palavras-chave propostas com o objetivo de atingir o máximo de informação possível. Após a eliminação de duplicados e da leitura do título e abstract foram integrados 37 artigos científicos nesta dissertação de mestrado.

Critérios de inclusão e exclusão: Os critérios de inclusão englobam estudos que permitem um conhecimento amplo dos sistemas Loop, as suas indicações, constituição e funcionamento. Foram considerados artigos de revisão narrativa, revisão sistemática, meta-análise, caso clínico, estudos *in vitro* e livros. Foram ainda integrados três websites que permitem o conhecimento específico de três marcas distintas de sistemas Loop.

Foram excluídos artigos relativos a outras áreas da Medicina que não sejam a Medicina Dentária. Foram rejeitados os artigos cujo idioma não seja o português ou inglês e publicados antes de 2014.

Palavras-chave: “Endodontics”, “Broken File”, “Loop Device”, “Ultrasonic tips”, “BTR-Pen”, “Endocowboy”, “Terauchi File Removal Kit”, “Mechanical Properties”

ABSTRACT

Currently, the introduction of the nickel-titanium (Ni-Ti) rotary file system has revealed not only its advantages, but also some challenges in clinical practice. Instrument fracture is a clinical complication that requires decisions regarding treatment and methods to be selected.

In response to this endodontic accident, various techniques have been developed to remove fractured instruments, which inevitably sacrifice dentin structure. Although there is no standard method, instrument retrieval using ultrasonic tips in conjunction with the dental operating microscope has been identified as an effective and safe method.

However, in some clinical cases, even when using the ultrasonic tip technique, the fragment remains loose in the root canal. This has led to the development of innovative loop systems that assist in mechanical retrieval of the fragment by grasping it.

The aim of this narrative review is to answer the following question: "Do the new loop systems allow greater preservation of tooth structure compared to the ultrasonic technique in the removal of fractured instruments?"

Materials and Methods: A bibliographic search was performed using the Pubmed, Science Direct and Journal Of Endodontics search engines. Six combinations were made with the suggested keywords to obtain as much information as possible. After eliminating duplicates and reading the title and abstract, 37 scientific articles were included in this master's thesis.

Inclusion and Exclusion Criteria: The inclusion criteria include studies that provide a broad knowledge of loop systems, their indications, constitution, and function. Narrative review articles, systematic reviews, meta-analyses, clinical cases, in vitro studies, and books were included. Three websites were also included to provide specific knowledge about three different brands of loop systems.

Articles in languages other than Portuguese and English and published before 2014 were rejected.

Keywords: "Endodontics", "Broken File", "Loop Device", "Ultrasonic tips", "BTR-Pen", "Endocowboy", "Terauchi File Removal Kit", "Mechanical Properties"

ÍNDICE GERAL

I- Introdução	1
1. Materiais e métodos	4
1.1 Estratégia de pesquisa	4
1.2 Critérios de Inclusão e Exclusão	5
II- Desenvolvimento	7
1. Importância das etapas de instrumentação e irrigação no TENC	7
2. Liga metálica Níquel-Titânio (Ni-Ti)	8
2.1 Perspetiva histórica e principais propriedades	8
2.2 Fases da liga metálica Ni-Ti	9
3. Fratura da lima constituída pela liga Ni-Ti	10
3.1 Fadiga cíclica	11
3.2 Fadiga torcional	11
3.3 Incidência da fratura da lima endodôntica	11
3.4 Como prevenir a fratura de um instrumento endodôntico	13
3.4.1 Fatores inerentes à atuação do Médico Dentista	13
3.4.2 Fatores inerentes ao fabrico da lima endodôntica Ni-Ti	14
4. Opções de atuação perante a fratura de um instrumento	15
4.1 Protocolos de recuperação de instrumentos fraturados	16
4.1.1 Protocolo químico para a recuperação de instrumentos fraturados	16
4.1.2 Protocolo cirúrgico para a recuperação de instrumentos fraturados	16
4.1.3 Protocolo mecânico para a recuperação de instrumentos fraturados	17
5. Fases que compõem o procedimento mecânico	17
5.1 Fase de preparação	18
5.2 Fase de recuperação	20
6. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo a pontas ultrassónicas	21
6.1 Razões para o fracasso do sistema ultrassónico na fase de recuperação	23
6.2 Desvantagens do sistema ultrassónico	23
7. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo ao sistema de tubo	24
8. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo ao sistema Loop	26
9. Análise de três marcas de sistemas Loop	27
9.1 EndoCowboy® (Köhler Medical Engineering)	27
9.2 BTR Pen® (CERKAMED)	29

9.3 TFRK® (DELabs, Santa Barbara, CA, EUA)	29
III- Discussão	33
IV- Conclusão	41
V- Bibliografia	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representação do manuseamento do sistema EndoCowboy _____ 28

Figura 2: Fotografia do Yoshi Loop presente no TFRK _____ 31

LISTA DE ABREVIATURAS

TENC- Tratamento Endodôntico Não Cirúrgico

SS- Stainless Steel

NiTi- Níquel-Titânio

Kg- Kilograma

N- Newton

°C- grau celsius

rpm- rotações por minuto

mm- milímetro

mm³- milímetro cúbico

µm- micrómetro

3D- Três Dimensões

TCFC- Tomografia Computorizada de Feixe Cônico

MGG#3- Modified Gates Glidden Number 3

GPR- Gutta- Percha removal hand instrument

MT- Micro-Trefine bur

I- Introdução

Na Medicina Dentária, a área da Endodontia abrange o tratamento e a obturação do sistema de canais radiculares. Face à patologia pulpar e periapical, surge a necessidade de criar procedimentos técnicos que permitam a correta desinfecção e assepsia dos canais radiculares. Quer a etapa de instrumentação, quer a irrigação dos canais, são cruciais para a prevenção ou cura da periodontite apical (Boutsioukis et al. 2022; Orstavik, 2020).

Desta forma, é fulcral o conhecimento não só da etiologia, como também os métodos protocolares corretos para o sucesso do tratamento endodôntico. A associação desta duas fases permite o acesso à zona apical dos canais e viabiliza a ação do irrigante, promovendo assim a sua desinfecção (Boutsioukis et al. 2022; Orstavik, 2020).

Apesar das limas manuais serem amplamente utilizadas, tem-se verificado o interesse na sua substituição pelas limas mecanizadas. A introdução deste tipo de instrumento trouxe consigo a necessidade de entender as características das ligas metálicas Níquel-Titânio (Ni-Ti) de que são constituídos. A sua preferência deve-se sobretudo a vantagens como: a redução do tempo de trabalho, a sua flexibilidade e a capacidade de moldar o canal radicular durante a instrumentação. Tudo isto se traduz num aumento do conforto para o paciente (Blanco et al. 2022; Martins et al. 2022).

No entanto, também pode apresentar desvantagens. A sua fratura inesperada dentro do canal representa uma preocupação para o Médico Dentista. Como tal, é essencial o conhecimento não só das características do instrumento, mas também a prevenção e conduta a adotar perante este tipo de acidente iatrogénico (Blanco et al. 2022; Martins et al. 2022).

Quando existe a necessidade de executar um tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC), deve-se planear com detalhe e cautela a melhor abordagem do caso clínico em

questão. Uma atitude preventiva revela-se útil para evitar erros que possam comprometer o tratamento. A análise do tipo de dente a intervencionar é essencial. Por esse motivo, a observação da radiografia é fundamental, uma vez que fornece bastante informação referente à anatomia canalar. A literatura indica que dentes com anatomia mais complexa, sobretudo molares inferiores - no canal mesio-vestibular e com curvatura acentuada - aumentam a probabilidade de fratura da lima endodôntica e dificultam a sua recuperação. Porém, existem casos em que apenas se obtendo uma imagem 3D é possível detectar tal curvatura, o que aumenta a probabilidade de erro. Curvaturas do canal radicular acima dos 25°, comprometem a resistência da lima Ni-Ti, sendo que a partir dos 30° o tempo de recuperação aumenta consideravelmente. Ademais, existem diversos parâmetros que carecem de análise durante o planejamento da intervenção; envolvendo fatores que vão desde a idade do paciente e caso clínico até às propriedades e técnica empregue na escolha e utilização do instrumento endodôntico (Amza et al., 2020; Terauchi, Ali et al. 2022).

Em caso de incidente, é preciso entender que o sucesso do tratamento endodôntico não está necessariamente comprometido e o seu prognóstico depende de vários fatores a analisar. De uma forma generalizada, existem três categorias de protocolos para reaver o instrumento fraturado: mecânicos, químicos e cirúrgicos. Na tomada de decisão o Médico Dentista deve procurar informação sobre a localização, comprimento, tamanho e visibilidade do fragmento. Deve ainda ter em conta a curvatura do canal, presença, ou não, de infecção peripical e, após o seu diagnóstico, ponderar se detém a experiência necessária para lidar com o caso. O protocolo cirúrgico deve ser evitado por fragilizar a raiz, dada a elevada perda de dentina, salvo exceções em que o fragmento ultrapassa o ápice dentário. O protocolo mecânico, por sua vez, é menos invasivo e permite uma recuperação mais célere e com maior taxa de sucesso (Dako et al., 2020; Terauchi, Ali et al., 2022).

Esponaneamente, perante um imprevisto ocorrido durante o TENC, surge no Médico Dentista a preocupação de como gerir tal situação. É importante orientar o tratamento tendo em conta que, se for necessário intervir, o tempo de conclusão e a experiência do paciente vão ser afetadas. Assim, a análise e escolha do protocolo mecânico para recuperar o fragmento preso no canal deve ser ponderada, sobretudo perante a presença de doença periapical. A literatura indica que se o fragmento permanecer dentro do canal pode inviabilizar o correto desbridamento, irrigação e obturação nessas situações, afetando assim o prognóstico. Por outro lado, caso não se verifique este quadro clínico patológico ou não seja possível a remoção, pode ser ponderada a retenção do fragmento ou formação de um bypass. Apesar de existirem diversas técnicas de recuperação mecânica, é de salientar que o processo implica a perda dentinária, o que, por si só, fragiliza a estrutura dentária e aumenta a probabilidade de fratura da raiz. O protocolo mais utilizado é o método ultrassónico, com uma taxa de sucesso elevada; sobretudo, quando o fragmento se localiza antes da curvatura, sendo considerado rápido e relativamente seguro (Lima et al. 2021).

Na comunidade Médica, não existe consenso acerca de um protocolo de recuperação mecânico padronizado que oriente a atuação perante a necessidade de retirar o fragmento do canal radicular. É da responsabilidade do especialista o conhecimento amplo de todas as técnicas e opções de tratamento possíveis; bem como, ter em conta os fatores que durante a sua atuação podem agravar a situação e pôr em causa o tratamento. Independentemente da técnica escolhida, fatores como a visibilidade, a luz e a ampliação são determinantes para atingir o sucesso. O Dental Operating Microscope (DOM) proporciona condições ótimas, as quais a visão normal é incapaz de alcançar. Por este motivo, a sua utilização é essencial. Os sistemas que envolvem ultrassons tendem a ser a primeira escolha, pela elevada taxa de sucesso atingida num período de tempo relativamente curto. O seu vasto manuseio permitiu o conhecimento de algumas das suas desvantagens. Apesar de ser considerado um método menos invasivo, em alguns casos denota-se a necessidade de ou executar um acesso mais reto e/ou mesmo a criação de mais calhas para conseguir desprender o fragmento. Nessas tentativas, por vezes, o contacto da ponta ultrassónica com a lima fraturada leva a uma fratura secundária da mesma. Surge assim o

Loop Device na tentativa de criar um método que permita apreender e retirar o fragmento, minimizando a perda de estrutura dentinária, quando comparado com os sistemas ultrassônicos. A resposta a tal iniciativa compõem um dos objetivos principais do presente trabalho (Pruthi et al., 2020; Vyver et al., 2020).

1. Materiais e métodos

1.1 Estratégia de pesquisa

Após a seleção do tema pretendido, foi realizada uma pesquisa de literatura científica nas seguintes plataformas on-line: PubMed, ScienceDirect e Journal Of Endodontics.

Na procura de informação útil ao trabalho proposto, foram selecionadas as seguintes palavra-chave: “Endodontics”; “Broken file”; “Mechanical properties”; “Loop device”; “Ultrasonic tips”; “BTR Pen”; “Terauchi File Removal kit”; “Endocowboy”. Este conjunto de termos foi combinado com recurso ao operador booleano “AND” e “OR” formando cinco associações distintas.

A primeira associação consiste na combinação: “Broken file” AND “Mechanical properties” AND “Loop device” AND “Endodontics” na qual se obteve um total de 28 artigos.

A segunda: “Broken file” AND “BTR Pen” OR “Endocowboy” OR “Terauchi file removal kit” resultando em 36 artigos.

Uma terceira: “BTR Pen” OR “Endocowboy” OR “Terauchi file removal kit” com 219 artigos.

A quarta associação: “Ultrasonic tips” AND “Mechanical properties” AND “Endodontics” resultando num conjunto de 1251 artigos.

Por último, uma quinta associação: “Ultrasonic tips” AND “BTR Pen” OR “Endocowboy” OR “Terauchi file removal kit” atingindo os 25 artigos.

Após um período de pesquisa compreendido entre Março de 2024 e Setembro de 2024, atingiu-se um somatório de 1559 artigos científicos. Posteriormente, foram eliminados os artigos duplicados quer ao nível intraplataforma, como interplataforma restando 483 artigos. Desta forma, através da leitura do título e abstract, seguiu-se uma triagem por

desenquadramento temático obtendo-se no final 37 artigos de interesse à elaboração deste trabalho.

A pesquisa, após a aplicação dos filtros, foi limitada a artigos publicados nos últimos dez anos, ou seja, entre os anos de 2014 e 2024 e cujo idioma é o inglês ou português.

1.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Os critérios que permitem a inclusão de artigos na presente tese de mestrado englobam estudos que permitam um conhecimento amplo dos sistemas Loop, sobretudo as suas indicações, constituição e funcionamento. Foram considerados artigos de revisão narrativa, revisão sistemática, meta-análise, caso clínico, estudos *in vitro* e livros. Foram ainda integrados três websites que permitem o conhecimento específico de três marcas distintas de sistemas Loop.

Não foram incluídos artigos relativos a outras áreas da Medicina que não sejam a Medicina Dentária. Foram rejeitados os artigos cujo idioma não seja o português e o inglês e publicados antes de 2014.

II- Desenvolvimento

1. Importância das etapas de instrumentação e irrigação no TENC

O TENC surge com a necessidade de eliminar a etiologia responsável pela patologia inerente ao tecido pulpar e/ou periapical do dente. O seu propósito reside na extirpação da polpa infetada, desinfecção e modelagem do sistema de canais radiculares e a sua obturação. Para que tal aconteça, primeiro deve-se assegurar uma correta preparação do canal radicular a qual compreende duas etapas cruciais: a fase de instrumentação e a fase de irrigação. A irrigação do canal radicular constitui um procedimento fulcral no combate da microbiota que está na base da patologia. As soluções de irrigação têm capacidade de dissolução, quer do tecido orgânico, quer do inorgânico. Salienta-se, sobretudo, a sua competência antimicrobiana, essencial à eliminação da causa da infeção (Haapasalo et al. 2014; Plotino et al. 2019).

O sistema de canais radiculares detém uma anatomia muito complexa na qual, por exemplo, se encontram canais secundários, laterais, acessórios, colaterais, istmos, delta apical e, destacando, canais curvos que dificultam o sucesso do tratamento. A instrumentação do canal radicular permite, essencialmente, a modelagem e desbridamento do canal principal. Apesar de ser difícil instrumentar as restantes variações anatómicas, a instrumentação proporciona a chegada do irrigante às zonas mais complexas onde a lima endodôntica não consegue atuar. Desta forma, compõe uma base à atuação das soluções irrigantes. Por sua vez, a irrigação apresenta também um papel de auxílio à instrumentação, uma vez que: reduz a tensão superficial, diminuindo o atrito entre o instrumento e a dentina; permite o seu resfriamento; e aumenta a sua eficácia de corte (Haapasalo et al. 2014; Plotino et al. 2019).

Antes da execução do protocolo do TENC, é essencial a análise da anatomia dentária; principalmente, no que diz respeito à curvatura da raiz. Vários autores afirmam que a curvatura aumenta o risco de transporte de detritos, a formação de degraus ou mesmo a perfuração, durante a etapa de instrumentação. O conhecimento de tal facto irá permitir não só uma atitude preventiva, mas também permitirá compreender que a instrumenta-

ção será mais complexa nestes casos. A persistência de um quadro infeccioso é muitas vezes explicada pela dificuldade na preparação e limpeza destes canais com trajeto sinuoso. O Médico Dentista deve saber que, no tratamento de molares inferiores, é provável encontrar casos com canais de maior curvatura, sobretudo, o canal mesio-vestibular. O risco de fratura dentária encontra-se acentuado neste contexto, uma vez que a instrumentação se encontra mais susceptível à remoção excessiva de dentina coronal, quer pela curvatura, quer pelo diâmetro do canal que é maior no sentido vestibulo-lingual do que em mesio-distal. Assim sendo, torna-se complicado o preparo do terço apical do canal sem tornar vulnerável o terço cervical do dente (Brasil et al. 2017).

Com o decorrer do tempo, a prática clínica na Medicina Dentária evoluiu para uma tendência generalizada que se baseia na preservação do máximo de estrutura dentária possível. Esta compreensão é aplicada na especialidade de Endodontia, já que a manutenção da forma original do canal radicular evita uma perda dentinária exagerada. A introdução de limas constituídas pela liga Ni-Ti facilita a instrumentação em canais de difícil acesso, quando comparadas com as limas de aço inoxidável (SS). Tal capacidade de instrumentação pode ser explicada pela sua flexibilidade aumentada. Quando um canal radicular curvo é preparado com uma lima Ni-Ti (cuja ponta tem até um diâmetro de 0,25 mm e uma conicidade de 6%) resulta numa conformação que facilita a limpeza do seu terço coronal e médio. A adaptação deste tipo de lima vai permitir o trabalho do canal ao nível do desbridamento mecânico, o que otimiza a irrigação efetiva do canal, por facilitar a atuação dos irrigantes (Plotino et al. 2019; Ribeiro et al. 2023).

2. Liga metálica Níquel-Titânio (Ni-Ti)

2.1 Perspetiva histórica e principais propriedades

Em termos históricos, a liga Ni-Ti foi concebida por W. Buehler, aquando do seu trabalho para o programa espacial do laboratório naval dos EUA. O seu criador procurava fabricar uma liga metálica que tivesse como características a resistência ao sal e à água e, ainda, que não fosse magnética. O seu êxito permitiu a criação do Nitinol, cujo o nome surge de Ni: Níquel ; Ti: Titânio e NOL: Naval Ordnance Laboratory. Em boa

verdade, o que torna este metal peculiar é a sua capacidade única de memória e a sua superelasticidade. A sua introdução na Medicina Dentária deve-se às suas vantagens em comparação, principalmente, com a liga metálica de aço inoxidável (SS). O benefício da sua utilização é explicado por ser mais resistente e por apresentar um módulo de elasticidade inferior ao da liga SS. O módulo de elasticidade permite medir a rigidez de um metal. Ou seja, permite medir a deformação de um material quando lhe é aplicada uma força, dentro do seu regime elástico. A fase elástica de um material corresponde à capacidade deste retornar à sua forma original quando lhe é retirada a força que provocou a sua alteração. Desta forma, quando se afirma que a liga Ni-Ti possui um módulo de elasticidade inferior, pretende-se esclarecer que esta é menos rígida do que a liga SS. Ora, tal particularidade torna a sua aplicação benéfica no fabrico de limas endodônticas (Baker, 2018; Kapoor, 2017; Wadood, 2016).

2.2 Fases da liga metálica Ni-Ti

O grande interesse na utilização do Nitinol não se restringe apenas às suas propriedades mecânicas. Um dos grandes desafios na área da saúde consiste na dificuldade em encontrar materiais que, para além das suas vantagens, sejam biocompatíveis. O Nitinol, para além de ser biocompatível, é ainda uma liga metálica biofuncional. Ou seja, não causa dano ao sistema biológico e a sua função revela-se útil durante o tratamento (Wadood, 2016).

A análise da sua composição permite depreender que a percentagem de níquel e titânio segue uma razão de praticamente 1:1. Perante esta informação, torna-se mais fácil compreender que se trata de uma liga equiatômica - o que lhe outorga a capacidade única de alterar a sua forma cristalográfica. Esta capacidade deve-se ao facto de esta conseguir modificar o seu tipo de ligação atômica, o que faz com que tenha várias fases. As fases principais do Nitinol são a fase austenítica ou parental e a fase martensítica. A primeira detém uma rede cristalográfica cúbica e estável, enquanto que a segunda se caracteriza por uma forma monoclinica. A transformação de uma fase para a outra ocorre quando se altera a temperatura ou lhe é aplicada uma força, por um processo de deformação de-

nominado geminação. Na transformação por ação da temperatura, existem duas temperaturas cruciais neste processo: uma temperatura acima da qual a liga se encontra na sua fase austenítica; e outra abaixo da qual temos a fase martensítica. À temperatura ambiente, a liga encontra-se na sua fase martensítica geminada. Quando lhe é aplicada uma força esta passa a martensítica desgeminada. Neste caso, se aumentarmos a temperatura até à temperatura da fase austenítica, a liga volta a ter a sua forma original/parental. Este processo é responsável pela capacidade de memória de forma do Nitinol, útil na recuperação da forma das limas endodônticas. A superelasticidade da liga é explicada quando a liga Ni-Ti se encontra a uma temperatura entre o início da fase austenítica e a sua fase de acabamento. Neste intervalo de temperaturas, só durante a aplicação de uma força é que a liga passa à sua forma martensítica; porque retirando-lhe o stress esta passa à fase parental. Esta propriedade é de grande interesse durante o TENC, principalmente na instrumentação de canais curvos (Baker, 2018; Kapoor, 2017; Wadood, 2016).

3. Fratura da lima constituída pela liga Ni-Ti

Hoje em dia, tem-se verificado o aumento da utilização das limas endodônticas constituídas por Ni-Ti. Estas não só facilitam o TENC e evitam o desvio iatrogénico do canal radicular, como também, permitem um aumento da taxa de sucesso quando comparadas com a instrumentação manual. Uma grande vantagem da instrumentação mecanizada com limas Ni-Ti é a sua capacidade de manter a centralidade durante a preparação do canal, o que permite conceder uma forma tridimensional ao canal, que vai facilitar a sua obturação e atuação dos irrigantes (Abu-Tahun et al. 2018).

No entanto, apesar da sua utilização se demonstrar benéfica, o Médico Dentista enfrenta muitas vezes a sua fratura inesperada dentro do canal radicular. A sua rotura deve-se, na maior parte das vezes, a dois processos que levam à fadiga da lima metálica, sendo eles a fadiga cíclica e a fadiga torcional (Abu-Tahun et al. 2018).

3.1 Fadiga cíclica

A fadiga cíclica ocorre mais frequentemente em canais curvos em consequência da execução de ciclos repetidos de compressão-tensão na liga metálica. Na prática, a zona da lima que se encontra na curvatura externa está sob tensão. E, pelo contrário, na zona interna da curvatura a lima está em compressão. Deste modo, durante a instrumentação do canal a lima endodôntica roda e passa de um ciclo para o outro repetidamente. Ou seja, alterna constantemente entre um ciclo e outro. Por este motivo, é importante o conhecimento do processo de fabricação da lima Ni-Ti, porque devido à sua capacidade de memória, são produzidas por usinagem e não por torção como as limas SS. Durante o processamento de usinagem, a liga é desgastada e propicia a criação de microfissuras. Na fratura por fadiga cíclica ocorre a nucleação dessas microfissuras, que se propagam da superfície da liga até ao seu núcleo, levando à redução transversal da lima endodôntica (Aun et al. 2016).

3.2 Fadiga torcional

Neste caso, durante a instrumentação, a lima pode ficar presa numa zona de maior constrição canalar; mas, a sua haste continua o movimento de rotação. Por este motivo, o limite elástico da liga Ni-Ti é excedido e passa a haver deformação plástica seguida de fratura. Houve um excesso de torque aplicado à lima quando esta encontrou um obstáculo que impede o seu movimento (Alcalde et al. 2017).

3.3 Incidência da fratura da lima endodôntica

Na tentativa de entender a real proporção deste incidente, é essencial ter consciência da distribuição da taxa de fratura do instrumento em certos parâmetros. Segundo os estudos de Terauchi, Ali et al. (2022) e de Alamoudi et al. (2024) a incidência para a fratura da lima endodôntica varia entre 0,4% - 23% e 1,83% - 8,2%, respetivamente. Dentro deste número, é mais comum que este evento ocorra entre endodontistas do que entre Médicos Dentistas generalistas. Este resultado pode ser explicado pelo facto dos especialistas desta área tratarem casos clínicos mais desafiadores e, muitas vezes, encaminhados por outros profissionais. Torna-se, de certa forma, intuitivo o facto de que é mais co-

mum a fratura ocorrer entre Dentistas com menos experiência do que naqueles que apresentam mais prática clínica. No que respeita à incidência relativa à peça dentária, é mais comum observar-se este fenómeno em dentes posteriores do que em dentes anteriores, nomeadamente, em molares. Apesar de ambos apresentarem dificuldades no acesso ao seu canal, é mais frequente esta rotura em molares inferiores do que em molares superiores, uma vez que nestes últimos joga a seu favor a gravidade. Em comparação com os pré-molares, a fratura da lima endodôntica em molares é cerca de três vezes superior (Alamoudi et al., 2024; Terauchi, Ali et al., 2022).

Analisando a anatomia do canal radicular, as suas complexidades põem em causa a resistência do instrumento. Quanto mais curvo for o canal e quanto menor for o seu diâmetro, maior a probabilidade de quebra - o que é característico dos canais de molares inferiores. Segundo os resultados obtidos por Alamoudi et al. (2024), a percentagem foi mais elevada no canal mesio-vestibular de molares superiores (35,2%), seguido do canal mesio-lingual de molares inferiores (16,7%), e, por último, menos frequente no canal lingual (1,9%). Poderá surgir a dúvida: Se a taxa é maior em molares inferiores, porque é que é mais comum a fratura no canal mesio-vestibular dos molares superiores? Essa situação pode ser explicada pelo facto de se observar habitualmente dois canais mesiais no molar inferior, o canal mesio-vestibular e o canal mesio-lingual que muitas vezes confluem no terço apical. No que toca à divisão em terços do canal radicular, a frequência no terço apical é cerca de seis vezes superior ao terço médio e trinta e três vezes superior ao terço coronal no canal. Por último, é essencial ter em consideração as características do instrumento e a forma como são utilizados. Mais uma vez, Alamoudi et al. (2024) explica que obteve uma taxa de fratura de limas constituídas pela liga Ni-Ti de 75.9%, superior quando comparadas com as de SS com uma frequência de 22,2%. As limas endodônticas que são usadas repetidamente têm maior probabilidade de sofrer fadiga e quebrar. Verifica-se ainda que o movimento rotatório, em comparação com o movimento alternativo, aumenta a probabilidade do instrumento fraturar. Os motores controlados por torque obtiveram resultados melhores do que aqueles que não controlam o torque, evitando assim a fadiga torcional. No que toca à fase da liga Ni-Ti, as limas Ni-Ti na fase martensítica à temperatura corporal são mais resistentes do que as de fase

austenítica. A análise termina com o diâmetro e conicidade da lima. Limas com menos diâmetro e conicidade têm menos probabilidade de fratura durante a instrumentação canais, especialmente, em canais curvos (Alamoudi et al., 2024; Terauchi, Ali et al., 2022).

3.4 Como prevenir a fratura de um instrumento endodôntico

Apesar de um acidente iatrogênico, como o da fratura da lima endodôntica, exigir um vasto conhecimento relativo à sua resolução, a prevenção deste evento revela-se tão ou mais importante. O profissional deve prezar por uma atitude preventiva, uma vez que poderá evitar um infortúnio durante o TENC ou retratamento, viabilizando assim uma maior taxa de sucesso. Para que tal seja possível, alguns parâmetros devem ser analisados, bem como a seleção de certos métodos (Aminsobhani et al. 2024).

3.4.1 Fatores inerentes à atuação do Médico Dentista

A cavidade de acesso deve ser executada de forma a permitir a visão direta da entrada dos canais radiculares. A remoção do colarinho de dentina vai facilitar o acesso da lima endodôntica favorecendo uma posição mais reta e evitando a sua entrada forçada no canal radicular. Como anteriormente referido, a utilização do DOM tem como benefício a criação de melhores condições de visualização, permitindo o aumento e iluminação do campo de visão. Assim, o operador estará em melhor posição para detetar qualquer tipo de detalhe que escape à visão direta. A prevenção tem como base o estudo detalhado do caso clínico em questão. Deste modo, o estudo de certos pontos irão orientar a atuação do clínico. A avaliação da complexidade da anatomia do sistema de canais radiculares é crucial para o êxito do tratamento. Atualmente, e como explicado anteriormente, sabe-se que existe uma maior probabilidade de fratura em molares; principalmente, o 1º molar no seu canal mesio-vestibular dada a sua curvatura acentuada. A observação da secção transversal do canal deve também ser examinada. Esta pode variar ao longo do canal ou mesmo ser inacessível por calcificação. Perante um caso clínico de um indivíduo com idade avançada ou presença de patologia periapical, a chance de possuir canais calcificados ou atrésicos é maior. A escolha da técnica de instrumentação é muitas vezes determinante na prevenção da fadiga da lima endodôntica. A fadiga torcional pode ser evi-

tada optando por uma velocidade de rotação mais baixa. Optar pela utilização de motores com controlo de torque evita a aplicação de torque excessivo. Ademais, uma correta irrigação auxilia na lubrificação do canal, diminuindo assim a tensão superficial entre a lima e o canal, o que permite conter acidentes como o desvio do canal. O número de utilizações e ciclos de esterilização também influenciam a vida útil da lima endodôntica. Para tal, o fabricante pode indicar o número de ciclos aconselhados e, em casos em que o instrumento é submetido a um stress elevado, o profissional deve considerar descartar após a primeira utilização. Por último, após o seu diagnóstico, o Médico Dentista deve considerar a sua experiência para lidar com o caso e, se necessário, reencaminhar o paciente para um especialista (Amza et al. 2020).

3.4.2 Fatores inerentes ao fabrico da lima endodôntica Ni-Ti

Antes de iniciar o tratamento, o profissional deve optar por uma seleção ponderada do material que vai utilizar. Nomeadamente, no que toca à compra e gestão do seu material. A escolha do tipo de liga que constitui a lima é essencial, como explicado anteriormente. Durante o seu processo de fabrico, parâmetros como a melhoria na metalurgia, tratamento de superfície, design e controlo de qualidade são essenciais para a obtenção de um instrumento de qualidade. O processo de usinagem visa o desgaste da superfície da lima, o que lhe confere o seu design; mas, tem como inconveniente a formação de microfissuras. É importante que o Médico Dentista saiba que a corrosão da lima por irrigantes provoca também estas microfissuras e/ou agrava as pré-existentes. Além do mais, os procedimentos de limpeza da lima nem sempre são suficientes e o instrumento é guardado “contaminado”, o que vai acabar por enfraquecê-lo. De forma a evitar as microfissuras, a liga pode ser submetida a um tratamento térmico, polimento eletroquímico ou optar-se por uma usinagem por descarga elétrica. A escolha de instrumentos que foram submetidos a tratamento térmico deve considerar-se em casos clínicos de maior complexidade. A vida útil da lima é aumentada nestes casos, assim como é melhorada a sua ductilidade, tenacidade e superelasticidade. O Médico Dentista deve verificar, antes da sua utilização, a existência de qualquer tipo de defeito de fabrico ou imperfeições e reportá-lo ao fabricante, sob pena de colocar em causa o sucesso do tratamento (Aun et al. 2016; Chi et al. 2017; Hieawy et al. 2015).

4. Opções de atuação perante a fratura de um instrumento

A partir do momento em que a lima fratura dentro do canal radicular existem, de uma forma geral, três opções de atuação. Tendo em consideração o caso clínico em questão, pode optar-se: pela recuperação do instrumento fraturado; por tentar contorná-lo; ou por deixar o fragmento *in situ*. Tendo em vista que os objetivos principais do TENC ou re-tratamento são a preparação e obturação do canal, a preferência será recuperar o fragmento evitando um entrave a estas duas fases. No entanto, existem algumas desvantagens inerentes a este processo, como a necessidade de treino, a experiência e o conhecimento das técnicas e dispositivos que tornam esta opção viável. Verdadeiramente, o seu grande inconveniente constitui na remoção excessiva de dentina radicular durante esta tentativa de retoma, o que predispõe à fratura vertical da raiz ou mesmo à perfuração. Outra alternativa consiste na criação de um desvio ao fragmento, o qual pode permanecer dentro do canal ou acabar por sair durante esta técnica, permitindo obter-se a patência apical. Este método é commumente designado como a criação de um bypass. Alguns cuidados devem ser tomados aquando da criação do bypass, uma vez que pode ser criado um falso trajeto ou mesmo uma perfuração. Deste modo, acaba por ser um método mais conservador e, até certo ponto, bem sucedido. Sobretudo, quando não existe infeção apical. Por último, existe a possibilidade de deixar o instrumento fraturado *in situ* e prosseguir com a limpeza e obturação do canal radicular até à extremidade coronal do fragmento. Este é, sem dúvida, o método mais conservador, quando comparado com os restantes; mas, o prejuízo pode ser elevado. Desde logo se levantam questões sobre permanência de um metal no organismo e sobre a possibilidade de corrosão do mesmo. Por outro lado, segundo Alamoudi et al. (2024) manter o fragmento tem um impacto no prognóstico, sendo que a taxa de cicatrização reduz em 19% nos casos em que existe polpa necrótica ou lesão periapical. Assim sendo, esta opção de tratamento só deve ser considerada nas seguintes situações: ou quando o instrumento não pode ser removido cirurgicamente; ou no caso do paciente, por alguma razão, assim o desejar (Alamoudi et al., 2024; Ald et al., 2017; Dako et al. 2020; Dulundu & Yigit, 2022).

4.1 Protocolos de recuperação de instrumentos fraturados

Atualmente, quando ocorre o imprevisto de fratura de um instrumento dentro do canal radicular, muitos Médicos Dentistas optam pela recuperação do mesmo. Tal como descrito anteriormente, nesta fase torna-se crucial o conhecimento de todos os métodos e instrumentos existentes para atingir o êxito do tratamento, assim como os prós e contras inerentes a cada um deles. Dentro do protocolo de recuperação de um instrumento existem três categorias: métodos químicos, métodos mecânicos e métodos cirúrgicos (Terauchi, Ali et al., 2022).

4.1.1 Protocolo químico para a recuperação de instrumentos fraturados

No que diz respeito aos métodos químicos, têm como principal intuito corroer o instrumento metálico fraturado, através da utilização de solventes ou soluções eletrolisadas. São raros os casos em que se opta por esta técnica, posto que são pouco eficientes pelo tempo despendido na tentativa de dissolver o instrumento metálico. Neste caso, levanta-se uma questão pertinente relativa à atuação destes químicos e o possível malefício que podem causar nas estruturas moles e duras circundantes ao dente a ser intervencionado (Terauchi, Ali et al., 2022).

4.1.2 Protocolo cirúrgico para a recuperação de instrumentos fraturados

Relativamente ao protocolo cirúrgico, é determinante a compreensão de que se trata de um método que promove um sacrifício significativo de dentina. Além de invasivo e pouco conservador, pode, em alguns casos, ser necessária a ressecção radicular. Principalmente, quando o fragmento do instrumento fraturado se encontra no terço médio ou apical. Assim sendo, é importante guiar esta prática clínica apenas para os casos em que os métodos não cirúrgicos falharam ou o fragmento se encontra extruído além do foramen apical ou passou a estar completamente fora da raiz dentária. Dentro do universo dos protocolos cirúrgicos, existem as possibilidades de se executar: ou uma apicectomia, ou uma amputação da raiz, ou mesmo uma reimplantação intencional. No que diz respeito a esta última alternativa, apesar de ser arriscada desperta a curiosidade de en-

tender em que casos poderá ser uma opção viável ao tratamento. Segundo Aminsobhani et al. (2024), a reimplantação pode ser uma escolha em casos em que existe uma restauração com pino e com necessidade de retratamento, ou em situações em que a cirurgia apical seja demasiado invasiva, isto é, provoque remoção excessiva de osso e cause dano estrutural (Aminsobhani et al., 2024; Terauchi, Ali et al., 2022).

4.1.3 Protocolo mecânico para a recuperação de instrumentos fraturados

Os Médicos Dentistas optam, preferencialmente, pelos métodos mecânicos para remoção do instrumento fraturado, em relação aos não mecânicos. Em comparação com os protocolos acima descritos, a recuperação mecânica de um fragmento é preferencial, uma vez que permite a obtenção de maiores taxas de sucesso, é menos invasiva e, em termos práticos, é mais rápida, encurtando o tempo de consulta. Dentro desta área, existem diversos protocolos e foram criados vários instrumentos na tentativa de resolver o problema. Contudo, não existe ainda um consenso acerca da criação de um protocolo padronizado que oriente atuação do profissional nestes casos. O instrumento fraturado pode ser removido, por exemplo, através da utilização de Ultrassons, Microtubos, Sistemas Loop e Fórceps. A maioria dos Dentistas considera ideal, em conjunto com o auxílio do DOM, a utilização de pontas ultrassónicas, por serem um método bem sucedido, e até certo ponto mais conservador, no sacrifício de dentina. No entanto, é importante não esquecer que a remoção de um instrumento fraturado implica a perda de estrutura dentinária, pelo que se salienta a relevância do conhecimento das vantagens, desvantagens e indicações específicas de cada um dos métodos e instrumentos que se pretendem utilizar (Aminsobhani et al., 2024; Kumar et al., 2021; Ruddle, 2018; Terauchi, Ali et al., 2022).

5. Fases que compõem o procedimento mecânico

Antes de iniciar qualquer tipo de protocolo de recuperação, é necessária uma análise do caso clínico em questão. Assim sendo, a tomografia computadorizada de feixe cónico, TCFC, permite a obtenção de um conjunto de informações cruciais à atuação do clínico. No pré-operatório é essencial medir o comprimento do instrumento fraturado, assim

como, a curvatura do canal e a localização da parede interna, dado que este conhecimento irá guiar a atuação do Médico Dentista. No que diz respeito à curvatura do canal, esta é calculada através da medição do ângulo formado pela interseção entre a linha que se traça do orifício da entrada do canal até à extremidade coronal do instrumento fraturado e a linha paralela ao longo eixo deste fragmento (Terauchi, Sexton et al., 2021; Terauchi, Ali et al., 2022).

Após recolher todos os dados necessários, para além de se passar a ter conhecimento do comprimento do fragmento, obtêm-se também a sua localização na curvatura do canal e a severidade da mesma. A partir deste ponto, o resgate da fração perdida vai compreender duas fases distintas. Na primeira fase, denominada de fase de preparação, ir-se-á, tal como o nome indica, proceder-se ao preparo do canal com instrumentos rotatórios e/ou ultrassons. Numa segunda fase, a fase de resgate, a remoção do instrumento fraturado irá realizar-se com auxílio de ultrassons ou dispositivos especializados (Aminsobhani et al., 2024).

5.1 Fase de preparação

Quando o Médico Dentista decide avançar para a recuperação mecânica do instrumento fraturado, ao iniciar a fase de preparação do canal deve ter em conta que o grande objetivo desta etapa é a criação de um acesso reto até à porção coronal do fragmento e expô-la em cerca de 1-2 mm (Aminsobhani et al., 2024).

No que concerne ao alargamento do canal radicular, a literatura orienta a escolha do profissional conforme a curvatura que o caso clínico apresenta. Quando a curvatura do canal é inferior a 15°, pode ser utilizada uma broca Gates Glidden número 2 ou 3 para este efeito. Porém, se a curvatura estiver acima dos 15°, poderá ser benéfica a utilização de uma lima Ni-Ti de fase martensítica e de grande diâmetro, evitando assim o enfraquecimento da estrutura. Por outro lado, aconselha-se o não alargamento do canal quando este possui um diâmetro maior do que a broca Gates Glidden número 3. Esta amplia-

ção do canal vai ajudar não só na visualização do fragmento, como também permitir a atuação dos dispositivos necessários (Terauchi, Ali et al. 2022).

Após concluir este ponto inicial, segue-se a exposição da porção coronal do fragmento, na qual é necessária a criação de uma plataforma de preparação. Existem dois dispositivos que permitem a sua formação: broca Gates Glidden modificada ou broca microtrefina. As brocas trefinas possuem uma forma semelhante a um tubo oco cuja extremidade é cortante e, ao possuir um diâmetro maior do que o diâmetro da porção coronal do fragmento, permitem a criação de uma plataforma de dentina à sua volta e uma exposição de aproximadamente 1 mm. Como exigem um grande sacrifício de dentina, só devem ser utilizadas em casos como o de dentes anteriores ou canais com curvatura inferior a 15°. No que refere à broca Gates Glidden modificada, esta é originada através do corte de uma broca Gates Glidden com uma broca de carboneto a alta velocidade, ao longo do seu maior diâmetro transversal. Estas são preferidas, uma vez que desgastam menos dentina quando comparadas com as brocas trefinas. Na tentativa de descrever visualmente o resultado que surge da sua ação, a plataforma de preparação consiste num círculo de dentina à volta da porção coronal do instrumento fraturado. Após definir esta margem, procede-se a exposição da porção coronal do instrumento partido, em cerca de 1-2 mm. A partir deste ponto, passa-se a utilizar pontas ultrassónicas que vão cortar um espaço semicircular de 180° entre o instrumento e a parede interna do canal, quando o fragmento está visível sob DOM. A fase de preparação, neste caso, considera-se concluída quando se verifica sob o DOM o afrouxamento do fragmento; ou seja, este desprende-se do canal e passa a estar solto. Nos casos em que não se encontra visível, dada a curvatura e localização mais apical do fragmento, este espaço semicircular passa a ser apenas de 90°, o que torna este procedimento imprevisível. Neste contexto, como não é possível observar-se o seu afrouxamento, Terauchi, Ali et al.(2022) descrevem a necessidade de obter um ambiente húmido através da irrigação com ácido etilendiamino tetra-acético (EDTA). O Dentista passa assim a depender da sensação tátil que se obtém ao utilizar a ponta de ultrassom. O operador, sem condições de visualização do fragmento, consegue perceber que este poderá estar solto quando passa repentinamente de uma sensação pegajosa para uma sensação de soltura. Quando retira a ponta de ultrassom,

num movimento corono-apical de alargamento do espaço entre o instrumento e a parede interna, passa a sentir que esta deixa de prender durante o movimento. Pode mesmo acontecer a emersão do instrumento fraturado da curvatura que impedia a sua visualização (Aminsobhani et al., 2024; Ruddle, 2018; Terauchi, Ali et al., 2022).

Após a leitura da explicação do procedimento acima descrito, podem surgir duas questões pertinentes. A primeira poderá ser a seguinte: Porque razão a criação do espaço com a ponta de ultrassom é realizada entre o instrumento fraturado e a parede interna do canal e não com a parede externa? A explicação passa a ser simples quando se relembra a propriedade de memória de forma da lima NiTi. Neste caso, se fosse criado um espaço entre o instrumento e a parede externa do canal, este fecharia com relativa facilidade, uma vez que a liga NiTi tem tendência a retornar à sua forma original. Para além disso, está demonstrado que fisicamente se uma força for aplicada ao fragmento pela curva exterior, este tem tendência a reorientar-se em direção apical. Pelo contrário, se a força for aplicada pela curva interna do canal, o instrumento toma uma direção coronal, facilitando a sua recuperação. A segunda questão é: Porque razão na exposição da porção coronal do instrumento fraturado não é possível executar um círculo completo, de 360°, e sim um semicírculo? Através da literatura, é relatada a maior tendência de ocorrência de fratura secundária quando não existe uma parede dentinária de suporte atrás do local de ativação ultrassónica. Assim, a preservação da parede externa do canal possibilita a prevenção deste acidente (Terauchi & Buchanan, 2014).

5.2 Fase de recuperação

Quando se verifica que a fase de preparação foi realizada com sucesso, passa-se à fase de recuperação do instrumento fraturado. A partir do momento em que o fragmento se encontra solto no canal, antes de iniciar qualquer tipo de protocolo, deve-se secar o canal radicular com ar comprimido. O retorno do ar pode levar à ejeção do fragmento sem necessidade de realizar um procedimento adicional (Terauchi, Ali et al., 2022).

Atualmente, considera-se que a fase de recuperação possui altas taxas de sucesso quando se utilizam as pontas ultrassônicas com o auxílio do DOM. Porém, o Médico Dentista deve ter sempre em consideração o caso clínico que se apresenta. Apesar das pontas ultrassônicas serem menos invasivas quando comparadas com outros sistemas, existem situações em que a sua utilização pode levar ao excesso de trepanação de dentina radicular. Neste ponto, torna-se importante enfatizar a análise pré-clínica, uma vez que a medição do instrumento fraturado pode dar alguma orientação ao operador. A literatura indica que fragmentos abaixo dos 4,6 mm podem ser removidos com ultrassom num intervalo de tempo de 10 segundos. Por outro lado, verifica-se que valores entre os 4,6 mm e os 5,7 mm de comprimento exigiram pelo menos o dobro do tempo para a sua recuperação, quando comparados com os que medem menos de 4,6 mm. Em casos em que se verifica um aumento da curvatura ao longo do canal, sabe-se que fragmentos abaixo dos 3,1 mm podem ser removidos com previsibilidade através do uso de ultrassons. Relativamente aos que medem mais de 3,1 mm, a sua preparação com pontas ultrassônicas demora mais tempo e a sua recuperação torna-se incerta. Uma linha vermelha é estabelecida quando o fragmento mede mais de 6,4 mm; ou seja, a partir deste valor sabe-se que a remoção com métodos ultrassônicos é complexa e morosa, pelo que se deve optar por outras alternativas de recuperação (Terauchi, Sexton et al., 2021).

6. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo a pontas ultrassônicas

Após terminar a fase de preparação, o fragmento fraturado pode ser removido através da utilização exclusiva de pontas ultrassônicas, preferencialmente, quando este se encontra visível. Para que tal seja possível, existe a necessidade de criar as condições necessárias ao efeito de cavitação e streaming acústico (Terauchi, Ali et al. 2022).

A obtenção de um conhecimento esclarecido sobre o protocolo de atuação das pontas ultrassônicas só é plausível quando se elucida acerca dos dois conceitos físicos acima introduzidos. No que refere ao conceito de streaming acústico, este consiste na transição de energia acústica da ponta ultrassônica para o fluido que a circunda, obtendo-se um

fluxo. Este fluxo que se cria no líquido, movimenta-se rapidamente e sob uma forma circular, afastando-se da ponta ultrassônica para a periferia. Surge, assim, uma alta frequência de oscilação no líquido que vai provocar uma oscilação do instrumento fraturado e promover o seu movimento. Por outro lado, a cavitação corresponde à criação de cavidades; ou seja, comumente falando, bolhas que se formam no meio líquido pela diferença de gradientes de pressão. A implosão destas bolhas provoca uma onda de choque que, mais uma vez, neste contexto, vai provocar o movimento do fragmento (Gomes et al., 2023).

Após o esclarecimento destes conceitos, torna-se fácil entender que para a utilização de pontas ultrassônicas é necessário um meio líquido. O óleo de soja ou EDTA são boas alternativas ao preenchimento do canal radicular com o fluido que é necessário a este método de recuperação. É importante salientar que não basta o preenchimento do canal radicular. É necessária a adição de fluido até pelo menos metade do nível da câmara pulpar. Tal procedimento pode ser explicado pelo facto do instrumento fraturado não conseguir fluir para fora do canal sem esse fluido e continuar o seu movimento no interior do canal, durante a ativação ultrassônica. Quando o fragmento possui um comprimento menor do que 4,6 mm, após a adição da solução necessária, a ponta ultrassônica deve ser colocada junto da parede interna do canal, permitindo assim manter uma distância entre o fragmento e a ponta ultrassônica. Esta distância é crucial, pois permite a ejeção do fragmento para fora do canal; caso contrário, este permanece preso no seu interior pela existência de um obstáculo à sua saída. Tendo em conta todos estes pormenores, uma ponta ultrassônica em forma de lança é acionada e é através de movimentos curtos em sentido anti-horário e corono-apical que se promove a saída do instrumento. O intervalo de tempo esperado para a sua saída são 10 segundos. Relativamente à potência, esta pode ser aumentada em 10% a 20% em comparação à potência utilizada na fase de preparação. A ponta de ultrassom é mais resistente à fratura quando se encontra num ambiente húmido, em comparação com condições secas (Terauchi & Buchanan, 2014; Terauchi, Ali et al., 2022).

6.1 Razões para o fracasso do sistema ultrassônico na fase de recuperação

Não obstante a tendência atual para a utilização de métodos ultrassônicos na recuperação de limas fraturadas, existem casos clínicos em que tal não se demonstra eficaz. A execução do protocolo que emprega as pontas ultrassônicas considera-se fracassado quando o instrumento fraturado não é removido num período de 10 segundos. Existem, essencialmente, quatro razões que explicam a falha deste método. Duas delas - uma referente à quantidade de líquido e outra à criação de espaço de ejeção - já foram explicadas anteriormente. A terceira razão, e a mais comum, prende-se com o facto de se utilizar uma ponta ultrassônica de grande diâmetro e/ou conicidade. Em consequência, o fragmento passa a ficar preso entre a ponta ultrassônica e a parede, o que impede a sua recuperação e promove o seu movimento numa direção apical. A quarta e última razão, refere-se à introdução da ponta ultrassônica num espaço criado entre a parede externa e o fragmento, o que leva ao movimento apical do instrumento fraturado, ao invés de promover um movimento coronal que favoreça a sua ejeção (Terauchi, Ali et al., 2022).

6.2 Desvantagens do sistema ultrassônico

A utilização de pontas ultrassônicas para a remoção de instrumentos fraturados, apesar de ser um dos métodos mais utilizados, pode apresentar algumas desvantagens que devem ser conhecidas. Quando o Médico Dentista decide investir na compra deste material, deve ter a consciência de que aquisição de um DOM é praticamente imprescindível. Caso o profissional não possua esta pretensão, incorre no risco de executar uma trepanação cega, o que se traduz na remoção excessiva de dentina. A utilização incorreta e continuada das pontas ultrassônicas acarreta quer o risco aumentado de perfuração do canal, quer a promoção do movimento apical do fragmento. Deve ainda realçar-se a importância de estabelecer uma distância entre a ponta e o instrumento fraturado, sob pena de provocar uma fratura secundária através do seu toque direto. A partir do momento em que se passa a obter outro fragmento de menor comprimento, a taxa de sucesso diminui. Por último, é de salientar que o uso prolongado da ponta ultrassônica tem como consequência o aumento da temperatura da raiz. A literatura indica que um aumento de 10°C pode provocar lesão nos tecidos periodontais, especialmente quando não se utiliza

irrigante com o objetivo de obter uma melhor visualização do campo operatório (Terauchi & Buchanan, 2014; Vyver et al., 2020).

Em suma, o Médico Dentista deve abandonar o método ultrassônico e optar por outro método de recuperação quando não se obtém o resultado esperado ao fim de 10 segundos. A mesma atitude deve ser tomada se o fragmento possuir um comprimento maior do que 6,4 mm. Ainda, instrumentos cujo o comprimento se situa entre os 4,6 mm - 5,7 mm devem ser alvo de ponderação, relativamente ao risco de uso prolongado de pontas ultrassônicas, necessárias ao seu resgate (Terauchi, Sexton et al., 2021).

7. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo ao sistema de tubo

A partir do momento em que o método ultrassônico falha, ou a sua utilização não é viável, o profissional deve apurar o conhecimento que detém na resolução deste problema. Uma das alternativas que se pode demonstrar útil é o método de tubo. Este método consiste na manipulação de um equipamento em forma de tubo, o qual irá permitir a apreensão do instrumento fraturado. Tal como já foi explicado anteriormente, é necessária a criação de uma plataforma de preparação prévia à recuperação do instrumento em si. Neste caso, antes da introdução deste dispositivo, são utilizadas uma série de brocas trefinas com a finalidade de criar as condições necessárias à colocação do equipamento. Para que haja uma exposição de 2-3 mm do instrumento fraturado, é necessário um sacrifício considerável de dentina, dado que a série de brocas trefinas possui um intervalo de diâmetro dos 1,1 mm aos 2,4 mm. Na tentativa de minimizar este inconveniente foram criadas as brocas microtrefinas, cujo diâmetro passa a ser do intervalo de 0,7 mm a 1,2 mm e distinguidas pela atribuição de uma cor. Estas brocas são utilizadas com motor endodôntico no sentido anti-horário e permitem a exposição de 1,0 mm -1,5 mm do fragmento. A partir do momento em que se desenvolveram as brocas microtrefinas, surgiram correspondentemente os microtubos em concordância com a sua redução de diâmetro (Yang et al., 2017).

Segundo Chandak et al.(2023), o procedimento de recuperação inicia-se com a criação de um acesso reto até à porção coronal do instrumento fraturado utilizando as brocas Gates Glidden. Nesse sentido, a broca microtrefina, através do seu bordo cortante, tem como finalidade expor o fragmento através do desgaste de dentina à volta do instrumento a ser recuperado. Assim, passa a ser possível o encaixe do microtubo, que vai circundar o instrumento fraturado. O intuito desta técnica resume-se à apreensão do fragmento através da ação de um mecanismo no interior do microtubo, que se encontra em contacto direto e isolado com o alvo desta ação. Esta apreensão pode ser conseguida, essencialmente, através de dois métodos: mecânico ou adesivo. A primeira opção consiste na colocação de um êmbolo metálico. O microtubo neste caso possui uma janela lateral ao fragmento para que, quando o êmbolo seja acionado em sentido horário, se trilhe o fragmento entre o êmbolo e esta janela. A partir do momento em que se verifica a sua fixação, o microtubo é girado no sentido anti-horário permitindo a retirada do instrumento fraturado. Outro método para a apreensão do fragmento consiste na utilização de sistemas adesivos que adiram à extremidade coronal deste, como é o caso do cianoacrilato e compósito. Uma das suas desvantagens consiste no possível vazamento do sistema adesivo para o exterior do microtubo, podendo fixar-se no canal radicular. As forças de tração, neste caso, são relativamente baixas quando comparadas com outro método. A utilização de cianoacrilato requer maior intervalo de tempo para a promoção da sua secagem demorando cerca de 20 minutos. Para além disso, a força de tração é menor quando comparado com o compósito. A escolha do compósito deve ter em conta o seu método de presa, podendo optar-se pelo compósito autopolimerizável ou fotopolimerizável. Atendendo às diferenças de contração e carga, o compósito fotopolimerizável requer menos força de tração e o tempo de presa é substancialmente mais baixo. Para além disso, como depende de uma fonte de luz, o material que se extravasa não polimeriza. O compósito autopolimerizável tem ainda como inconveniente o seu descolamento do tubo, porque a sua contração dá-se em direção ao fragmento (Chandak et al., 2023; Wefelmeier et al., 2015).

O Médico Dentista deve ter em consideração o desgaste inerente ao uso deste método de recuperação. Ainda que tenham sido introduzidos os microtubos, o seu diâmetro conti-

nua a ser considerável no sacrifício de dentina. Apesar de ser possível curvar o microtubo, principalmente no caso de se eleger um método adesivo, esta técnica requer a criação de um acesso reto à porção coronal do instrumento fraturado. A taxa de sucesso em dentes anteriores ronda os 73%, pelo que se verifica uma queda deste valor nos dentes posteriores, apresentando um sucesso de 44%. Em casos como o de molares, em que a curvatura do canal é uma realidade, este método põem em causa a resistência à fratura e a perfuração da peça dentária, sendo fatais ao prognóstico. O profissional deve reservar este método de recuperação a situações como o de dentes anteriores, com canais retos e robustos (Chandak et al., 2023; Wefelmeier et al., 2015).

8. Recuperação do instrumento fraturado recorrendo ao sistema Loop

Com o avançar do tempo, a prática clínica tem vindo a demandar a criação de um dispositivo que permita a recuperação de um instrumento fraturado em casos clínicos com curvatura evidente. A partir do momento em que o sistema ultrassónico ao fim de 10 segundos falha, ou em casos em que o instrumento fraturado apresenta um comprimento superior a 4,5 mm, passa a haver necessidade de conceber um dispositivo de apreensão que se adapte à curvatura do canal e permita a retirada do fragmento sem grande sacrifício de dentina. Surge, assim, o sistema Loop que, como o nome indica, consiste num dispositivo em forma de laço, que se engata à volta do instrumento, prendendo-o e permitindo a sua retirada por meio da execução de forças direccionadas coronalmente. Para obter uma melhor compreensão deste instrumento é essencial o conhecimento das suas características. Primeiramente, é importante compreender que são necessários, no mínimo, um diâmetro de 0,4 mm e uma exposição do instrumento fraturado de 0,7 mm para a colocação do sistema Loop. A alça que compõem este sistema possui características únicas. Ao ser constituída por Nitinol apresenta propriedades singulares como a elasticidade e memória de forma, o que lhe concede a capacidade de ser adaptar quer ao instrumento fraturado, quer ao canal radicular, estreito e curvo. Ao contrário de outros sistemas, o dispositivo Loop não necessita de ser colocado numa posição vertical para se poder retirar o fragmento, podendo adaptar-se aos canais mais suscetíveis de sofrer este tipo de acidente. É importante salientar que o sistema Loop é utilizado em condi-

ções secas, para que possa ser visualizado durante todo o procedimento (Dulundu & Yigit, 2022; Pruthi et al., 2020; Terauchi, Ali et al., 2022).

Um plugger de tamanho 40 é utilizado para medir o espaço adjacente à área do instrumento fraturado, sendo possível determinar o seu diâmetro coronal. Com isto pretende-se explicar que o plugger permite verificar a existência de um diâmetro mínimo de 0,4 mm, o que corresponde ao diâmetro da sua ponta e que permite a inserção do Loop, que é ligeiramente inferior. Adicionalmente, utiliza-se um explorador endodôntico para auxiliar o ajuste do Loop ao diâmetro coronal do instrumento fraturado. Previamente à inserção do Loop no canal radicular, este deve ser dobrado em 45° relativamente à sua haste. Desta forma, facilita não só o movimento do Loop ao longo da curvatura do canal, como também passa a ocupar menos espaço. Após a sua inserção à volta da zona exposta do fragmento, é empurrado com auxílio do explorador endodôntico à posição de 90° (Terauchi & Buchanan, 2014; Terauchi, Ali et al., 2022).

Relativamente ao movimento que deve ser realizado após o ajuste do Loop, ao executar o movimento de retirada pode sentir-se alguma resistência. Neste caso, deve ser realizado um movimento lento em direção coronal e, suavemente, com um balanço em diferentes direções, o fragmento é recuperado com sucesso (Terauchi & Buchanan, 2014; Terauchi, Ali et al., 2022).

9. Análise de três marcas de sistemas Loop

9.1 EndoCowboy® (Köhler Medical Engineering)

A presente dissertação de mestrado propõe a análise de três sistemas Loop de diferentes marcas sendo estes o EndoCowboy® (Köhler Medical Engineering), BTR Pen® (CER-KAMED), TFRK® (DELabs, Santa Barbara, CA, EUA). Através da análise do site oficial da marca criadora do EndoCowboy®, é possível a recolha de informações diferenciadoras do seu produto. Destaca-se o facto de possuir um rolamento axial de esferas que permite a obtenção do máximo de precisão e sensação de tensão, uma vez que diminui o atrito sentido no sistema. A cânula que suporta o Loop pode ser curvada para uma me-

lhora adaptação ao canal radicular curvo. Existem três recargas distintas diferenciadas pela cor. A cor verde corresponde ao Loop de menor espessura, 0,08 mm, cuja cânula apresenta um diâmetro de 0,3 mm. A cor azul apresenta um Loop de 0,1 mm de espessura e uma cânula de 0,4 mm. Por último, a cor amarela corresponde ao Loop de 0,12 mm de espessura e a cânula de 0,5 mm de diâmetro. Uma das desvantagens que pode ser apontada ao EndoCowboy® (Köhler Medical Engineering) é o facto de ser o único a requerer um manuseamento a quatro mãos. Quer com isto explicar-se que não só é manipulado pelo Médico Dentista, como também pelo seu assistente. O assistente é o responsável por rodar o rolamento que se situa na parte posterior do instrumento e, ao apertar o Loop à volta do fragmento, vai conferir um aumento da tensão no sistema. O Médico Dentista ao colocar um dedo sobre a cânula, aumenta a sua sensibilidade relativamente ao movimento e à força a executar para a recuperação do instrumento fraturado, tal como pode ser observado na figura 1. É importante salientar que a outra mão do Médico Dentista está ocupada com o explorador endodôntico que auxilia o engate do Loop no fragmento a recuperar (EndoCowboy, s.d.).

Figura 1. Representação do manuseamento do sistema EndoCowboy



A) Corresponde à posição da mão do Médico Dentista

B) Corresponde à posição da mão do assistente

Fonte: print screen do documento EndoCowboy® Brochure English disponível no site <https://endocowboy.com/>

9.2 BTR Pen® (CERKAMED)

A BTR Pen® (CERKAMED) foi idealizada e concebida pelo Doutor Piotr Pawlowski. Este dispositivo constitui igualmente um sistema Loop ao qual foi atribuído um código de cores mas, que contém informação adicional acerca da capacidade que suporta. A sua recarga de cor vermelha consiste numa cânula de 0,3 mm de diâmetro que tem uma capacidade de suporte correspondente a 1,5 kg. A cor cinzenta possui uma cânula de diâmetro 0,4 mm e detém uma capacidade de 2,0 kg. Por último, a cor laranja corresponde a um diâmetro de 0,5 mm e uma capacidade de suporte de 2,3 kg. A alça é constituída por Nitinol e o seu diâmetro é de 0,3 mm. Uma das particularidades deste sistema é o facto de possuir um calibrador para ajustar o Loop de acordo com a medição feita ao instrumento fraturado. O calibrador consiste numa base na qual se encontra integrado um dispositivo cónico apoiado na sua base. O Loop deve ser calibrado ajustando-o à altura do dispositivo correspondente ao diâmetro do instrumento fraturado. O seu desenho ergonómico e protocolo permitem o seu manuseamento com uma única mão sem ser necessária assistência (Btr-pen, s.d.).

9.3 TFRK® (DELabs, Santa Barbara, CA, EUA)

O último sistema Loop que se propõe analisar é o TFRK®, ou seja, Terauchi File Removal Kit® idealizado pelo Doutor Yoshi Terauchi. Ao contrário dos sistemas Loop anteriormente descritos, como o nome indica, o TFRK® é vendido sob a forma de kit. Neste constam uma série de dispositivos que vão guiar o procedimento desde a fase de preparação até à recuperação do instrumento fraturado. Apresenta dois exploradores endodônticos concebidos para a limpeza e exploração do canal e que apresentam a vantagem de poderem ser pré-curvados, o que lhes confere uma boa adaptação à curvatura do canal. O explorador GPR (Gutta- Percha removal hand instrument) apresenta duas pontas em forma de delta, ou seja, semelhante a um cone com um diâmetro máximo de 0,35 mm. A sua ponta ajuda na remoção de restos pulparez necróticos e de material endodôntico. O explorador ME (Micro-Explorer) possui uma ponta afiada cujo diâmetro corresponde a 0,1 mm, apresenta uma conicidade de 6% e uma superfície lisa (GoldenDent, s.d.).

Com vista a alargar o canal até à porção coronal do instrumento, foram desenvolvidas a broca MGG#3 (Gates Glidden Modificada número 3) e o K-Endo que corresponde a uma lima rotatória NiTi de fase martensítica a 37°C. A primeira permite o alargamento do canal até pelo menos 0,45 mm o que corresponde ao seu diâmetro. A velocidade recomendada para a sua utilização é de 2500 rpm, em sentido horário, e deve ser executado um movimento de escovagem contra a parede externa. A K-Endo representa uma lima NiTi cuja conicidade é de 2%. Esta é utilizada quando o diâmetro do instrumento fraturado é maior do que 0,45 mm ou a curvatura do canal ultrapassa os 15°. É utilizada a uma velocidade mais baixa, de 500 rpm, em sentido horário (GoldenDent, s.d.).

Caso se verifiquem as condições contrárias às da K-endo, ou seja, se o diâmetro coronal do fragmento for de 0,45 mm e a curvatura menor do que 15° pode ser utilizada a TFRK-MT (Micro-Trefine bur). Esta broca microtrefina apresenta um diâmetro interno de 0,5 mm e um externo de 0,8 mm sendo que a profundidade interna é de 1,0 mm. Assim sendo, o propósito da sua utilização é expor 1,0 mm coronal do instrumento fraturado. É utilizada a uma velocidade de 600 rpm, em sentido anti-horário (GoldenDent, s.d.).

Este kit apresenta também três pontas ultrassónicas que, em conjunto com o DOM, vão ser responsáveis pela criação de espaço entre a lima fraturada e a parede interna do canal com o objetivo de a desprender e soltar. A ponta ED87 pode ser pré-curvada para uma melhor adaptação ao canal e possui uma ponta afiada em forma de cone. As pontas ED88 e ED89 são do tipo minimamente invasivas sendo que sua ponta é muito fina em forma de espada. Podem ser, igualmente, pré-curvadas antes da sua utilização (GoldenDent, s.d.).

Posteriormente à criação das condições necessárias, passa-se à fase de se utilizar o dispositivo mais interessante - um dispositivo Loop - sendo este o Yoshi Loop. O sistema Loop entra em ação quando o comprimento do fragmento é superior a 4,5 mm, ou quando as pontas ultrassónicas não foram bem sucedidas na sua recuperação. Assim, o

fragmento encontra-se solto no canal e necessita do Loop para proceder à sua apreensão. O Loop é dobrado a 45° para facilitar a sua inserção à volta da porção exposta da lima e é ajustado com a ajuda de um explorador. Existem duas espessuras distintas: uma com 0,08 mm e outra com 0,12 mm. O diâmetro da cânula é de 0,5 mm e o comprimento é de 23 mm, podendo ser pré-curvada para uma melhor adaptação ao canal radicular (GoldenDent, s.d.).

Este kit apresenta ainda uma ponta de polimento à base de borracha de silicone, usada numa peça de mão e que tem como objetivo afiar as pontas ultrassónicas e permitir um polimento para aumentar e melhorar a nitidez do campo (GoldenDent, s.d.).

Figura 2: Fotografia do Yoshi Loop presente no TFRK



A) Vista geral do instrumento Loop

B) Vista aumentada do instrumento, mais concretamente a sua ponta com o Loop montado

Fonte: print screen do website que contém informações explicativas do TFRK disponível em https://www.physicsforceps.com/broken-file-retrieval?product_id=1452

III- Discussão

A manutenção da peça dentária, desejada por muitos pacientes é, nalguns casos, possível graças ao desenvolvimento do TENC. No entanto, este revela ser um tratamento desafiador e pode mesmo ser imprevisível até para aqueles que são especialistas nesta área da Medicina Dentária. Os avanços tecnológicos permitiram a introdução das limas NiTi que vieram revolucionar e facilitar a instrumentação mecanizada do canal radicular. Todavia, verifica-se que as limas manuais constituídas por SS fraturam menos no interior do canal do que as inovadoras limas de NiTi, que apresentam uma taxa de fratura entre os 0,4% - 23% (Abdeen et al., 2023; Terauchi & Buchanan, 2014).

Perante este acidente iatrogénico, levantam-se dúvidas acerca do modo como o prognóstico pode ser afetado. É, de facto, perceptível que a presença de um obstáculo no canal dificulta a eliminação de tecido pulpar infetado ou necrótico, o que pode afetar adversamente o prognóstico. Porém, este depende de vários fatores que requerem análise antes de uma tomada de decisão, uma vez que nem sempre implica o seu prejuízo. Embora tenham sido desenvolvidos vários métodos para que fosse possível a recuperação do instrumento, não existe um método padrão universalmente aceite na comunidade Médica. Atualmente, considera-se conservadora a utilização das pontas ultrassónicas conjuntamente com o DOM. No entanto, o grau de curvatura, a localização e o comprimento do fragmento são determinantes na seleção de uma técnica o mais conservadora possível (Dako et al., 2020; Terauchi, Sexton et al., 2021).

O Médico Dentista, quando decide recuperar o instrumento fraturado, deve ter a consciência de que durante o procedimento existe a possibilidade de alargamento excessivo do canal. A perda de estrutura dentinária predispõe a falta de resistência, o que tem como consequência o aumento da chance de a peça dentária sofrer fratura, nomeadamente, fratura vertical. O sacrifício de dentina deve ser ponderado aquando da escolha do método de recuperação. A literatura indica que 87,3% dos fragmentos visíveis são removidos com sucesso quando se utilizam as pontas ultrassónicas conjuntamente com o DOM. Por outro lado, a taxa de sucesso dos fragmentos não visíveis é de 47,7%, o que

significa que nestes casos o método ultrassônico não é tão eficaz (Barakat & Attia, 2024).

A literatura propõe a recuperação instrumento fraturado localizado no terço médio, uma vez que a sua permanência dificulta a limpeza e modelagem do canal. No entanto, apesar do método ultrassônico ser considerado seguro e eficaz, levantam-se questões relativamente ao seu efeito na estrutura dentinária. Segundo um estudo elaborado por Fu et al (2019), o movimento vibratório da ponta ultrassônica dá origem a microfissuras dentinárias, o que poderá afetar a resistência à fratura vertical da raiz. Não obstante, as alterações no volume canalar revelaram ser a principal causa do enfraquecimento radicular. As alterações no terço coronal e médio, para além de aumentarem o volume canalar, também demonstraram uma mudança significativa na morfologia do canal. Neste estudo verificou-se um aumento do volume canalar superior no grupo ultrassônico, $135,3\% \pm 31,3\%$, quando comparado com o grupo de controlo, $66,6\% \pm 24,3\%$. A força necessária para provocar a fratura dentária foi também considerada um parâmetro neste estudo, sendo que o grupo ultrassônico obteve $391 \pm 68,3\text{N}$ e, o grupo de controlo $498,8 \pm 91,5\text{N}$. Quer com isto explicar-se que a utilização de pontas ultrassônicas promove a perda de volume canalar o que predispõe o aumento da probabilidade de fratura vertical da peça dentária. Neste caso, as microfissuras não são a principal causa; mas, sabe-se que a obturação do canal pode estendê-las ao longo do canal, o que pode formar rachaduras e enfraquecer a resistência da raiz à fratura vertical. A literatura demonstra ainda que a fratura se dá frequentemente no sentido vestibulo-lingual e não tanto no sentido mesio-distal (Fu et al., 2019).

Terauchi & Buchanan (2014) revelam dois fundamentos essenciais a uma recuperação bem sucedida sem realizar um alargamento excessivo do canal. A primeira chave para o sucesso está relacionada com a visualização do instrumento. Quando é possível observar a sua porção coronal, a utilização do método ultrassônico ou mesmo em conjunto com o sistema Loop resulta em êxito. Quando não é visível, deve ser elaborado um acesso em linha reta que permita atingir essa mesma condição. A segunda chave corresponde à vi-

sualização do fragmento solto no canal ou permiti-lo através do uso de um explorador. Posto isto, o profissional deve, nos casos de fratura de um instrumento, optar por um método mais conservador. Uma espessura dentinária de 200-300 μm deve ser mantida após a recuperação do instrumento, para que resista à obturação e evite a fratura dentária, permitindo assim a dissipação das forças que lhe são aplicadas (Barakat & Attia, 2024; Terauchi & Buchanan 2014).

Na presença de um caso clínico cujo canal radicular apresenta uma curvatura moderada a severa, um instrumento retido com comprimento superior a 4,5 mm e/ou em que houve falha do método ultrassónico ao fim de 10 segundos, o profissional deve optar por implementar um sistema de recuperação que permita a sua apreensão. O método de Tubo, mais recentemente criado o Microtubo, não deve ser uma escolha neste caso. Para além de sacrificar uma quantidade considerável de dentina, o método de Tubo não se adapta eficazmente a canais radiculares curvos e estreitos. Segundo um estudo elaborado por Barakat & Attia (2024) que compara o Broken Instrument Removal kit[®] (Zumax) ao sistema BTR Pen[®] (CERKAMED), apesar de obter uma taxa de sucesso idêntica para ambos os grupos, o aumento do volume canalar é superior no kit Zumax[®]. Verificou-se um aumento de volume canalar de 3,1 mm^3 para o grupo Zumax[®] sendo que o valor do grupo oposto, BTR Pen[®], correspondeu a 1,53 mm^3 . Relativamente ao tempo necessário a cada técnica de recuperação, o grupo Zumax[®] demorou uma média de 22.89 minutos e o grupo BTR Pen[®] uma média de 29,56 minutos. Assim sendo, o profissional deve optar pelo sistema Loop que, por sua vez, se adapta aos canais curvos sem exigir um desgaste dentinário acentuado (Barakat & Attia, 2024; Dulundu & Yigit, 2022; Terauchi, Ali et al., 2022).

A falta de evidência científica sobre a comparação entre os sistemas Loop e o método ultrassónico, levou Pruthi et al. (2020) a desenvolver um estudo que compara o TFRK[®] (DELabs, Santa Barbara, CA, EUA) a pontas ultrassónicas. Relativamente à taxa geral de sucesso das pontas ultrassónicas, esta foi de 90%, enquanto que o TFRK[®] atingiu os 95% de sucesso. A taxa de sucesso para a remoção do instrumento fraturado no terço

coronal foi de 100% em ambos os grupos. No que concerne aos valores obtidos no terço médio, o grupo das pontas ultrassônicas atingiu os 80% e o grupo contrário 90%. O tempo necessário para a remoção do fragmento do terço coronal foi maior no grupo ultrassônico, 17,9 minutos, sendo que o sistema Loop obteve 15,3 minutos. Os resultados obtidos no terço médio traduzem a mesma tendência, sendo o grupo TFRK® ligeiramente mais rápido, 44,2 minutos quando comparado com o seu oposto com 46,4 minutos. Estes resultados permitiram concluir que existem diferenças relativamente à localização do fragmento em termos de tempo e sucesso. Os valores obtidos no terço médio, podem ser explicados pela dificuldade de acesso e visibilidade nesta zona do canal radicular. Neste estudo, o TFRK® obteve um desempenho marginalmente melhor quando comparado às pontas ultrassônicas. É importante salientar que o sistema Loop não necessita de ser colocado numa posição vertical, o que lhe permite uma melhor adaptação ao canal (Pruthi et al., 2020).

A recuperação de um instrumento fraturado não tem apenas como intuito a sua remoção bem sucedida, mas também manter a integridade da peça dentária. Para que seja viável a avaliação deste parâmetro, é necessário avaliar a quantidade de dentina remanescente ao processo de recuperação. Abdeen et al. (2023) desenvolveram um estudo no qual compararam o desempenho do TFRK® (DELabs, Santa Barbara, CA, EUA) a outros dois sistemas de recuperação, sendo um deles a ponta ultrassônica ET25® (Satelec Corp, Mergnac, Cedex, França). A taxa de sucesso de recuperação no terço médio do canal de primeiros molares inferiores foi maior no grupo T (TFRK®) com 80%, em comparação com o grupo R (ET25®), 70%. Relativamente ao tempo necessário a cada sistema, o grupo T apresentou uma média de $42,02 \pm 5,66$ minutos, sendo praticamente idêntica ao grupo R, $42,42 \pm 3,33$ minutos. Por último, o grupo T apresenta um aumento do volume canalar de $1,28 \pm 0,78$ mm³ e o grupo R um aumento de $3,18 \pm 0,83$ mm³. A análise dos resultados obtidos permite concluir que não existe uma diferença estatisticamente significativa no que concerne à taxa de sucesso e tempo. Porém, averigua-se que a diferença entre os dois grupos relativamente ao aumento do volume canalar é expressiva. Deste modo, o TFRK® constitui um método de recuperação mais conservador do que o método ultrassônico no terço médio do canal (Abdeen et al., 2023).

Dulundu & Yigit (2022) decidiram estudar a eficiência do sistema BTR Pen® (CER-KAMED) na remoção de instrumentos fraturados no canal radicular e avaliar o seu efeito na resistência das raízes intervencionadas. Para tal, usaram como termo de comparação as pontas ultrassônicas, RT2® (EMS, Sybron Endo, Suíça), consideradas um método conservador na execução deste procedimento de resgate. A literatura indica que a anatomia do canal e a localização do fragmento afetam a sua recuperação. Assim, este estudo avalia o sistema Loop e o sistema ultrassônico na recuperação do instrumento fraturado no terço médio e apical do canal mesio-vestibular de molares superiores. A taxa geral de sucesso foi superior no grupo BTR Pen® com uma percentagem de 86,7% relativamente ao grupo ultrassônico com uma taxa de 83,3%. Esses valores foram mais díspares na região apical, em que o sistema BTR Pen® obteve uma taxa de sucesso maior (86,7%) do que a técnica ultrassônica (70%). O tempo necessário à remoção do fragmento foi ligeiramente menor no grupo BTR Pen® ($23,97 \pm 8,35$ minutos) do que no grupo RT2® ($24,1 \pm 8,28$ minutos). No parâmetro referente à resistência à fratura, os papéis invertem-se. No grupo ao qual foi aplicado o sistema Loop a força necessária para se verificar a fratura dentária foi de $98,8 \pm 45,7$ N, enquanto que no grupo ultrassônico o valor atingiu os $122,5 \pm 60,1$ N. Apesar do sistema BTR Pen® apresentar valores marginalmente superiores ao grupo RT2® em termos de tempo e sucesso, o sistema Loop apresentou menos resistência à fratura. Os autores sugerem que a perda de estrutura dentinária, neste caso, deve-se à necessidade de trepanação adicional para a colocação do Loop à volta da porção coronal do instrumento fraturado. O aumento do volume do canal radicular enfraquece a estrutura dentária e, como tal, é necessário aplicar menos força para que se verifique a fratura (Dulundu & Yigit 2022).

No que diz respeito à evidência científica exposta neste trabalho, é necessário ter em consideração algumas ressalvas e informações relevantes ao tema. Foram reunidos o máximo de artigos disponíveis referentes aos sistemas Loop, sem embargo, apenas dois deles contêm informações claras e explícitas no tocante à perda dentinária. Tal como pode ser percebido, os autores Abdeen et al. (2023) e Dulundu & Yigit (2022) chegam a conclusões um tanto díspares. Apesar dos primeiros medirem o parâmetro referente ao aumento volume canal e os segundos o parâmetro relativo à força necessária para pro-

vocar a fratura, ambos desenvolvem variáveis que estão inerentes à resistência da raiz. A leitura dos artigos científicos não se centra apenas nos seus resultados, sendo que a sua leitura integral permitiu constatar alguns factos. A primeira ressalva que se pretende fazer advém do facto de Dulundu & Yigit (2022) exporem no seu artigo algumas das dificuldades no manuseamento do sistema Loop. Neste caso, a ponta ultrassónica entrou em contacto com o fragmento, o que levou ao seu encurtamento. Como já foi explicado anteriormente, o ultrassom deve manter uma distância ao instrumento fraturado, sob pena de resultar na sua fratura secundária. A segunda ressalva centra-se no facto de Dulundu & Yigit (2022) perderem exposição coronal do fragmento, o que levou à necessidade adicional de trepanação de dentina para promover o engate da alça do sistema Loop. É apresentada uma exposição coronal do fragmento de 1,5 mm. A literatura indica que os sistemas Loop necessitam uma exposição mínima de 0,7 mm para a colocação da sua alça, o que demonstra que, neste caso, foi necessária uma exposição considerável. Em suma, quer com isto explicar-se que devem ser tomadas algumas precauções no manuseamento das pontas ultrassónicas e dos sistemas Loop, afim de evitar ao máximo a perda de estrutura dentária (Abdeen et al., 2023; Dulundu & Yigit (2022); Pruthi et al., 2020; Terauchi, Ali et al., 2022).

Durante a pesquisa científica, foi encontrado um artigo que compara a eficácia das pontas ultrassónicas e do sistema TFRK®. Os parâmetros avaliados neste estudo envolvem a taxa de sucesso, tempo e o aumento do volume canalar. No entanto, a leitura integral do artigo permitiu constatar que apenas são utilizadas duas das pontas ultrassónicas presentes no kit Terauchi para a comparação com as pontas ultrassónicas ET25 (Satelec). Como tal, não são considerados os seus resultados neste trabalho científico, uma vez que se procura avaliar o sistema na sua totalidade e não de apenas dois dos seus componentes (Kumar et al., 2021).

O desenvolvimento do presente trabalho tem como intuito contribuir, de forma objetiva, para a clarificação, não só das possibilidades terapêuticas, mas também dos métodos e dispositivos existentes no mercado que visam auxiliar a atuação do Médico Dentista perante a fratura inesperada de um instrumento endodôntico. Enfatiza-se a criação dos sistemas Loop que, acredita a autora desta dissertação, vieram revolucionar e inovar as técnicas de recuperação de instrumentos fraturados, especialmente em canais radiculares curvos. Atualmente, várias marcas desenvolveram os seus sistemas Loop. Esta dissertação propõe o conhecimento e a análise de três dispositivos Loop, os quais possuem certas particularidades que os distinguem. Estes sistemas, para além de serem atuais, apresentam uma abordagem menos invasiva e que vai de encontro com a tendência crescente para a procura de intervenções o mais conservadoras possíveis.

IV- Conclusão

O desenvolvimento da liga NiTi na área da Medicina Dentária permitiu inovar a instrumentação dos canais radiculares durante o TENC. As suas características singulares de superelasticidade e memória de forma proporcionam uma modelagem e irrigação mais fáceis e eficazes.

As limas manuais constituídas por SS, apesar de apresentarem menos resistência, fraturam menos em comparação com as limas NiTi. A fratura inesperada da lima NiTi é explicada pela fadiga cíclica e torcional.

Assim sendo, o Médico Dentista deve atuar de forma ponderada, sendo para isso necessário o conhecimento de quais são as opções de tratamento possíveis a este evento imprevisto. Apesar de ser importante atuar com sapiência nestes casos, revela-se primordial e aconselhável a sua prevenção.

A partir do momento que o Médico Dentista decide avançar com a recuperação mecânica do instrumento fraturado, deve ter a consciência de que, apesar de ser mais conservadora do que a recuperação química ou cirúrgica, implica a perda de dentina. O cerne da questão colocada neste trabalho científico prende-se com o facto desta perda provocar um aumento do volume canalar. Este facto deve ser tomado em consideração, uma vez que promove o enfraquecimento da raiz dentária; o que, a longo prazo, pode provocar a sua fratura. Posto isto, é crucial a escolha e desenvolvimento de métodos inovadores, que promovam uma diminuição do sacrifício de dentina durante a recuperação do instrumento fraturado.

Não existe um método padrão que guie a atuação do profissional na recuperação mecânica. Muitos autores identificam o sistema de pontas ultrassónicas em coadjuvação com o DOM, como sendo um método seguro e eficaz. No entanto, verifica-se que em alguns casos clínicos, apesar do fragmento se soltar durante trepanação ultrassónica, não é pos-

sível removê-lo do canal. Surge, assim, a necessidade de criar um instrumento que permita a sua apreensão para facilitar o seu resgate.

O sistema Loop e de Tubo constituem métodos de apreensão para a recuperação do instrumento fraturado. Porém, o sistema de Tubo só é aplicado a dentes anteriores ou canais retos. A sua falta de adaptação à curvatura radicular exige a criação de um canal reto, o que pode fomentar erros iatrogénicos como a perfuração ou desvio do canal. Pelo contrário, o sistema Loop revela-se promissor no resgate em canais curvos. Para além de poder ser pré-curvado, exige o mínimo de exposição coronal do fragmento para a colocação do Loop, sendo este valor mínimo de 0,7 mm.

A comparação entre o sistema Loop e o sistema ultrassónico não deve ser percebida como antagonista. Por vezes o Médico Dentista necessita de associar métodos para atingir o seu objetivo de forma eficaz. O sistema Loop desenvolve-se com a necessidade de auxiliar a recuperação do instrumento perdido, quando o sistema de pontas ultrassónicas não o consegue fazer ou, então, a trepanação cega ou adicional é necessária. Este trabalho pretende dar resposta à dúvida que se levanta sobre a eficácia destes sistemas e saber se, de facto, promovem menos sacrifício de dentina ao evitar a trepanação adicional da ponta ultrassónica.

A evidência científica reunida nesta dissertação permite constatar que o sistema Loop apresenta uma boa eficiência, uma vez que revela altas taxas de sucesso num intervalo de tempo reduzido. Em comparação com o sistema ultrassónico, analisando estas duas variáveis, os sistemas Loop apresentam valores marginalmente superiores. O aumento do volume calar é uma consequência destes dois sistemas e que traduz a perda de dentina. Apesar da literatura não permitir obter uma resposta objetiva e clara à questão levantada neste trabalho, os sistemas Loop apresentam uma solução à falha dos sistemas ultrassónicos.

Os sistemas Loop possuem a capacidade de adaptação a canais curvos e evitam a trepanção adicional de dentina por parte das pontas ultrassônicas, para reaver o fragmento que já se encontra solto.

Daqui se depreende a necessidade de desenvolver mais estudos nesta área da Endodontia, especificamente no que toca à avaliação de parâmetros que permitam avaliar a sua capacidade de conservar estrutura dentária.

Em suma, o Médico Dentista deve optar por sistemas que, para além de satisfazerem as necessidades do seu paciente, sejam conservadores. O seu pensamento não deve ser redutor e cingir-se apenas, e momentaneamente, à resolução deste acidente endodôntico. O Médico Dentista deverá evitar consequências a longo prazo, como a fratura vertical da raiz, e primar pela conservação da peça dentária.

Concluindo, devem ser desenvolvidas mais investigações que prezem pelo avanço do conhecimento científico e promovam uma Medicina Dentária cada vez menos invasiva e cada vez mais fiável.

V- Bibliografia

Abdeen, M. A., Plotino, G., Hassanien, E. E. S., & Turkey, M.(2023). Evaluation of dentine structure loss after separated file retrieval by three different techniques: An ex-vivo study. *European Endodontic Journal*, 8(3), 225–230. <https://doi.org/10.14744/ej.2023.37929>

Abu-Tahun, I., Ha, J., Kwak, S., & Kim, H.(2018). Evaluation of dynamic and static torsional resistances of nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Dental Sciences*, 13(3), 207–212. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2017.12.002>

Adl, A., Shahravan, A., Farshad, M., & Honar, S.(2017). Success rate and time for bypassing the fractured segments of four niti rotary instruments. *PubMed*, 12(3), 349–353. <https://doi.org/10.22037/iej.v12i3.16866>

Alamoudi, R., Alfarran, A., Alnamnakani, B., Howait, M., Alghamdi, N., & Ain, T.(2024). Assessment of incidence, management and contributory factors of root canal instrument separation in an endodontics post-graduate program: A retrospective clinical study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, 27(1), 16–21. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_833_22

Alcalde, M., Tanomaru-Filho, M., Bramante, C., Duarte, M., Tanomaru, J., Pinto, J., Só, M., & Vivan, R.(2017). Cyclic and torsional fatigue resistance of reciprocating single files manufactured by different nickel-titanium alloys. *Journal of Endodontics*, 43(7), 1186–1191. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.03.008>

Aminsobhani, M., Hashemi, N., Hamidzadeh, F., & Sarraf, P.(2024). Broken instrument removal methods with a minireview of the literature. *Case Reports in Dentistry*, (1). <https://doi.org/10.1155/2024/9665987>

Amza, O., Bogdan, D., Suci, I., Bartok, R., & Chirila, M.(2020). Etiology and prevention of an endodontic iatrogenic event: Instrument Fracture. *Journal of Medicine and Life*. 13(3),378–381. <https://doi.org/10.25122/jml-2020-0137>

Aun, D., Peixoto, I., Houmard, M., & Buono, V.(2016). Enhancement of NiTi superelastic endodontic instruments by TiO₂ coating. *Materials Science and Engineering*, 68, 675–680. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2016.06.031>

Baker, I.(2018). *Fifty materials that make the world* (1.^a ed.). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-78766-4>

Barakat, F., & Attia, M.(2024). Efficacy of two separated file removal systems. *Egyptian Dental Journal*, 70(2), 1945–1955. <https://doi.org/10.21608/edj.2024.259003.2855>

Blanco, A., Baz, P., Vila, R., Novoa, P., & Biedma, B.(2022). Endodontic rotary files, What should an endodontist know?. *Medicina*. 58(6):719. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9230915/>

Boutsioukis, C., & Arias-Moliz, M.(2022). Present status and future directions : Irrigants and irrigation methods. *International Endodontic Journal*, 55, 588–612. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9321999/>

Brasil, C., Marceliano, F., Marques, L., Grillo, P., Lacerda, S., Alves, F., Siqueira, F., & Provenzano, C.(2017). Canal transportation, unprepared areas, and dentin removal after preparation with bt-race and protaper next systems. *Journal of Endodontics*, 43(10), 1683–1687. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.04.012>

Btr-pen.(s.d.).Btr-pen:Broken tool remover. <https://btr-pen.com/>

Chandak, M., Agrawal, P., Mankar, N., Sarangi, S., & Bhopatkar, J.(2023). Navigating separated instrument retrieval: A case report. *cureus*, 15(12). <https://doi.org/10.7759/cureus.50559>

Chi, C., Lai, E., Liu, C. , Lin, C., & Shin, C.(2017). Influence of heat treatment on cyclic fatigue and cutting efficiency of proTaper universal f2 instruments. *Journal of Dental Sciences*, 12(1), 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2016.06.001>

Dako, T., Bica, C., Lazar, L., Lazar, A., & Monea. M.(2020). Separated instrument management as a procedural accident in endodontics using the EDTA (C10H16N2O8) aided bypassing technique and the ultrasonic Removal Method: An in vitro Study. *Revista de Chimie*,71(11),73-79. <https://doi.org/10.37358/RC.20.11.8375>

Dr. yoshi terauchi file retrieval kit.(s.d).[Fotografia]. GoldenDent. https://www.physicsforceps.com/broken-file-retrieval?product_id=1452

Dulundu, M., & Helvacioğlu-Yigit, D.(2022). The efficiency of the BTR-Pen system in removing different types of broken instruments from root canals and its effect on the fracture resistance of roots. *Materials*, 15(17), 5816. <https://doi.org/10.3390/ma15175816>

Endocowboy.(s.d.). The endodontic file retrieval system. <https://endocowboy.com/>

Fu, M., Huang, X., Zhang, K., & Hou, B.(2019). Effects of ultrasonic removal of fractured files from the middle third of root canals on the resistance to vertical root fracture. *Journal of Endodontics*, 45(11), 1365–1370. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.08.009>

GoldenDent.(s.d.).Dr. yoshi terauchi file retrieval kit. GoldenDent. https://www.physicsforceps.com/broken-file-retrieval?product_id=1452

Gomes, B., Aveiro, E. & Kishen, A.(2023). Irrigants and irrigation activation systems in endodontics. *Brazilian Dental Journal*, 34(4), 1–33. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202305577>

Haapasalo, M., Shen, Y., Qian, W., & Gao, Y.(2014). Irrigation in endodontics. *Dental Clinics of North America*, 54(2), 291–312. [10.1016/j.cden.2009.12.001](https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.001)

Hieawy, A., Haapasalo, M., Zhou, H., Wang, Z., & Shen, Y. (2015). Phase transformation behavior and resistance to bending and cyclic fatigue of proTaper gold and protaper universal instruments. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1134–1138. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.02.030>

Kapoor, D.(2017). Nitinol for medical applications: A brief introduction to the properties and processing of nickel titanium shape memory alloys and their use in Stents. *Johnson Matthey Technology Review*, 61(1), 66–76. <https://doi.org/10.1595/205651317X694524>

Kumar, B. S., Krishnamoorthy, S., Shanmugam, S., & PradeepKumar, A. R. (2021). The time taken for retrieval of separated instrument and the change in root Canal volume after two different techniques using cbct. *Indian Journal of Dental Research*, 32(4), 489–494. https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_403_21

Lima, T., Alves, L., & Castro, F.(2021). Methods for removing fractured endodontic instruments in root canal: A Brief Systematic Review. *Journal of Medical and Health Sciences*, 2(3), 20-25.<https://doi.org/10.34256/mdnt2134>

Martins, D. , Vieira, E., & Kervahal, P.(2022). Benefits of rotary files in endodontic treatment. *Research,Society and Development*, 11(13).<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35957>

Ortavik, D.(2024). Essencial endodontology: Prevention and treatment of a apical periodontitis (3rd edition). *Blackwell Science*.https://books.google.pt/books?id=Tdi8DwAAQBAJ&hl=pt-PT&source=gbs_navlinks_s

Plotino, G., Özyurek, T., Grande, N., & Gundogar, M.(2019). Influence of size and taper of basic root canal preparation on root canal cleanliness: A scanning electron microscopy study. *International Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.1111/iej.13002>

Pruthi, P, Nawal, R., Talwar, S., & Verma, M.(2020). Comparative evaluation of the effectiveness of ultrasonic tips versus the terauchi file retrieval kit for the removal of separated endodontic instruments. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 45(2).<https://doi.org/10.5395/rde.2020.45.e14>

Representação do manuseamento do sistema endocowboy(s.d.).[Fotografia].Endocowboy. <https://endocowboy.com/>

Ribeiro, G., Martin, V., Rodrigues, C., & Gomes, P.(2023). 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. *Journal of Endodontics*, 49(12), 1733–1738. [10.1016/j.joen.2023.09.002](https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.09.002)

Ruddle, C. J.(2018). Broken instrument removal: The endodontic challenge. *Dentistry Today*, 21(7), 70–72.https://www.endoruddle.com/tc2pdfs/239/BrknInstrmt-Removal_Sept2018.pdf

Terauchi, Y. & Buchanan, S. L.(2014).Instrument retrieval with file removal system: Case reports. *The International Journal of Microdentistry*, 5(1), 6–15. https://doi.org/10.50900/jamdmicro.5.1_6

Terauchi, Y., Sexton, C., Bakland, L. K., & Borgen, G.(2021). Factors affecting the removal time of separated instruments. *Journal of Endodontics*, 47(8).[10.1016/j.joen.2021.05.003](https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.05.003)

Terauchi, Y., Tarek, M. & Mohsen, M.(2022). Present status and future directions: Removal of fractured instruments. *International Endodontic Journal*, 55(3), 685-709.<https://doi.org/10.1111/iej.13743>

Vyver, P., Vorster, M., & Jonker, C.(2020). Modern considerations when approaching fractured endodontic instruments - part 2: A review of the literature and clinical techniques. *South African Dental Journal*, 75(10).<https://journals.assaf.org.za/index.php/sadj/article/view/10522>

Wadood, A.(2016). Brief overview on nitinol as biomaterial. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/4173138>

Wefelmeier, M., Eveslage, M., Bürklein, S., Ott, K., & Kaup, M.(2015). Removing fractured endodontic instruments with a modified tube technique using a light-curing composite. *Journal of Endodontics*, 41(5), 733–736. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.018>

Yang, Q., Shen, Y., Huang, D., Zhou, X., Gao, Y., & Haapasalo, M.(2017). Evaluation of two trephine techniques for removal of fractured rotary nickel-titanium instruments from root canals. *Journal of Endodontics*, 43(1). 116–120. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.09.001>