

André Dalcastagner

Várias Gerações de Sistema *Protaper*®- Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

André Dalcastagner

Várias Gerações de Sistema *Protaper*®- Revisão Narrativa

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2022

André Dalcastagner

Várias gerações de sistema *Protaper* - Revisão Narrativa

Trabalho apresentado à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

RESUMO

A evolução da engenharia dos materiais e *design* dos dispositivos tem impactado positivamente o tratamento endodôntico mecanizado, isto porque a melhoria dos materiais e técnicas de fabrico, confere maior segurança e confiabilidade nos tratamentos, bem como, diminui gradativamente as dificuldades na sua execução e reduz também, o risco de acidentes. Estas mudanças são notórias e significativas no decorrer dos anos, com o lançamento de cada sistema mecanizado *ProTaper* proporcionando maior segurança e menor risco de na taxa de sucesso dos tratamentos endodônticos.

Este trabalho constitui uma revisão narrativa da literatura cujo objetivo é apresentar e descrever os sistemas *ProTaper* de instrumentação em endodontia, e como este evoluiu com o decorrer dos anos, comparando os sistemas mecanizados *Protaper Universal*, *Next*, *Gold* e *Ultimate*.

Palavras-chave: '*Protaper*'; '*Taper*'; '*Conicity*'; '*Nichel-titanium*'; '*Teeth Treatment*'; '*Gold Wire*'; '*Type*'.

ABSTRACT

The evolution of materials engineering and device design has had a positive impact on mechanized endodontic treatment, because the improvement of materials and manufacturing techniques, provides greater safety and reliability in treatments, as well as gradually reduces the difficulties in its execution and also reduces, the risk of accidents. These changes are notable and significant over the years, with the launch of each ProTaper mechanized system providing greater safety and lower fracture risk increasing the success rate of endodontic treatments.

This work constitutes a narrative review of the literature whose objective is to present and describe the *ProTaper* instrumentation systems in endodontics, and how it has evolved over the years, comparing the mechanized systems *Protaper Universal*, *Next*, *Gold*, and *Ultimate*.

Key-words: *'Protaper'*; *'Taper'*; *'Conicity'*; *'Nichel-titanium'*; *'Teeth Tratment'*; *'Gold Wire'*; *'Type'*.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me proporcionar sabedoria nas escolhas pessoais, profissionais e acadêmicas, me guiando para bons caminhos, durante o decorrer da minha vida.

Agradeço aos meus pais Salvio Dalcastagner e Irene Paoli Dalcastagner por me conceberam o dom da vida e sempre me cativaram e incentivaram para evoluir e ser melhor, e à toda minha família que sempre estão ao meu lado, apoiando e aconselhando.

Agradeço o Dr. Leonardo, por me inspirar a ser um Médico Dentista de Excelência e também por todos os conhecimentos adquiridos referentes as atividades de cuidados a saúde oral dos doentes e a gestão de clínicas dentárias a qual foi muito importante para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, o Professor Doutor Duarte Antunes Guimarães, por toda a ajuda, empenho e disponibilidade, dedicação e paciência em ajudar-me a definir os rumos deste trabalho de conclusão de curso, e aos demais professores da UFP os quais tive oportunidade de trocar conhecimento.

A todas as pessoas que cruzaram o meu caminho nos últimos 5 anos, que de alguma forma, contribuíram para a minha formação enquanto Pessoa e Médico Dentista.

Enfim, agradeço a todos aqueles, que possibilitaram o desenvolvimento deste trabalho e que contribuíram de alguma forma em minha vida, de modo que hoje posso dizer que estou concluindo mais uma etapa de vida, de muitas que virão pela frente.

Índice

Índice de Figuras	X
Lista de símbolos e abreviaturas	XI
I. Introdução	1
1. Materiais e métodos:	1
II. Desenvolvimento	2
1. Tratamento Endodôntico:	2
2. Glide Path	2
3. Instrumentação	3
4. Instrumentação Manual	3
5. Instrumentação Mecanizada	4
III. Ligas	4
1. Níquel-Titânio	4
2. <i>Max Wire</i>	6
3. <i>Gold Wire</i>	6
4. <i>Blue Wire</i>	6
5. Movimento Reciprocante / Alternativo	7
6. Movimentos combinados (rotativo central + alternativo)	7
7. Movimento rotatório excêntrico	8
IV. Princípios de instrumentação	8
1. Comprimento de trabalho	8
2. Calibragem apical	8
3. Conicidade	9
4. Tensões geradas no instrumento endodôntico	9
V. Sistemas de limas.	9

1. Sistema <i>Protaper e Protaper Universal</i> [®] .	9
2. <i>Protaper Next</i> [®]	10
3. <i>Protaper Gold</i> [®]	11
4. <i>Protaper Ultimate</i> [®]	12
VI. Discussão	14
VII. Conclusões.	15
VIII. Referências Bibliográficas	16
IX. Anexos	22

Índice de Figuras

Figura 1- Evolução dos movimentos usados no preparo mecânico do canal radicular	7
---	---

Lista de símbolos e abreviaturas

SCR - Sistema de canais radiculares

CA - Cavidade de acesso

TENC - Tratamento endodôntico não cirúrgico

CBCT- *Cone-beam computed tomography system*

LEA - Localizador eletrônico do ápice

CAD - *Computer aided design*

RPM - Rotações por minuto

NCM - Newton Por Centímetro

NiTi - Ligas contendo níquel (Ni) e titânio (Ti)

PTU - *Protaper Universal*

PTN - *Protaper Next*

PTG - *Protaper Gold*

I. Introdução

O dente é composto por quatro tecidos, sendo esmalte, dentina e cimento apresentando-se como tecidos duros e, e a polpa, ou o centro do dente que contém nervos, vasos sanguíneos e tecido conjuntivo, que é um tecido macio ou não calcificado (Sabeti et al., 2021).

A “polpa” dentária é reconhecida como tecido conjuntivo que reside no centro do dente, diretamente abaixo da camada de dentina, referindo-se como o complexo “dentina-polpa”, esses dois tecidos estão intimamente relacionados e dependem do desenvolvimento e sobrevivência um do outro. Os problemas relacionados com a saúde oral podem desencadear a pulpíte que é a infecção e inflamação da polpa do dente que geralmente causa uma dor dentária intensa (Cehreli et al., 2022).

De acordo com (Dadresanfar & Rotstein, 2021), o objetivo do tratamento endodôntico é prevenir ou curar, quando presentes, lesões de origem endodôntica, ou também conhecida como periodontite apical. A erradicação dos patogênicos é clinicamente alcançada pelos sistemas de instrumentação canal, por meio da limpeza, desinfecção e obturação, esses 3 pilares são frequentemente chamados de Tríade Endodôntica.

A introdução de instrumentos rotatórios de níquel-titânio NiTi melhorou o preparo do canal radicular e principalmente dos canais radiculares estreitos e curvos, especialmente após a introdução de ligas tratadas de NiTi que possuem alta flexibilidade para preparar o canal curvo, reduzindo a complicação clínica comum, como fratura, a alteração da forma original do canal radicular (Tabassum, 2019).

Segundo (Dadresanfar & Rotstein, 2021), o objetivo do preparo mecânico é remover a polpa do dente e tecidos contaminados, para proporcionar a aplicação de medicação e irrigação, e posteriormente realizar o selamento tridimensional do sistema de canais radiculares, permitindo desta forma a erradicação dos patógenos presentes na lesão dentária, permitindo restabelecer a função dentária.

1. Materiais e métodos:

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica entre Dezembro de 2021 e Junho 2022 sobre as temáticas do trabalho, selecionando informações principalmente nos motores de pesquisa Pubmed, Scielo, B-On nas seguintes revistas: *International Endodontics Journal*, *Journal*

of Endodontics, Brazilian Oral Research, Microscopy Oral Research, Brazilian Dental Journal, Journal of Clinical and Diagnostic.

Nesta pesquisa foram encontrados 47 artigos dos quais foram selecionados 37, que cumpriam os critérios de inclusão com o intervalo de tempo 2006-2022 utilizando as seguintes palavras-chave: '*protaper system*'; '*Protaper*'; '*Taper*'; '*Conicity*'; '*Nichel-titanium*'; '*Teeth Treatment*'; '*Gold Wire*'; '*Blue Wire*'. Foi também consultado o site online Dentsply Sirona. (2022, Maio). Foi também consultado o livro de Mário Roberto Leonardo sobre Sistemas Rotatórios em Endodontia, Ajudando na determinação dos critérios de exclusão, sendo eliminados artigos sem interesse e valor científico para o tema em questão. Assim sendo, os estudos incluídos avaliaram e compararam a eficácia e evolução dos sistemas rotatórios para instrumentação dos canais dentários.

II. Desenvolvimento

1. Tratamento Endodôntico:

De acordo com (Dadresanfar & Rotstein, 2021), o tratamento do canal radicular é um procedimento da Medicina Dentária usado para tratar a infecção do complexo pulpo-dentinário de um dente. Normalmente este tratamento não é doloroso e pode salvar um dente que, de outra forma, teria que ser extraído. Já (Barreto et al., 2021), afirma que o tratamento do canal radicular é necessário quando o exame Radiológico e os testes de sensibilidade apontam pulpite irreversível ou necrose pulpar, sendo que a polpa foi danificada de forma irreversível por uma infecção bacteriana.

2. Glide Path

Na instrumentação do canal é necessário que os instrumentos deslizem de forma passiva, para isto recomenda-se o uso combinado de instrumentos manuais de aço inoxidável e instrumentos rotatórios de NiTi ao estabelecer uma trajetória de deslizamento para canais curvos e/ou estreitos (Martins, Silva, Marques, Pereira, et al., 2021). Enquanto os instrumentos manuais fornecem feedback tátil sobre a anatomia do canal radicular, a flexibilidade superior e a resistência mecânica dos instrumentos de NiTi focam-se reduzir a ocorrência de erros iatrogênicos durante a exploração do canal radicular (Htun et al., 2021).

O *Glide Path* endodôntico é definido como uma passagem suave no interior do canal dentário. Refere-se que esta é uma fase muito delicada, e que irá influenciar decisivamente no sucesso da instrumentação. Um erro nesta fase do tratamento pode determinar o insucesso do tratamento endodôntico não cirúrgico (TENC). Diversos estudos demonstraram que a realização do *Glide Path* apresenta benefícios como a diminuição da probabilidade de falsos trajetos e diminui o risco de fatura dos instrumentos (Martins, Silva, Marques, Pereira, et al., 2021).

3. Instrumentação

A instrumentação dos canais radiculares (SCR) consiste na remoção da polpa do interior do canal, com objetivo de eliminar bactérias e subprodutos bacterianos, tendo como objetivo simultâneo em conformar os canais radiculares, permitindo uma adequada conicidade (Weiss et al., 2020)

4. Instrumentação Manual

Os primeiros instrumentos rotatórios manuais de NiTi, ainda com conicidade 0,02 padrão ISO, foram lançados em 1992, projetados pelo Dr. John McSpadden. Dois anos depois, o Dr. Johnson introduziu os sistemas rotativos[®] 0.04mm e Profile 0.06mm NiTi, quebrando o paradigma de fabricação de instrumentos endodônticos exclusivamente com conicidade padrão 0.02mm. Os instrumentos do sistema ProFile tinham uma secção transversal em forma de U (Babu & Hebbar, 2022). No final da década de 1990, o Dr. John McSpadden apresentou o sistema rotativo Quantec NiTi, composto por 10 limas de diferentes tamanhos, diâmetros e conicidades. O *design* de secção transversal exclusivo deste sistema, com três secções de corte, um ângulo de saída positivo e ressaltos radiais assimétricos, oferecendo excelente capacidade de corte (Babu & Hebbar, 2022).

Antes da existência das gerações mecanizadas de limas endodônticas, a técnica para TENC era baseada em limas manuais com sua estrutura em aço, sendo necessário muita destreza do Médico Dentista que utiliza manual. Entre as técnicas manuais, as mais usadas o *Crown Down* e o *Step Back*, que consiste na divisão do tamanho do dente em terço coronal e terço apical (Cayo-Rojas et al., 2021). No *Crown Down* o foco é instrumentação do terço coronal, iniciando o processo por meio de uma lima de largo calibre e diminuindo o diâmetro sucessivamente até atingir 2/3 coronários (Elkholy & Ha, 2021) Num segundo

passo é utilizado a técnica de *Step-Back* que inicia o processo no terço mais apical do dente na qual a instrumentação tem que encontrar os 2/3 coronário já instrumentados no *Crown-Down* sendo que a medida do Step Back deve coincidir até à medida final do *Crown-Down*, dessa forma tendo um canal cônico, contínuo e sem degraus (Elkholy & Ha, 2021).

5. Instrumentação Mecanizada

Um novo conceito em *design* de limas foi introduzido em 2001 com o sistema *ProTaper* (Dentsply Sirona, York, PA, EUA), que incorporou conicidades variadas e progressivas ao longo das espiras de corte do mesmo instrumento (Stringheta et al., 2019). Esse recurso, combinado com uma seção transversal triangular convexa, permitiu que os instrumentos trabalhassem em uma área específica do canal durante o preparo *Crown-Down*, reduzindo o contato da lima com as paredes de dentina e, conseqüentemente, reduzindo o stress no instrumento. Nesta mesma linha de pensamento (Miguéns-Vila et al., 2021). afirma que em 2006, devido à necessidade de aprimoramento de suas características, a seção transversal dos instrumentos foi modificada e o sistema foi ampliado, com a adição de limas de preparo apical, dando origem a uma nova geração do sistema: o *ProTaper Universal (PTU)*.

Com o desenvolvimento dos sistemas de instrumentação mecanizados os tratamentos endodônticos foram aprimorados, facilitando o trabalho do Médico Dentista, diminuindo o tempo de instrumentação e o preparo químico mecânico, e até mesmo reduzindo a margem de erros que poderia ser cometida (Jordan et al., 2021).

III. Ligas

1. Níquel-Titânio

Segundo (Seracchiani et al., 2021). em 1988, Walia apresentou o material 55-Nitinol no mercado, uma nova liga de Níquel-Titânio, focado no desenvolvimento de instrumentos Endodônticos. Os instrumentos endodônticos com esse material apresentaram propriedades mecânicas de maior flexibilidade quando comparados aos instrumentos em aço inoxidável, propriedade que fez aumentar a segurança na preparação químico mecânica dos canais devido à menor probabilidade de fratura do instrumento dentro do canal.

Após estudos comprovando a eficácia do material, apenas no início dos anos 90 iniciou-se a fabricação de instrumentos endodônticos utilizando a liga Ni-Ti, que permitiu ao setor de desenvolvimento de produto e engenharia de materiais desenvolverem os atuais produtos que se encontram no mercado (Seracchiani et al., 2021).

Apesar das vantagens proporcionadas pela superelasticidade da liga de NiTi, a fratura do instrumento ainda é uma preocupação clínica. Possíveis estratégias para aumentar a eficiência e segurança das limas rotativas de NiTi incluem melhorias no processo de fabricação ou o uso de novas ligas que proporcionem propriedades mecânicas superiores (Seracchiani et al., 2022). As propriedades mecânicas e o comportamento da liga de NiTi variam de acordo com sua composição química, térmica e tratamento mecânico durante a fabricação.

Em 2007, a Tulsa Dental® desenvolveu uma nova liga de NiTi conhecida como Max Wire, composta por Nitinol 508 (55,8% Ni em peso, Ti completando a balança), que passa por tratamentos térmicos exclusivos em diversas temperaturas, feitos antes da usinagem dos instrumentos. Este material contém as fases martensita e R, mantendo a elasticidade (Gavini et al., 2018). Em comparação com instrumentos fabricados com ligas convencionais de NiTi, os instrumentos fabricados com liga M-Wire apresentam maior resistência à fadiga cíclica e propriedades mecânicas aprimoradas (Miguéns-Vila et al., 2021)

Em 2008, a Sybron Endo® introduziu uma série de instrumentos mecânicos de NiTi submetidos a um tratamento térmico especial após a conclusão do processo de usinagem, o que cria uma mudança de fase adicional na estrutura cristalina da liga para melhorar a flexibilidade e resistência. (Gavini et al., 2018).

(Bonessio et al., 2015) afirma que em 2010, os instrumentos fabricados com a tecnologia de tratamento térmico CM-Wire (memória controlada) foram introduzidos pela DS Dental® (Johnson City, TN, EUA). Após a usinagem do Nitinol SE508, um processo de aquecimento e resfriamento confere à liga controle sobre o efeito de memória de forma, permitindo que os instrumentos sejam pré-curvados, o que confere maior resistência à fadiga.

Em 2012, a Dentsply Sirona® aplicou um novo tratamento NiTi, em que os instrumentos são repetidamente tratados termicamente e depois resfriados, o que resulta numa cor de

superfície correspondente à espessura da camada de óxido de titânio (Seracchiani et al., 2022). Em 2014, algumas alterações foram feitas no sistema, principalmente em relação à sua seção transversal, que passou a ser variável, adquirindo um formato mais retangular ou “S” tornando-se mais triangular na ponta (Martins, Silva, Marques, Belladonna, et al., 2021). A conicidade é de 0,06 nos primeiros 5 mm. As ligas de Ni-Ti são compostas com cerca de 56% de níquel e 44% de titânio, e possuem três fases microestruturais, Austenítica, Martensítica, e fase R, sendo estas as fases que determinam as propriedades mecânicas dos materiais (Martins, Silva, Marques, Belladonna, et al., 2021). Estes mesmos autores ainda afirmam que a fase R, é uma fase intermediária entre martensítica e a austenítica, e ocorre durante a transformação martensítica ao resfriar para a fase R. Por meio deste método foi fabricada a primeira lima de NiTi por deformação plástica, o que constituiu um grande avanço na tecnologia de instrumentos endodônticos.

2. Max Wire

Recentemente, uma liga especial de NiTi conhecida como *MaxWire* (Eletropolimento de Martensita-Austenita-Flex) foi introduzida no mercado. Como resultado essa liga, em temperaturas iguais ou superiores 35°C, muda da fase martensítica para austenítica, dando ao instrumento uma forma semicircular que permite que se projete contra as paredes da raiz do canal ao girar, realizando movimento de rotação excêntrica. Resultado dos processos térmicos do material, com isto a estrutura mecânica cristalina do material é otimizada, melhorando as propriedades do material quanto à fadiga cíclica, que foi significativamente melhorada em comparação com aqueles feitos de NiTi convencional (Van der Vyver et al., 2019).

3. Gold Wire

O sistema de lima WaveOne Gold[®], é fabricado a partir de uma liga metálica de ouro tratada termicamente, essa liga exibe um design de seção transversal em forma de paralelogramo descentralizado e alternado. Esse desenho é exclusivo porque contém duas arestas de corte de 85 graus (van der Vyver et al., 2019).

4. Blue Wire

As limas rotativas com tratamento Blue usam um método novo de processamento de fio de NiTi, com uma camada visível de óxido de titânio, reduz a memória de forma, em relação

às limas de NiTi padrão, que tentam reverter para a sua forma reta original. Esta propriedade dá às limas com tratamento Blue a capacidade de manter a forma dada para elas (Sivas Yilmaz et al., 2021).

Na figura 2 é apresentada a evolução sobre o tipo de movimentos utilizados no preparo químico mecânico.

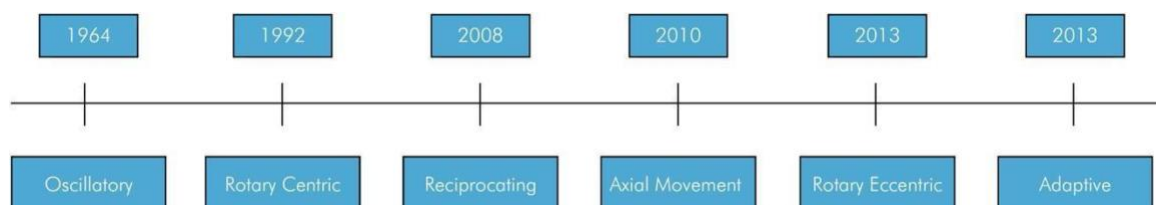


Figura 1- Evolução dos movimentos usados no preparo mecânico do canal radicular

Fonte: (Gavini et al., 2018).

A introdução de instrumentos de NiTi tornou o processo de preparo mecânico do SCR mais previsível no cenário clínico, com uma redução significativa no tempo de trabalho. O movimento rotativo centrado, introduzido no final da década de 1980, ainda é empregue pela maioria dos sistemas de preparação mecânica no mercado hoje. É realizado por motores elétricos e contra ângulos acionando limas de NiTi em rotação total (360°) dentro do canal radicular (Gavini et al., 2018).

5. Movimento Recíprocante / Alternativo

O movimento recíproco, foi determinado por meio de diferentes ângulos de rotação no sentido anti-horário e horário, facilitando o avanço do instrumento com pouca pressão apical. Representou uma evolução na dinâmica do instrumento endodôntico, pois o uso de limas sequenciais não seria mais necessário para obter uma modelagem cônica do SCR (Koçak et al., 2021)

6. Movimentos combinados (Rotativo central + Alternativo)

O sistema *Genius*[®] (Ultradent, South Jordan, UT, EUA), lançado em 2016, foi desenvolvido para uso em movimento rotativo e alternativo no sentido horário (90° no sentido horário, 30° no sentido anti-horário). O preparo do canal é realizado primeiro com movimento recíproco, o que permite uma negociação mais segura do canal; em seguida, a ação rotatória simétrica é utilizada para finalizar o preparo, garantindo maior eficiência na remoção de dentina do canal e menor extrusão de detritos (Nouri et al., 2021).

7. Movimento rotatório excêntrico

Alguns sistemas, devido às características de seus instrumentos, giram de forma excêntrica ou assimétrica (ou seja, o eixo de rotação é descentralizado). Estes incluem o sistema *ProTaper Next*, com sua seção transversal retangular assimétrica, que se expande além do tamanho de seu núcleo em temperaturas iguais ou superiores a 35°C (Eliasz et al., 2021).

IV. Princípios de instrumentação

1. Comprimento de trabalho

Segundo (Wang et al., 2022), o estabelecimento do comprimento de trabalho (CT) é um passo importante no TENC, uma vez que a determinação imprecisa do comprimento pode levar ao fracasso do tratamento. O CT é definido como a distância desde um ponto de referência anatômica coronal até ao ponto onde deverá terminar a obturação, a denominada constrição apical (Keratiotis et al., 2019). Uma medida errada do CT por defeito pode originar uma sub-instrumentação, enquanto uma medição maior pode causar uma sobre instrumentação. Em qualquer um dos dois erros o prognóstico do tratamento é pessimista (Keratiotis et al., 2019).

Durante muito tempo utilizou-se radiografias periapicais para determinação do CT, no entanto esse método apresentava-se muitas vezes com erros e distorções radiográficas. Com o avanço da tecnologia foi desenvolvido o localizador eletrônico do ápice, (LEA) que permite maior precisão na localização da constrição apical, reduzindo os erros de determinação do CT (Wang et al., 2022). Os localizadores eletrônicos de ápices utilizam um circuito elétrico, passando pelo canal radicular e pelos tecidos orais do paciente, para determinar a localização do forâmen apical.

2. Calibragem apical

Um dos fatores de primordial importância para o sucesso da terapia endodôntica é o selamento tridimensional do SCR, sendo o preparo do terço apical o maior responsável pelo sucesso da terapia endodôntica, pois permite a perfeita adaptação do cone de guta-percha nessa região (Abdelsalam & Hashem, 2020) A calibração apical é realizada por meio da utilização de cones de guta-percha calibrados com régua calibradora, é um artifício

utilizado para melhorar o desempenho do selamento apical na obturação do SCR (Bhandari et al., 2017).

3. Conicidade

Os estudos endodônticos apontam muitas vantagens quanto à preparação de forma cônica do canal radicular, sendo que a conicidade é formada por meio da variação do diâmetro do instrumento" e o "comprimento da ponta ativa ou haste helicoidal" de um instrumento. (Martins, Silva, Marques, Pereira, et al., 2021). No sistema *Protaper*[®], apresenta um índice de conicidade variável em função do comprimento da ponta ativa ou haste helicoidal variando de 0,02 a 0,19 no mesmo instrumento (Kılıç et al., 2021)

4. Tensões geradas no instrumento endodôntico

De acordo com (Wan et al., 2022)um instrumento endodôntico quando projetado tem que ser avaliado por todas as forças e tensão que este vai sofrer. Toda força gera energia, podendo estas serem: forças de compressão, tensão de tração e tensão de cisalhamento. Como resultado da ação de uma carga, os corpos sofrem deformações e, se a carga for aumentada, pode ocorrer rutura ou fratura. As deformações podem ser: reversíveis (Deformação Elástica), e irreversíveis (Deformação Plástica). A Rutura ou fratura ocorre quando um corpo é fragmentado pela ação de uma carga (Wan et al., 2022).

V. Sistemas de limas.

1. Sistema *Protaper e Protaper Universal*[®].

O sistema *ProTaper*[®] foi apresentado ao mercado no ano 2001 pela *Dentsply*[®] apresentou-se como um sistema inovador pelas distintas conicidades ao longo da lima, utilizando a liga de Ni-Ti e tendo ao início uma configuração rotatória (Miguéns-Vila et al., 2021). Em 2003, adicionou-se um sistema de instrumentação manual para complementar para auxiliar a passagem dos instrumentos mecanizados de forma passiva, com objetivo de evitar fraturas causadas pela torção e a fadiga cíclica dos instrumentos. Com isto (Miguéns-Vila et al., 2021) afirma que foi em 2006, apresentado o sistema *PTU* que mantém a versão manual e a rotatória, mas adiciona algumas modificações na configuração das limas e duas novas apresentações para cobrir todo o espectro do tratamento endodôntico, ficando da seguinte forma: *ProTaper* Tratamento e *ProTaper* Retratamento (Madarati et al., 2019).

Um recurso exclusivo das limas *ProTaper* é que cada instrumento possui alternância na percentagem de conicidade ao longo do comprimento de corte. Este *design* progressivamente afilado serve para melhorar a flexibilidade, eficiência de corte e segurança no preparo químico mecânico. Outra característica dos instrumentos *ProTaper* relaciona-se ao seu formato convexo, apresenta secção triangular transversal que aumenta a ação de corte enquanto diminuindo o atrito rotacional entre a lâmina da lima e a dentina (Jordan et al., 2021). As limas *ProTaper* têm um ângulo helicoidal variável que reduz o potencial de um instrumento se prender no canal. Cada uma das limas tem uma guia não cortante, este recurso permite que cada instrumento siga com segurança o percurso do canal enquanto o pequeno plano em sua ponta aumenta a sua capacidade de encontrar o caminho através dos tecidos moles. De acordo com (Miguéns-Vila et al., 2021) o sistema *PTU* é composto por dois grupos de limas:

1 - Limas de modelagem (*Shaping files*): contendo as limas SX, S1 e S2; essas limas tem o objetivo de modelar e dar forma ao canal; foram desenvolvidas para trabalhar a região mais coronal do canal.

2 - Limas de acabamento (*Finishing files*): constituídas pelas limas F1, F2, F3, F4 e F5; são as responsáveis pelo preparo do terço mais apical do canal e possuem características de conicidade variável decrescente na porção ativa.

As especificações técnicas de cada lima do sistema *PTU* são encontradas no anexo 1.

2. *Protaper Next*[®]

A *ProTaper Next* (*PTN*) apresenta um desempenho de conicidade variável, mas adiciona uma seção transversal retangular descentralizada para maior resistência da lima. O eixo de rotação do *design* patenteado difere do centro de massa (Martins, Silva, Marques, Belladonna, et al., 2021). Como resultado, apenas dois pontos da seção transversal retangular tocam a parede do canal de cada vez. Este sistema também faz uso do conceito de conicidade progressiva múltipla. Cada lima apresenta um *design* cônico percentual crescente e decrescente (Htun et al., 2020). O *design* garante que haja um contato reduzido entre os sulcos de corte do instrumento e a parede de dentina, reduzindo assim a probabilidade de travamento cônico (efeito de aparafusamento). Ao mesmo tempo, também aumenta a flexibilidade e a eficiência de corte (Htun et al., 2020).

Outro benefício deste sistema é o fato de os instrumentos serem fabricados em *M-Wire* e não em liga tradicional de níquel-titânio. A pesquisa de (Van der Vyver et al., 2019), demonstrou que a liga *M-Wire* pode reduzir a fadiga cíclica em 400% em comparação com instrumentos similares fabricados a partir de ligas convencionais de níquel-titânio. O benefício metalúrgico adicional contribui para instrumentos mais flexíveis, maior segurança e proteção contra fratura do instrumento (Martins, Silva, Marques, Pereira, et al., 2021). A última grande vantagem para o preparo do canal radicular com o sistema *PTN* é o fato de que a maioria dos instrumentos apresenta uma seção transversal retangular simétrica bilateral, com um deslocamento do eixo central de rotação (exceto nos últimos 3 mm de o instrumento, D0-D3). A exceção é a *PTN X1* que tem uma seção transversal quadrada nos últimos 3 mm para dar aos instrumentos um pouco mais de força central na parte apical estreita (Van der Vyver et al., 2019). As especificações técnicas de cada lima do sistema *PTN* são encontradas no anexo 2.

3. Protaper Gold®

A ProTaper Gold (PTG) foi desenvolvida por meio da tecnologia de tratamento térmico. De acordo com (Van der Vyver et al., 2019), este tipo de liga apresenta uma seção transversal triangular convexa e conicidade progressiva que melhora o corte ação enquanto diminui o atrito rotacional entre a lâmina da lima e a dentina. De acordo com (Kim et al., 2021), essa geração de limas evitam o transporte de canal; preservam mais dentina do que sistemas ProTaper anteriores. Durante a seu processo de fabrico, as limas são submetidas a calor, passando por tratamento térmico, em última análise, exibindo comportamento obtido através das diferentes fases cristalinas dos materiais, apresentando maior flexibilidade e maior resistência à fadiga cíclica (Tabassum, 2019). As propriedades físicas mencionadas acima são mais adequadas para preparar raízes canais com curvaturas acentuadas. As limas rotativas PTG têm exatamente a mesma geometria das PTU, mas podem parecer ligeiramente mais curvadas quando removido da embalagem devido à sua estrutura metálica (Kim et al., 2021). Este não é um defeito, mas sim uma vantagem assumido pelo fabricante. Essas limas apresentam seção transversal triangular convexa e afunilamento progressivo. Os sistemas mais conhecidos, especialmente concebido para alargar os canais radiculares técnica de Crown-Down, são PTU e, mais recentemente, PTG (Tabassum, 2019). Possuem conicidades múltiplas e variáveis ao longo do seu corpo e têm uma ponta não cortante. Eles consistem em 8 limas, 3 para moldar a raiz paredes - SX, S1

e S2 e 5 para o acabamento apical - F1, F2, F3, F4 e F5. O sistema PTG contém uma liga processada termicamente com alta flexibilidade, força e efeito memória, que contém martensita e liga de fase R no corpo temperatura. Os instrumentos Sx, S1 e S2 têm a área de trabalho na sua coronal e porções intermediárias, de modo que suas conicidades e diâmetros são grandes. A ponta dessas limas não tem que se contactar as paredes do canal, por isso requer permeabilização antecipada. As ferramentas usadas para pré-instrumentação são do género *Gates-Glidden*[®] (Kim et al., 2021). As especificações técnicas de cada lima do sistema PTG são encontradas no anexo 3.

4. *Protaper Ultimate*[®]

Para maximizar a segurança e o desempenho, o sistema *ProTaper Ultimate*[®] utiliza tecnologia de tratamento térmico com base nos diâmetros da lima, conicidades variáveis e seções transversais. O tratamento térmico é projetado para melhorar significativamente a flexibilidade, aumentar a resistência à fadiga cíclica e otimizar o desempenho. O sistema *Ultimate* possui os tratamentos *Max-wire*, *Gold-wire* e *Blue-wire*. (Ordinola-Zapata et al., 2022).

Existem cinco limas *ProTaper Ultimate*, as limas principais incluem uma *Slider* para negociar, cateterizar e proteger a maioria dos canais, um *shaper* utilizado para preparar de forma ideal os terços coronal e médio de um canal e três *finishers* de tamanhos diferentes, denominados F1, F2 e F3. Além disso, existem três limas auxiliares; ou seja, a lima de modelagem auxiliar (SX), uma lima de acabamento auxiliar (FX) e uma lima de acabamento auxiliar grande (FXL) (Dentsply Sirona, 2022). Anexo 4.

Com base numa série de novos recursos de geometria de instrumentos na aplicação de diferentes tratamentos térmicos, a *ProTaper Ultimate* apresenta maior flexibilidade, maior resistência ao desenrolamento e maior resistência à fadiga cíclica em comparação com as PTG e outras limas comparáveis no mercado (Uslu et al., 2022). Em comparação com o PTG, a *ProTaper Ultimate* F1 mostrou flexibilidade 13% maior e fadiga cíclica 75% maior e o *ProTaper Ultimate* F2 mostrou flexibilidade 30% maior e 30% maior resistência à fadiga cíclica (Dentsply Sirona, 2022). Além disso, isso influencia positivamente a flexibilidade e a resistência ao desenrolamento das limas. Utilizando processo específico de fabricação de usinagem offset alternado, as limas possuem uma geometria em que o centro de massa do instrumento não está alinhado com o centro de rotação. Isso reduz a

nível de tensão durante o corte e aumenta o espaço disponível para remoção de detritos (Dentsply Sirona, 2022).

A lima Slider é feita de NiTi que recebeu o tratamento pré-térmico durante a produção do fio (tecnologia *M-wire*). Isso permite uma certa rigidez da lima para poder fixar o trajeto do canal e ser capaz de remover a dentina de restrição e outras calcificações sem a necessidade sistemática de um K-File. O Fabricante (Dentsply Sirona, 2022), afirma que as limas Shaper e Finisher receberam um tratamento térmico pós-trituração para dar conta de uma negociação da curvatura do canal sem transporte e sem problemas de desenrolamento. O Modelador e os Finalizadores F1-F3 receberam o chamado “*Gold Wire*” e os Finalizadores auxiliares FX e FXL receberam o chamado “*Blue Wire*”. Em conclusão, o sistema de limas *ProTaper Ultimate* apresentou maior resistência à fadiga em canais com ângulo de 90°, e um desempenho superior com o tempo de tratamento mais rápido e maior resistência ao desenrolamento, comparado com as PTG e outras limas no mercado (Dentsply Sirona, 2022). Por fim o sistema *ProTaper Ultimate* é apresentado com um sistema de irrigação que segundo o fabricante, a agulha é curva e flexiona facilmente proporcionando uma limpeza e desinfecção eficientes até ao ápice. O sistema de selamento dos canais que utiliza um cimento biocerâmico que possui propriedades biocompatíveis não estimulando o tecido periodontal e o tipo de guta percha usada no procedimento é do tipo *Conform Fit* que tem maior facilidade em se adaptar a forma criada pelos instrumentos de acabamento (Dentsply Sirona, 2022).

VI. Discussão

A importância da limpeza do canal radicular é refletida em muitos estudos que se concentraram em diferentes instrumentos manuais e sistemas rotatórios para o preparo do canal radicular. Este estudo comparou 4 gerações do sistema *ProTaper*, avaliando principalmente quais as diferenças e evoluções entre eles (Jordan et al., 2021).

A capacidade das limas rotativas *ProTaper* em limpar o SCR depende do desenho transversal do instrumento e do material com o qual é fabricado. Têm uma seção transversal triangular semelhante à de um alargador. Esse *design* pode melhorar o encaixe das bordas da lima nas paredes do canal e produzir superfícies lisas, bem como afunilar em direção ao ápice (Eliasz et al., 2021).

São inúmeras as complicações relacionadas com os canais radiculares curvos, a anatomia do canal desempenha um papel fundamental no processo de preparação química-mecânica do canal, influenciando no sucesso global do tratamento. Os erros mais mencionados ocorridos por canais curvos são: perda de comprimento de trabalho, alargamento do canal com curvatura proximal, transporte do canal, e em últimos casos perfuração do canal (Htun et al., 2021).

No que diz respeito à remoção de detritos de dentro do canal, vários estudos apontam que os sistemas reciprocantes têm uma maior extrusão de detritos a nível apical quando comparados com os contínuos, estes estudos apontam que os resultados devem-se ao “efeito de parafuso” que faz com que os detritos produzidos deslizem pelas espirais, em direção coronal (Bonessio et al., 2015).

Todas as pesquisas e estudos consultados para a elaboração dessa dissertação apontam em diferentes níveis a fadiga cíclica em todos os sistemas *Protaper*, a melhoria pode ser resultado dos diferentes graus de rotação de cada sistema, justificando-se como movimento recíproco e mais defendido até o momento, é capaz de aumentar a resistência à fadiga cíclica.

Considerando que dados oficiais do fabricante sobre os testes não são apresentados, e o sistema *Protaper Ultimate* é um sistema apresentado recentemente, necessitando um estudo longitudinal e laboratorial sobre seu comportamento e sua microestrutura.

VII. Conclusões.

Os sistemas rotatórios, na atualidade, são dependentes do sistema manual e, cada sistema tem as suas vantagens e limitações. A utilização de limas K manuais, entre limas mecanizadas tem como objetivo evitar forças excessivas no instrumento mecanizado. Considera-se também que as limas K sempre apresentaram alto grau de eficácia na limpeza dos canais em comparação aos sistemas rotatórios na limpeza de canais radiculares.

Os sistemas mecanizados no preparo químico mecânico do SCR em Endodontia evoluem constantemente, utilizando a tecnologia dos materiais e seus processos de fabrico, proporcionando instrumentos endodônticos mais fiáveis e seguros, resultando numa maior taxa de sucesso dos tratamentos endodônticos ao longo do tempo.

A cada nova geração do sistema *ProTaper*, existe melhorias reportadas quanto ao processo de instrumentação e quando as propriedades mecânicas dos materiais. Sendo que a última geração *Protaper Ultimate* foca-se numa solução de tratamento completa que combina a limas *ProTaper* melhoradas estruturalmente, um sistema de irrigação melhorado e uma solução de obturação.

O sistema *Protaper* mais recomendado para cada caso deverá ter em conta a posição dentária, a anatomia do canal e as propriedades mecânicas do instrumento e os que possuem melhor adaptação à curvatura do canal, desta forma diminuindo os possíveis erros que possam ocorrer na instrumentação.

Mediante as informações apresentadas, e na dúvida da seleção do sistema a utilizar é importante salientar que todos os sistemas apresentados nesse documento têm eficácia garantida por seu fabricante, sendo um importante fator para o sucesso do tratamento, a destreza e sensibilidade do médico dentista ao operar os sistemas apresentados.

VIII. Referências Bibliográficas

- Abdelsalam, N., & Hashem, N. (2020). Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, *46*(4), 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.01.010>
- Babu, K. G., & Hebbar, K. G. (2022). Determination of the Anxiety and Behavior of Children Undergoing Endodontic Treatment Using Manual and Rotary File Systems: A Comparative Clinical Study. *Journal of South Asian Association of Pediatric Dentistry*, *4*(3), 175–184. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10077-3101>
- Barreto, R. V., Vettore, M. V., Pinto, R. da S., Vargas-Ferreira, F., & Lucas, S. D. (2021). Contextual and individual determinants of the need for endodontic treatment in adults in Brazil: A multilevel analysis. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, *49*(2), 186–191. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12590>
- Bhandari, A. B., Nelson, N. O., Sweeney, D. W., Baffaut, C., Lory, J. A., Senaviratne, A., Pierzynski, G. M., Janssen, K. A., & Barnes, P. L. (2017). Calibration of the APEX Model to Simulate Management Practice Effects on Runoff, Sediment, and Phosphorus Loss. *Journal of Environmental Quality*, *46*(6), 1332–1340. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.07.0272>
- Bonessio, N., Pereira, E. S. J., Lomiento, G., Arias, A., Bahia, M. G. A., Buono, V. T. L., & Peters, O. A. (2015). Validated finite element analyses of WaveOne Endodontic Instruments: a comparison between M-Wire and NiTi alloys. *International Endodontic Journal*, *48*(5), 441–450. <https://doi.org/10.1111/iej.12333>
- Cayo-Rojas, C. F., Brito-Ávila, E., Aliaga-Mariñas, A. S., Hernández-Caba, K. K., Saenz-Cazorla, E. D., Ladera-Castañeda, M. I., & Cervantes-Ganoza, L. A. (2021). Cleaning of endodontic files with and without enzymatic detergent by means of the manual method versus the ultrasonic method: An experimental study. *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*, *11*(3), 307–315. https://doi.org/10.4103/jispcd.JISPCD_8_21

- Cehreli, Z. C., Unverdi, G. E., & Ballikaya, E. (2022). Deciduous Tooth Pulp Autotransplantation for the Regenerative Endodontic Treatment of Permanent Teeth With Pulp Necrosis: A Case Series. *Journal of Endodontics*, 48(5), 669–674. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.01.015>
- Dadresanfar, B., & Rotstein, I. (2021). Outcome of Endodontic Treatment: The Most Cited Publications. *Journal of Endodontics*, 47(12), 1865–1874. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.09.007>
- Dentsply Sirona. (2022, May). *PROTAPER ULTIMATE FILE SYSTEM*. <https://www.endoruddle.com/PTUltimate>
- Dentsply Sirona. (2022, May). *PROTAPER SYSTEMS*. <https://www.dentsplysirona.com/en-nz/categories/endodontics.html>
- Eliasz, W., Czarnecka, B., & Surdacka, A. (2021). The Influence of Root Canal Preparation with ProTaper Next, WaveOne Gold, and Twisted Files on Dentine Crack Formation. *Machines*, 9(12), 332. <https://doi.org/10.3390/machines9120332>
- Elkholy, M. M. A., & Ha, W. N. (2021). An Arithmetic Crown-down Dynamic Tactile Instrumentation Technique: A Case Report of an S-shaped Root Canal. *Journal of Endodontics*, 47(5), 836–843. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.12.013>
- Gavini, G., Santos, M. dos, Caldeira, C. L., Machado, M. E. de L., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Peters, O. A., & Candeiro, G. T. de M. (2018). Nickel–titanium instruments in endodontics: a concise review of the state of the art. *Brazilian Oral Research*, 32(suppl 1). <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2018.vol32.0067>
- Htun, P. H., Ebihara, A., Maki, K., Kimura, S., Nishijo, M., & Okiji, T. (2020). Cleaning and Shaping Ability of Gentlefile, HyFlex EDM, and ProTaper Next Instruments: A Combined Micro–computed Tomographic and Scanning Electron Microscopic Study. *Journal of Endodontics*, 46(7), 973–979. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.03.027>
- Htun, P. H., Ebihara, A., Maki, K., Kimura, S., Nishijo, M., Kyaw, M. S., & Okiji, T. (2021). Comparison of Torque, Screw-in Force, and Shaping Ability of Glide Path Instruments in Continuous Rotation and Optimum Glide Path Motion. *Journal of Endodontics*, 47(1), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.013>

- Jordan, L., Bronnec, F., & Machtou, P. (2021). Endodontic Instruments and Canal Preparation Techniques. In *Endodontic Materials in Clinical Practice* (pp. 81–131). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119513568.ch4>
- Keratiotis, G., Kournetas, N., Agrafioti, A., & Kontakiotis, E. G. (2019). A comparative evaluation of two working length determination methods. *Australian Endodontic Journal*, *45*(3), 331–336. <https://doi.org/10.1111/aej.12321>
- Kılıç, Y., Karataşhoğlu, E., & Kaval, M. E. (2021). The Effect of Root Canal Preparation Size and Taper of Middle Mesial Canals on Fracture Resistance of the Mandibular Molar Teeth: An In Vitro Study. *Journal of Endodontics*, *47*(9), 1467–1471. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.06.002>
- Kim, H., Jeon, S.-J., & Seo, M.-S. (2021). Comparison of the canal transportation of ProTaper GOLD, WaveOne GOLD, and TruNatomy in simulated double-curved canals. *BMC Oral Health*, *21*(1), 533. <https://doi.org/10.1186/s12903-021-01854-z>
- Koçak, S., Şahin, F. F., Özdemir, O., Koçak, M. M., & Sağlam, B. C. (2021). A comparative investigation between ProTaper Next, Hyflex CM, 2Shape, and TF-Adaptive file systems concerning cyclic fatigue resistance. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, *15*(3), 172–177. <https://doi.org/10.34172/joddd.2021.029>
- Madarati, A. A., Al-Nazzawi, A. A., Sammani, A. M. N., & Alkayyal, M. A. (2019). The efficacy of retreatment and new reciprocating systems in removing a gutta-percha-based filling material. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, *13*(5), 452–458. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2018.03.011>
- Maiolo, K. (2010). Conservative Endodontic Treatment Of A Large Periapical Lesion. *Australian Endodontic Newsletter*, *22*(1), 16–19. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.1996.tb00014.x>
- Martins, J. N. R., Marques, D., Mata, A., & Caramês, J. (2014). Clinical Efficacy of Electronic Apex Locators: Systematic Review. *Journal of Endodontics*, *40*(6), 759–777. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.03.011>
- Martins, J. N. R., Silva, E. J. N. L., Marques, D., Belladonna, F., Simões-Carvalho, M., Camacho, E., Braz Fernandes, F. M., & Versiani, M. A. (2021). Comparison of

design, metallurgy, mechanical performance and shaping ability of replica-like and counterfeit instruments of the ProTaper Next system. *International Endodontic Journal*, 54(5), 780–792. <https://doi.org/10.1111/iej.13463>

Martins, J. N. R., Silva, E. J. N. L., Marques, D., Pereira, M. R., Arantes-Oliveira, S., Martins, R. F., Braz Fernandes, F. M., & Versiani, M. A. (2021). Evaluation of Design, Metallurgy, Microhardness, and Mechanical Properties of Glide Path Instruments: A Multimethod Approach. *Journal of Endodontics*, 47(12), 1917–1923. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.09.003>

Miguéns-Vila, R., Martín-Biedma, B., De-Deus, G., Belladonna, F. G., Peña-López, A., & Castelo-Baz, P. (2021). Micro-computed Tomographic Evaluation of Dentinal Microcracks after Preparation of Curved Root Canals with ProTaper Gold, WaveOne Gold, and ProTaper Next Instruments. *Journal of Endodontics*, 47(2), 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.014>

Nouri, H., Amini, K., & Jahromi, M. Z. (2021). Comparison of full rotation and reciprocating movements in regaining apical patency during endodontic retreatment. *Dental Research Journal*, 18, 85.

Ordinola-Zapata, R., Mansour, D., Saavedra, F., Staley, C., Chen, R., & Fok, A. S. (2022). efficacy of a non-instrumentation technique to remove intracanal multispecies biofilm. *International Endodontic Journal*, 55(5), 495–504. <https://doi.org/10.1111/iej.13706>

Sabeti, M., Golchert, K., & Torabinejad, M. (2021). Regeneration of Pulp-Dentin Complex in a Tooth with Symptomatic Irreversible Pulpitis and Open Apex Using Regenerative Endodontic Procedures. *Journal of Endodontics*, 47(2), 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.09.021>

Seracchiani, M., Miccoli, G., di Nardo, D., Zanza, A., Cantore, M., Gambarini, G., & Testarelli, L. (2021). Effect of Flexural Stress on Torsional Resistance of NiTi Instruments. *Journal of Endodontics*, 47(3), 472–476. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.10.011>

Seracchiani, M., Reda, R., Zanza, A., D'Angelo, M., Russo, P., & Luca, T. (2022). Mechanical Performance and Metallurgical Characteristics of 5 Different Single-file

- Reciprocating Instruments: A Comparative In Vitro and Laboratory Study. *Journal of Endodontics*. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.05.009>
- Stringheta, C. P., Pelegrine, R. A., Kato, A. S., Freire, L. G., Iglecias, E. F., Gavini, G., & Bueno, C. E. da S. (2019). Micro-computed Tomography versus the Cross-sectioning Method to Evaluate Dentin Defects Induced by Different Mechanized Instrumentation Techniques. *Journal of Endodontics*, 43(12), 2102–2107. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.07.015>
- Sivas Yilmaz, Ö., Keskin, C., & Aydemir, H. (2021). Comparison of the Torsional Resistance of 4 Different Glide Path Instruments. *Journal of Endodontics*, 47(6), 970–975. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.02.009>
- Tabassum, S. (2019). NiTi Rotary Systems: What's New. *European Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.14744/ej.2019.80664>
- Uslu, O., Haznedaroglu, F., & Keskin, C. (2022). Comparison of mechanical resistance and standardisation between original brand and replica-like endodontic systems. *Australian Endodontic Journal*. <https://doi.org/10.1111/aej.12639>
- Van der Vyver, P. J., Paleker, F., Vorster, M., & de Wet, F. A. (2019). Root Canal Shaping Using Nickel Titanium, M-Wire, and Gold Wire: A Micro-computed Tomographic Comparative Study of One Shape, ProTaper Next, and WaveOne Gold Instruments in Maxillary First Molars. *Journal of Endodontics*, 45(1), 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.09.013>
- Wan, B., Chung, B. H., Zhang, M. R., Kim, S. A., Swain, M., Peters, O. A., Krishnan, U., & Moule, A. (2022). The Effect of Varying Occlusal Loading Conditions on Stress Distribution in Roots of Sound and Instrumented Molar Teeth: A Finite Element Analysis. *Journal of Endodontics*, 48(7), 893–901. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.03.009>
- Wang, L., Lin, R., Chen, H., Li, Z., Tay, F. R., & Gu, L. (2022). Influence of the Number of Pecking Motions at Working Length on the Shaping Ability of Single-file Systems in Long Oval-shaped Curved Canals. *Journal of Endodontics*, 48(4), 548–554. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2022.01.009>

Weiss, J. B., Gonçalves, F. da S., Maranduba, C. M. da C., de Resende, L. M., & do Carmo, A. M. R. (2020). Isolation and Characterization of Stem Cells Derived by Human Dental Pulp from Harvest Based in Rotary and Manual Techniques used in Endodontic Therapy. *Brazilian Dental Science*, 23(1).
<https://doi.org/10.14295/bds.2020.v23i1.1753>

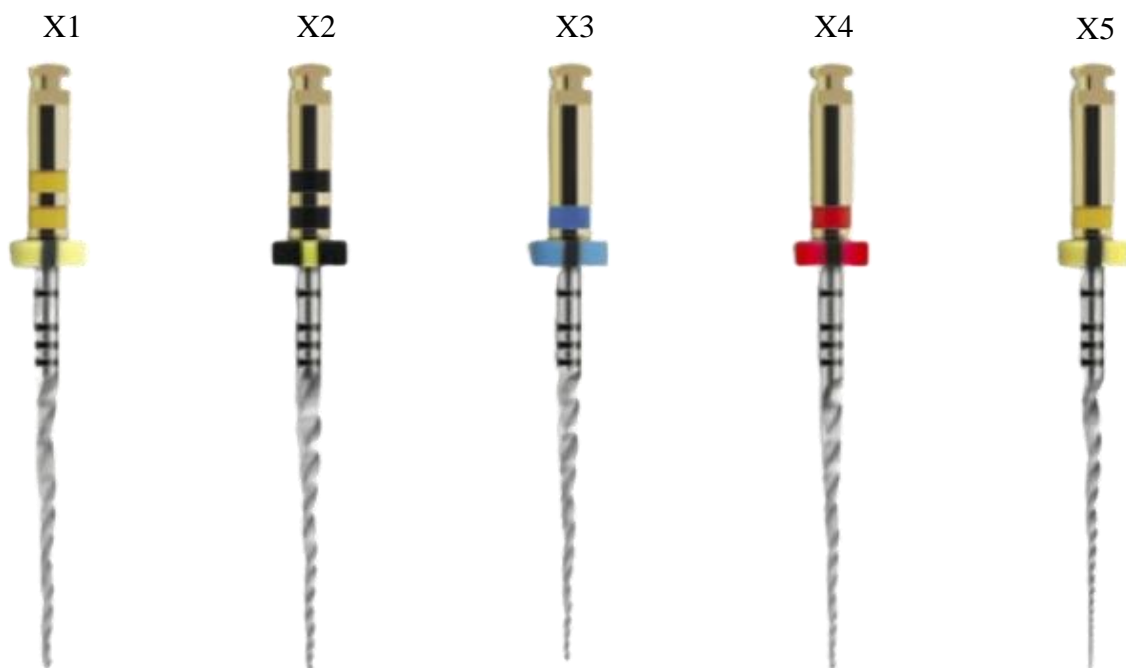
IX. Anexos

Anexo 1 – ProTaper Universal. Fonte: Adaptado de (Dentsply Sirona, 2022).



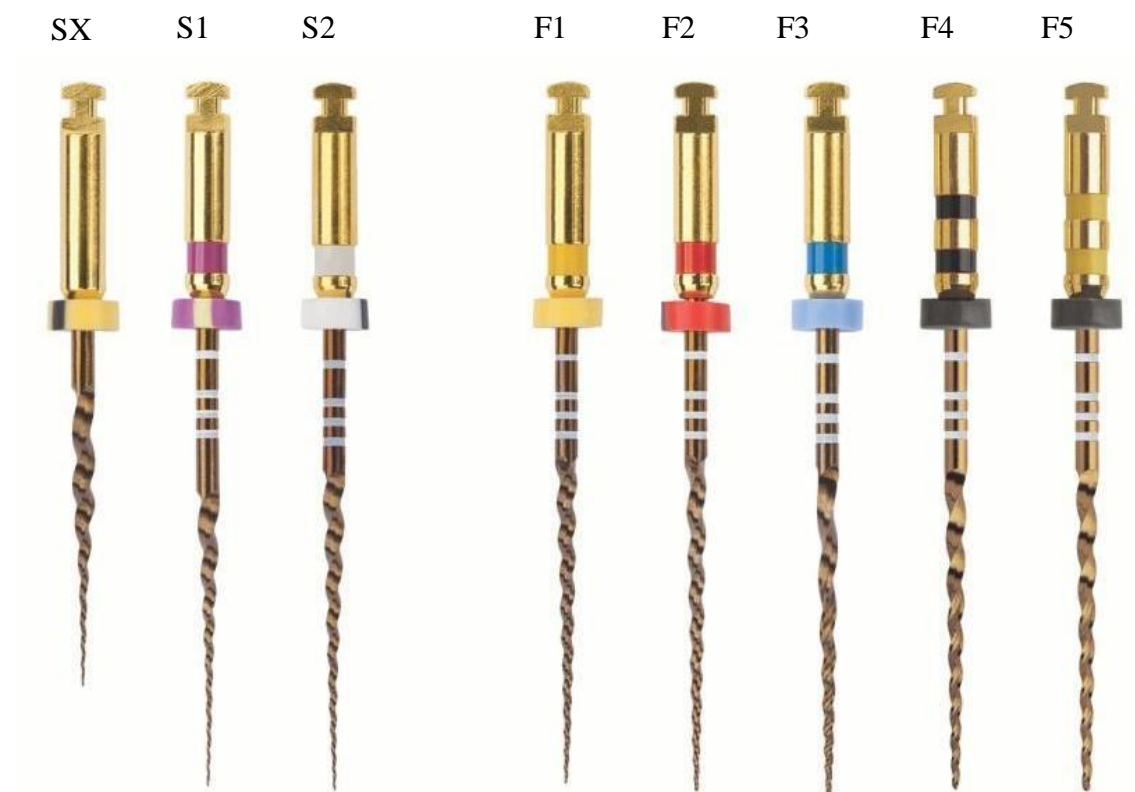
Lima	SX	S1	S2	F1	F2	F3	F4	F5
Parte Ativa	14mm	14mm	14mm	14mm	14mm	14mm	14mm	14mm
Comprimento total	19mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm
Diâmetro em D0	0,19 mm	0,17mm	0,20mm	0,20mm	0,30mm	0,30mm	0,40mm	0,50mm
Diâmetro em D14	1,2 mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm
Conicidade	4%	2%	4%	7%	8%	9%	6%	5%
Secção Transversal	Secção transversal triangular convexa							
Material	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti	Ni-Ti
Instrumentação	250 Rpm – 1 a 4 Ncm							
Tipo de movimento	Movimento rotatório contínuo							

Anexo 2 – Protaper Next. Fonte: Adaptado de (Dentsply Sirona, 2022).



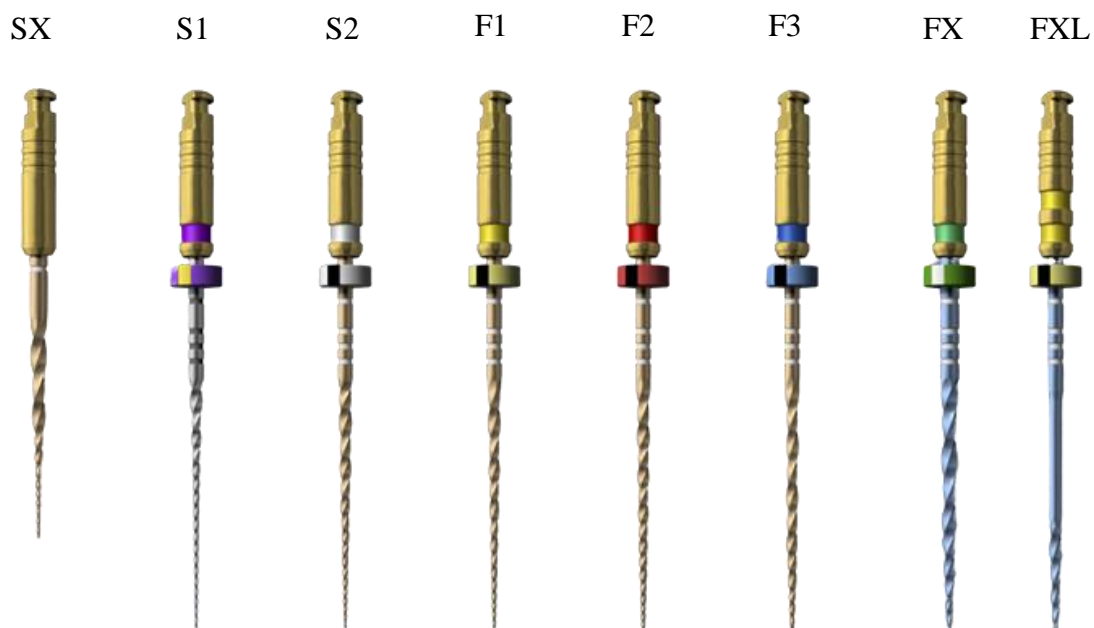
Lima	X1	X2	X3	X4	X5
Parte Ativa	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm
Comprimento total	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm
Diâmetro em D0	0,17mm	0,25mm	0,30mm	0,40mm	0,50mm
Diâmetro em D16	1.16mm	1.20mm	1.20mm	1.20mm	1.20mm
Conicidade	4%	6%	7,5%	6,5%	6%
Secção Transversal	Secção transversal retangular e ângulo helicoidal variável				
Material	<i>Max Wire</i>	<i>Max Wire</i>	<i>Max Wire</i>	<i>Max Wire</i>	<i>Max Wire</i>
Instrumentação	300 Rpm – 2 Ncm				
Tipo de movimento	Movimento rotatório excêntrico				

Anexo 3 – ProTaper Gold. Fonte: Adaptado de (Dentsply Sirona, 2022).



Lima	SX	S1	S2	F1	F2	F3	F4	F5
Parte Ativa	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm
Comprimento total	19mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm
Diâmetro em D0	0,19 mm	0,18mm	0,20mm	0,20mm	0,25mm	0,30mm	0,40mm	0,50mm
Diâmetro em D16	1,2 mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm
Conicidade	4%	2%	2%	7%	8%	9%	6%	5%
Secção Transversal	Secção transversal triangular convexa e a conicidade progressiva							
Material	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>
Instrumentação	350 Rpm – 2 a 4 Ncm							
Tipo de movimento	Movimento rotatório contínuo							

Anexo 4 – Protaper Ultimate. Fonte: Adaptado de (Dentsply Sirona, 2022).



Lima	SX	S1	S2	F1	F2	F3	FX	FXL
Parte Ativa	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm	16mm
Comprimento total	19mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm	21, 25, 31mm
Diâmetro em D0	0,20 mm	0,16mm	0,20mm	0,20mm	0,25mm	0,30mm	0,35mm	0,50mm
Diâmetro em D16	1,2 mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm	1,20mm
Conicidade	3%	2%	4%	7%	8%	9%	12%	10%
Secção Transversal	Secção transversal triangular e conicidade variável							
Material	<i>Gold Wire</i>	<i>Blue Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Gold Wire</i>	<i>Blue Wire</i>	<i>Blue Wire</i>
Instrumentação	400 Rpm – 4 a 5,2 Ncm							
Tipo de movimento	Movimento rotatório contínuo							