

**AJES – FACULDADE DO NORTE DE MATO GROSSO
BACHARELADO EM ODONTOLOGIA**

LARISSA MARCANTE

**PROPRIEDADES DA LIGA DE NITI *M-WIRE* NOS INSTRUMENTOS
ENDODÔNTICOS QUANDO COMPARADOS COM OS DE LIGA DE NITI
CONVENCIONAL. REVISÃO DE LITERATURA**

Guarantã do Norte-MT

2022

AJES – FACULDADE DO NORTE DE MATO GROSSO
BACHARELADO EM ODONTOLOGIA

LARISSA MARCANTE

**PROPRIEDADES DA LIGA DE NITI *M-WIRE* NOS INSTRUMENTOS
ENDODÔNTICOS QUANDO COMPARADOS COM OS DE LIGA DE NITI
CONVENCIONAL. REVISÃO DE LITERATURA**

Artigo apresentado ao curso de Graduação em Odontologia, da AJES – Faculdade do Norte de Mato Grosso, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Odontologia, sob orientação do Prof. Dr. Ariovaldo Silveira Lima Junior.

Guarantã do Norte-MT

2022

FACULDADE DO NORTE DE MATO GROSSO – AJES

BACHARELADO EM ODONTOLOGIA

LARISSA MARCANTE. Propriedades da liga de NiTi *M-Wire* nos instrumentos endodônticos quando comparados com os de liga de NiTi convencional. Revisão de Literatura. (Trabalho de Conclusão de Curso) AJES - Faculdade Norte de Mato Grosso, GUARANTÃ DO NORTE - MT, 2022.

Data da defesa: 17 / 11 / 2022.

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Silveira Lima Junior.

AJES/GUARANTÃ DO NORTE

Membro Titular: Prof. Dr. Carlos Alberto Alvim Franzini Junior

AJES/GUARANTÃ DO NORTE

Membro Titular: Prof. Dr^a. Doany Costa Moura de oliveira

AJES/GUARANTÃ DO NORTE

Local: AJES Faculdade Norte de Mato

Unidade Sede, Guarantã do Norte – MT

AJES – FACULDADE DO NORTE DE MATO GROSSO

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Eu, **LARISSA MARCANTE**, DECLARO e AUTORIZO, para fins de pesquisas acadêmica, didática ou técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado, **PROPRIEDADES DA LIGA DE NITI M-WIRE NOS INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS QUANDO COMPARADOS COM OS DE LIGA DE NITI CONVENCIONAL. REVISÃO DE LITERATURA** pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Autorizo, ainda, a sua publicação pela **AJES**, ou por quem dela receber a delegação, desde que também seja feita referências à fonte e ao autor.

GUARANTÃ DO NORTE – MT, 17/ 11/ 2022

LARISSA MARCANTE

PROPRIEDADES DA LIGA DE NITI *M-WIRE* NOS INSTRUMENTOS ENDODÔNTICOS QUANDO COMPARADOS COM OS DE LIGA DE NITI CONVENCIONAL. REVISÃO DE LITERATURA.

Larissa Marcante ¹

Ariovaldo Silveira Lima Junior ²

RESUMO

O preparo biomecânico dos canais radiculares é uma importante fase que constitui o tratamento endodôntico. A introdução do níquel-titânio (NiTi) na endodontia mudou significativamente o preparo dos canais radiculares, isso porque esse metal possui uma excelente biocompatibilidade e uma propriedade mecânica conhecida como superelasticidade. Com o avanço dos estudos foi criada a liga *M-Wire*, que é uma liga especial de níquel-titânio através de um atual processo de tratamento térmico. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura considerando o tratamento térmico *M-Wire* das limas endodônticas e quais benefícios ela possui quando comparada com as limas de NiTi convencional. O estudo foi realizado por meio de um levantamento bibliográfico na área odontológica permitindo uma análise na literatura atual sobre o tratamento térmico *M-Wire* nas limas endodônticas. A busca dos artigos deu-se nas bases de dados: Google acadêmico e PubMed. Com essa nova liga *M-Wire* o índice de sucesso dos canais aumentou devido às vantagens que ela proporciona por possuir na sua microestrutura martensita apresentando maior resistência e flexibilidade do que os instrumentos endodônticos feitos de NiTi convencional.

Palavras-chave: Liga M-Wire. Liga NiTi. Tratamento térmico. Instrumentos endodônticos.

ABSTRACT

The biomechanical preparation of root canals is an important phase that constitutes endodontic treatment. The introduction of nickel-titanium (NiTi) in endodontics has significantly changed the preparation of root canals, because this metal has excellent biocompatibility and a mechanical property known as superelasticity. With the advancement of studies, the *M-Wire* alloy was created, which is a special nickel-titanium alloy through a current heat treatment process. Therefore, the present study aims to carry out a literature review considering the *M-Wire* heat treatment of endodontic files and what benefits it has when compared to conventional NiTi files. The study was carried out through a bibliographic survey in the dental field, allowing an analysis of the current literature on the *M-Wire* heat treatment in endodontic files. The search for articles was carried out in the following

¹ MARCANTE, Larissa: Acadêmica do curso de bacharelado em Odontologia da Faculdade Norte Do Mato Grosso. E-mail: larissa.marcante.acad@ajes.edu.br

² JUNIOR, Ariovaldo Silveira Lima: Professor Drº do Curso de bacharelado em Odontologia da Faculdade Norte do Mato Grosso. Orientador. E-mail: arisilveirajr2015@gmail.com

databases: Academic Google and PubMed. With this new *M-Wire* alloy, the success rate of the canals has increased due to the advantages it provides for having martensite in its microstructure, presenting greater strength and flexibility than endodontic instruments made of conventional NiTi.

Keywords: *M-Wire alloy. alloy NiTi; Heat treatment. Endodontic instruments.*

1. INTRODUÇÃO

O preparo biomecânico dos canais radiculares é uma importante fase que constitui o tratamento endodôntico. Permite uma boa antissepsia, modelagem, e irrigação dos canais radiculares. Durante muito tempo a instrumentação manual com instrumentos de aço inoxidável foi utilizada para a preparação dos canais radiculares, mas devido à necessidade de se instrumentar canais com curvaturas mais complexas e também com os avanços tecnológicos que surgiram no mercado, apareceram novas ligas metálicas fabricadas de níquel-titânio proporcionando maior flexibilidade aos instrumentos endodônticos, permitindo aprimorar e facilitar a instrumentação dos canais radiculares com mais segurança e com conicidade melhorada num menor tempo clínico de trabalho (ALCALDE et al., 2015).

A introdução do níquel-titânio (NiTi) na endodontia mudou significativamente o preparo dos canais radiculares, isso porque essa liga metálica possui uma excelente biocompatibilidade e uma propriedade mecânica conhecida como superelasticidade. Com o melhoramento das propriedades da liga de NiTi foi possível criar fios com diversas características de efeito de memória de forma a partir da variação da composição e aplicação de métodos de tratamento termomecânico (SHEN et al., 2013). Os instrumentos mecanizados de níquel-titânio passaram a ser utilizados na endodontia com o propósito de diminuir os erros de procedimentos e garantir preparos radiculares mais satisfatórios. Esses instrumentos permitiram um preparo num menor tempo clínico, com conicidade, centralizados e com menores taxas de irregularidades (CAMPOS et al., 2019).

Os instrumentos endodônticos de NiTi passaram a ser parte indispensável do conjunto utilizado para o tratamento endodôntico. Cada vez mais eles vêm sendo empregados por especialistas para facilitar a limpeza e a modelagem dos canais radiculares (SHEN et al., 2013). Apesar de alcançar melhorias consideráveis nas limas e nos métodos de fabricação dos instrumentos rotatórios endodônticos feitos de liga de NiTi, a fratura dessas limas dentro do canal radicular causada por fadiga cíclica continua sendo uma preocupação, especialmente em canais radiculares com grandes curvaturas (GAO et al., 2010).

As propriedades mecânicas da liga de NiTi são influenciadas pelas características das fases microestruturais. O tratamento térmico é um dos métodos mais utilizados para ajustar as temperaturas de transição das ligas de NiTi e afetando a resistência à fadiga das limas endodônticas de NiTi. Várias tecnologias de processamento e fabricação termomecânicas apareceram nos últimos anos para aperfeiçoar a microestrutura das ligas de NiTi (SHEN et al., 2013). Atualmente, surgiu no mercado uma nova liga metálica através de um processamento termomecânico proprietário denominada *M-Wire*. Que oferece algumas vantagens como maior flexibilidade, além de uma maior resistência à fadiga cíclica especialmente quando comparadas às ligas de aço inoxidável e as de NiTi convencional (CAMPOS et al., 2019).

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura considerando o tratamento térmico *M-Wire* das limas endodônticas e quais benefícios ela possui quando comparada com as limas de NiTi convencional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A liga de NiTi possui três fases de microestruturas diferentes, de acordo com a sua temperatura, sendo elas a austenita, martensita e a fase R. As características de cada fase são influenciadas pela composição. A fase austenita é forte e dura e a fase martensítica e fase R são mais macias e flexíveis podendo sofrer deformação com mais facilidade. A liga de NiTi convencional está basicamente na fase austenita em temperatura ambiente. Com o surgimento dos tratamentos termomecânicos as novas ligas podem se manter na fase martensita, na fase R ou então nas duas formas, podendo alterar a característica da liga dependendo da temperatura de transformação (SHIM et al., 2017).

A liga de NiTi possui como principais características a superelasticidade e memória de forma. Quando comparada com o aço inoxidável sobre aplicação de tensão, o nível de deformação proporcional é menor, devido ser um metal superelástico. Essa propriedade do NiTi é devido a transformação martensita induzida por estresse. Dessa forma, as ligas de NiTi se tornaram materiais disponíveis e acessíveis para a fabricação de limas endodônticas rotativas mais flexíveis e eficazes para o uso em canais curvos (SHEN et al., 2013).

Seguido com Shen et al (2013), a superelasticidade ocorre quando acontece uma transformação da fase reversível entre austenita e martensita. Sendo assim, as temperaturas de transformação influenciam nas propriedades mecânicas e no comportamento do NiTi. A liga de NiTi pode existir em duas fases cristalinas dependendo da temperatura sendo elas

chamadas de martensita (fase de baixa temperatura) e austenita (fase de alta temperatura). Quando a martensita passa a ser aquecida, ela começa a se transformar em austenita. Esse processo é chamado de temperatura inicial da transformação em austenita. Quando esse fenômeno se completa, ele é chamado de temperatura de acabamento da austenita. A transformação de memória de forma e as características de superelasticidade surgem nessa fase. Quando a austenita é resfriada, ela passa a se transformar em martensita. Esse fenômeno é chamado de temperatura inicial da transformação martensita.

Em temperatura ambiente essas ligas estão na forma austenita, sendo uma estrutura cúbica de corpo centrado. Quando começa a esfriar, a forma austenita transforma-se em uma estrutura monoclinica chamada martensita, por causa de uma contração térmica linear clássica. Quando colocadas tensões externas em um fio de NiTi, a forma de austenita é transformada em forma martensita (martensita induzida por tensão), acomodando maior tensão sem aumentar alteração. Como consequência, uma liga de NiTi possui elasticidade transformacional, também conhecida como superelasticidade, ou a capacidade de retornar à sua forma original após ser desfeita (TABASSUM, ZAFAR, UMER, 2019).

Os instrumentos endodônticos devem consistir principalmente em fase austenita para poder utilizar a superelasticidade da liga de NiTi. “A transformação da rede cristalina cúbica austenítica para a rede cristalina monoclinica martensítica permite uma recuperação completa da deformação até 8%”. Em temperatura corporal o estado martensítico induzido pelo estresse não é estável, assim, a retirada do instrumento endodôntico de dentro do canal radicular curvo, leva a transformação para a fase austenita, fazendo com que ocorra um retorno elástico do instrumento endodôntico à sua forma original (ZUPANC, PAJOUH, SCHÄFER 2018).

Ainda de acordo com Zupanc, Pajouh, Schäfer (2018), os instrumentos em fase austeníticos apresentam propriedades superelásticas e exibem altos valores de torque na fratura. Dessa forma, esses instrumentos endodônticos são mais indicados para moldar canais radiculares retos ou levemente curvos.

A partir do ano 2000 surgiram estudos que comprovaram que o tratamento térmico das ligas de NiTi são eficazes para aumentar a flexibilidade dos instrumentos endodônticos. Desde então, o manuseio movido pelo calor foi utilizado para transformar as propriedades dos instrumentos endodônticos de NiTi. Dessa forma, foram criados processamentos termomecânicos proprietários que processam o endurecimento e o tratamento térmico em um único passo (SHEN et al., 2013).

Com o avanço dos estudos foi criada a liga *M-Wire*, que é uma liga especial de níquel-titânio através de um atual processo de tratamento térmico. Com essa nova liga o índice de sucesso dos canais aumentou devido às vantagens que ela proporciona, tais como a superelasticidade, memória de forma, diminuição da força de ligação do instrumento à parede de dentina, diminuindo a fadiga cíclica e o risco de fratura do instrumento (LUCENA, 2021).

Em 2007 a Sportswire LLC (Langley, OK, EUA), com o objetivo de produzir uma liga com maior resistência à fadiga cíclica e mais flexível desenvolveu o procedimento termomecânico proprietário da liga de NiTi *M-Wire* (ZUPANC, PAJOUH, SCHÄFER 2018).

A liga de NiTi *M-Wire* é composta por Nitinol 508, onde fio bruto é tratado termomecanicamente sob tensões de tração e temperaturas especiais. De acordo com caracterização metalúrgica, a liga *M-Wire* é composta pelas fases austenita, martensita e fase R, na qual as proporções relativas dependem da condição de processamento. O *M-Wire* possui temperaturas de transformação mais alta quando comparada com um fio de NiTi tratado de forma convencional (PEREIRA et al., 2013).

De acordo com Zupanc, Pajouh, Schäfer (2018):

O material de partida para o tratamento térmico de *M-Wire* é uma composição de Nitinol que consiste em 55,8 - 1,5% em peso de níquel (Ni), 44,2 - 1,5% em peso de titânio (Ti) e oligoelementos inferiores a 1% em peso. A temperatura de acabamento de austenita do *M-Wire* foi encontrada em torno de 43-50°C e conseqüentemente bem acima do NiTi convencional e temperatura corporal, indicando que o *M-Wire* não é completamente composto de austenita em condições clínicas. De acordo com isso, várias técnicas de laboratório metalúrgico (por exemplo, DSC calorimetria de varredura diferencial e XRD difração de raios X) revelaram que o *M-Wire* contém fase austenita com pequenas quantidades de martensita e fase R à temperatura corporal. Assim, o *M-Wire* mantém um estado superelástico. (ZUPANC, PAJOUH, SCHÄFER 2018, p. 1092).

Dessa forma, esta nova liga de NiTi torna o instrumento mais flexível e o torna mais resistente à fratura (ALVEZ, et al. 2015). O primeiro sistema rotatório endodôntico comercialmente disponível usando a liga de NiTi *M-Wire* foi o GTX em 2008 (SHEN et al., 2013). Outros exemplos de arquivos *M-Wire* no mercado são a série ProFile GT, arquivos Vortex, ProTaper Next, Reciproc e WaveOne (TABASSUM, ZAFAR, UMER, 2019).

3. METODOLOGIA

Trata-se de um de revisão de literatura que foi realizado por meio de um levantamento bibliográfico na área odontológica permitindo uma análise na literatura atual sobre o tratamento térmico *M-Wire* nos instrumentos endodônticos mecanizados.

A busca dos artigos deu-se nas bases de dados: *Google acadêmico* e *US National Library of Medicine (PubMed)*. Os descritores como palavras-chave foram: “M-Wire alloy”, “alloy NiTi”, “heat treatment” e “endodontic instruments”.

A pesquisa foi realizada no período de março a setembro de 2022. Os artigos aceitos foram publicados dentro de um período compreendido entre os anos de 2007 a 2022. Como critério de inclusão foram selecionados artigos somente na língua portuguesa e inglesa e estudos que contenham dados sobre as propriedades do NiTi convencional e o tratamento térmico *M-Wire* nas limas endodônticas. Como critério de exclusão foram removidas todas as sobreposições de resultados, tendo em consideração que foram adotadas duas bases de dados, em sequência foram removidos os artigos que não abordavam o tema proposto, teses e livros. Para a análise dos resultados foram selecionados oito artigos que continham estudos que comparavam as ligas de NiTi convencional e NiTi *M-Wire*.

4. RESULTADO

Durante o percurso metodológico foram encontrados oito artigos baseados em estudos de testes de flexão comparando a flexibilidade entre os instrumentos endodônticos mecanizados fabricados com as ligas de NiTi convencional e NiTi *M-Wire*. No quadro abaixo estão listados os artigos.

AUTOR (ANO)	TÍTULO	OBJETIVO	METODOLOGIA	RESULTADO	CONCLUSÃO
LOPES et al (2012)	Resistência em flexão de instrumentos endodônticos obtidos de fios metálicos de NiTi convencional e <i>M-wire</i> . Estudo comparativo.	Quantificar e comparar a flexibilidade em flexão em cantilever de instrumentos endodônticos de NiTi mecanizados obtidos por fios metálicos convencional e <i>M-wire</i> .	Nesse estudo foram incluídos instrumentos endodônticos de NiTi mecanizados Profile Vortex (Dentsply Tulsa Dental, OK, EUA), WaveOne (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) e Reciproc (VDW, Munich, Alemanha). Os três instrumentos são fabricados com a liga denominada <i>M-Wire</i> . Instrumentos endodônticos Revo-S SU (Micro-Mega, Besançon, França), Mtwo (VDW, Munich, Alemanha) e RaCe (FKG Dentaire, La Chaux-de-Fonds, Suíça). Estes três instrumentos são produzidos por um fio metálico de NiTi convencional. De cada marca comercial, foram testados a flexibilidade de dez instrumentos por meio do ensaio de flexão em cantilever conforme a metodologia.	Os instrumentos Profile Vortex fabricados a partir da liga NiTi <i>M-wire</i> deveriam apresentar resistência em flexão baixa, ou seja, semelhante a dos instrumentos WaveOne e Reciproc, também obtidos de fios metálicos <i>M-Wire</i> . Por vez, os instrumentos Profile Vortex apresentaram a maior resistência em flexão entre todos os instrumentos ensaiados. Os instrumentos RaCe fabricados de NiTi convencional apresentaram menor resistência em flexão.	Os instrumentos Profile Vortex fabricados a partir da liga de NiTi <i>M-Wire</i> apresentam maior resistência em flexão (menor flexibilidade) e os instrumentos RaCe, fabricados com a liga de NiTi convencional apresentam menor resistência em flexão (maior flexibilidade) entre os instrumentos testados. A flexibilidade de um instrumento endodôntico é influenciada pela geometria da seção reta transversal da haste helicoidal cônica de um instrumento endodôntico.
SANTOS et al (2014)	Comportamento mecânico de instrumentos endodônticos de NiTi <i>M-Wire</i> e NiTi convencional através de simulação pelo método dos elementos finitos.	Ajudar na evolução de novas soluções para a terapia endodôntica através do uso da análise por elementos finitos para a comparação das propriedades mecânicas de limas fabricadas com NiTi convencional e NiTi <i>M-Wire</i> e que possuem a mesma geometria.	O método utilizado foi para avaliar o comportamento mecânico sob flexão de um instrumento endodôntico constituído de NiTi <i>M-Wire</i> e comparar suas respostas com aquelas obtidas de um instrumento de NiTi convencional com a mesma geometria, utilizando-se simulação por elementos finitos. Um instrumento ProTaper Universal F1 foi selecionado. O modelo geométrico foi gerado através de micro tomografia computadorizada e os dados para os modelos constitutivos foram obtidos por meio de ensaios de tração realizados em laboratório. A simulação numérica foi realizada baseada nas especificações ISO 3630-1.	Os resultados mostram que instrumentos de NiTi <i>M-Wire</i> apresentam maior flexibilidade e menores valores de tensão quando submetidos à flexão, o que indica que estes instrumentos são mais resistentes à fadiga por flexão.	Através de ensaios de tração em fios de NiTi já é possível verificar eventuais efeitos do tratamento termomecânico realizado em fios de NiTi <i>M-Wire</i> . Curvas de deslocamento vs. momento sob flexão apontam uma maior flexibilidade dos instrumentos de NiTi <i>M-Wire</i> . Os valores de distribuição de tensão sob flexão apontam que os instrumentos de NiTi <i>M-Wire</i> são mais resistentes à fadiga quando comparados a instrumentos feitos a partir de NiTi convencional, mesmo sendo este um estudo sob condições estáticas.

<p>PEREIRA et al (2013)</p>	<p>Comportamento mecânico do fio M e do fio NiTi convencional utilizado na fabricação de instrumentos endodônticos rotatórios.</p>	<p>Comparação das propriedades físicas e mecânicas de um fio de NiTi convencional e um novo, que recebeu um tratamento termomecânico adicional.</p>	<p>Espécies de fio convencional NiTi e do novo tipo de fio, chamado <i>M-Wire</i>, foram submetidos a testes de tração e flexão de três pontos, medições de microdureza Vickers e a testes de fadiga de flexão rotativa em um nível controlado por deformação de 6%. As superfícies das fraturas foram observadas por microscopia eletrônica de varredura e as microestruturas não deformadas por microscopia eletrônica de transmissão.</p>	<p>O tratamento termomecânico aplicado para produzir o <i>M-Wire</i> aparentemente aumentou a resistência à tração e a microdureza Vickers do material, mas seu módulo de Young aparente foi menor que o do NiTi convencionalmente tratado. Os ensaios de flexão de três pontos mostraram uma maior flexibilidade para <i>M-Wire</i> que também exibiu um número significativamente maior de ciclos até a falha.</p>	<p>O fio de NiTi tratado termomecanicamente denominado <i>M-Wire</i> foi mais flexível, porém mais duro do que o fio superelástico de NiTi convencional. Ele continha martensita em sua microestrutura não deformada e esta é provavelmente a razão pela qual <i>M-Wire</i> apresentou maior resistência à fadiga sob nível de deformação de 6% do que o fio de NiTi.</p>
<p>MONTALVÃO, SHENGWEN E FREITAS (2014).</p>	<p>Um estudo sobre a influência do NiTi <i>M-Wire</i> na vida à fadiga flexural de limas rotativas endodônticas usando a Análise de Elementos Finitos.</p>	<p>Avaliar como diferentes ligas de NiTi convencional e <i>M-Wire</i> determinam o desempenho cíclico de limas rotatórias endodônticas.</p>	<p>Dois instrumentos rotativos NiTi são selecionados, ProFile GT e um GT Series X (GTX). Esta última lima é feita de <i>M-Wire</i>, que foi processado termomecanicamente para ter maior flexibilidade, de acordo com seu fabricante. A resposta mecânica foi estudada considerando diferentes cenários no pacote FEA (Análise dos elementos finitos), nos quais as propriedades do material foram introduzidas de acordo com a literatura existente.</p>	<p>A lima GTX apresenta menor risco de fratura por fadiga durante seu uso clínico quando comparada à lima GT, quando o canal radicular faz com que a lima se deforme em uma geometria extrema. No entanto, se o canal radicular não fizer a lima deformar mais do que uma certa quantidade, a lima GT é igualmente boa do ponto de vista da resistência mecânica.</p>	<p>Pode-se dizer que o arquivo GTX é mais flexível que o arquivo GT nas mesmas condições de carga. As simulações de flexão cíclica mostraram que o arquivo GT apresenta maior risco de fratura prematura do que o arquivo GTX, nas mesmas condições de carga e contorno. No entanto, isso não significa que a lima GT não seja adequada para a maioria dos tratamentos endodônticos. Isso significa que o instrumento GTX, para a mesma configuração de canal radicular, será capaz de suportar mais ciclos do que o instrumento GT, principalmente quando a lima for submetida à deformação.</p>

<p>MONTAVÃ O et al (2014)</p>	<p>Caracterização Estrutural e Análise Mecânica FE de Ligas de NiTi Convencionais e <i>M-Wire</i> Utilizadas em Instrumentos Rotatórios Endodônticos.</p>	<p>O objetivo deste estudo é compreender como a liga <i>M-Wire</i> condiciona a flexibilidade mecânica das limas rotatórias endodônticas à temperatura corporal selecionados devido à sua semelhança geométrica e sua liga constituinte diferente.</p>	<p>As limas GT série X são feitas de <i>M-Wire</i>, uma liga de NiTi supostamente com maior flexibilidade à temperatura do corpo. Ambos os arquivos foram analisados por Difração de Raios-X e Calorimetria Diferencial de Varredura para investigar as transformações de fase e os efeitos da temperatura de trabalho nessas diferentes ligas. O comportamento mecânico foi avaliado por meio de simulações de flexão estática e de elementos finitos de torção, levando em consideração o comportamento superelástico não linear de materiais NiTi.</p>	<p>Verificou-se que as limas GT apresentam fase austenítica à temperatura corporal, enquanto a série GTX apresenta fase R em temperaturas abaixo de 40 °C com potencial para maior flexibilidade. Para as mesmas condições de carga, pequenas diferenças geométricas entre as duas limas não influenciam na resposta mecânica dos instrumentos. Confirmou-se que o <i>M-Wire</i> aumenta a flexibilidade do instrumento, principalmente devido à presença da fase R à temperatura corporal.</p>	<p>Em conclusão, a relevante combinação de resultados de EF com resultados de DRX e DSC permitiu concluir que existem benefícios relacionados à flexibilidade nas limas <i>M-Wire</i> à temperatura corporal (37°C). Além disso, nas condições do presente estudo, sugere-se que esta propriedade possa refletir positivamente na rotação dinâmica dentro dos canais radiculares observada na situação clínica.</p>
<p>EL- ANWAR et al (2016)</p>	<p>Estudo de elementos finitos em instrumentos de níquel-titânio de rotação contínua versus alternativos de níquel-titânio.</p>	<p>No presente estudo, GTX e ProTaper como limas endodônticas rotatórias contínuas foram comparados numericamente com a lima reciprocante WaveOne usando análise de elementos finitos, visando ter um baixo custo, comparação precisa e confiável, bem como descobrir o efeito do design do instrumento e do material de fabricação na sua vida útil.</p>	<p>Dois modelos 3D de elementos finitos foram especialmente preparados para esta comparação. O pacote CAD/CAM de engenharia comercial foi usado para modelar geometrias de flautas detalhadas dos instrumentos. Materiais multilíneares foram definidos na análise usando dados reais de tensão de deformação de NiTi e <i>M-Wire</i>. A análise estática não linear foi realizada para simular o instrumento dentro do canal radicular em um ângulo de 45° na porção apical e submetido a uma torção de 0,3 N.cm.</p>	<p>As três simulações neste estudo mostraram que o <i>M-Wire</i> é um pouco mais resistente a falhas do que o NiTi convencional. Por outro lado, ambos os materiais são bastante semelhantes em caso de condições severas de travamento. Para a mesma geometria do instrumento, os instrumentos <i>M-Wire</i> podem ter uma vida útil mais longa do que os convencionais de NiTi. Em caso de condições severas de travamento, ambos os materiais falharão de forma semelhante</p>	<p>A análise do <i>M-Wire</i> e do fio de NiTi convencional revelou que o <i>M-Wire</i> tem extenso processamento termomecânico. Este uso eficiente do mecanismo de reforço da liga é responsável pelas propriedades mecânicas superiores do <i>M-Wire</i> em comparação com o fio de NiTi convencional para instrumentos rotatórios. Os instrumentos <i>M-Wire</i> podem ter uma vida útil mais longa do que o NiTi convencional, mas em caso de condições severas de travamento, ambos os materiais falharão da mesma forma.</p>

ELNAGHY, ELSAKA (2015)	Avaliação do comportamento mecânico de instrumentos rotatórios de níquel-titânio PathFile e ProGlider.	Avaliar e comparar a resistência à fadiga cíclica, tensão de torção, flexão e flambagem de instrumentos ProGlider (PG; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) com instrumentos rotatórios de níquel-titânio PathFile (PF; Dentsply Maillefer).	Os instrumentos PG e PF foram girados em canais simulados até a falha, e o número de ciclos até a falha foi registrado para avaliar sua resistência à fadiga cíclica. A força de torção foi medida com um torsiômetro. Um microscópio eletrônico de varredura foi usado para caracterizar as características topográficas das superfícies de fratura dos instrumentos. Os instrumentos foram avaliados quanto à resistência à flexão usando um teste de flexão em cantilever.	O instrumento ProGlider teve uma flexibilidade significativamente maior, maior resistência à fadiga cíclica e estresse de torção do que os instrumentos. As superfícies de seção transversal fraturadas revelaram características típicas de fadiga cíclica e fraturas por torção. Não houve diferença significativa na carga máxima necessária para flambar os dois instrumentos testados.	O instrumento pathfinding ProGlider NiTi fabricado com liga <i>M-Wire</i> apresentou propriedades mecânicas aprimoradas, incluindo maior flexibilidade, maior resistência à fadiga cíclica e tensão de torção em comparação com o instrumento PathFile feito de liga NiTi convencional.
BONESSIO et al (2015)	Análises validadas de elementos finitos dos instrumentos endodônticos WaveOne: uma comparação entre as ligas <i>M-Wire</i> e NiTi.	Validar a análise de torção, baseada em elementos finitos, de instrumentos WaveOne contra testes in vitro e modelar os efeitos de diferentes materiais de níquel-titânio (NiTi).	Os instrumentos alternativos WaveOne (Small, Primary e Large, n = 8 cada, <i>M-Wire</i>) foram testados sob torção de acordo com a norma ISO 3630-1. As condições de teste foram reproduzidas por meio de simulações de Análise de Elementos Finitos (FEA) com base em varreduras de micro tomografia computadorizada com resolução de 10 µm; os resultados foram comparados com dados experimentais usando análise de variância e testes de uma amostra bilateral. A mesma simulação foi realizada em instrumentos virtuais com geometria e condição de carga idênticas, baseados em <i>M-Wire</i> ou liga de NiTi convencional.	As limas stock NiTi sob testes de torção tiveram até 44,9%, e 44,1% menos flexibilidade do que as limas <i>M-Wire</i> virtuais em pequenas deflexões para instrumentos Pequenos, Primários e Grandes, respectivamente. A medida que os níveis de deflexão aumentaram, as diferenças de flexibilidade entre os dois conjuntos de instrumentos simulados diminuíram até a fratura.	Os instrumentos <i>M-Wire</i> se beneficiaram principalmente pela maior flexibilidade do material enquanto ainda com baixos níveis de deflexão, em comparação com a liga de NiTi convencional. Na fratura, os instrumentos não aproveitaram completamente a resistência à fratura aprimorada do material <i>M-Wire</i> , o que determina apenas melhorias limitadas do desempenho de torção.

Fonte: (Autoria própria, 2022)

5. DISCUSSÃO

Para a remoção de tecido pulpar inflamado ou necrótico do canal radicular durante o tratamento endodôntico são utilizados os instrumentos mecanizados. Nas últimas três décadas os instrumentos endodônticos passaram a ser fabricados a partir das ligas de níquel-titânio, substituindo aos poucos as limas de aço inoxidável devido a sua maior flexibilidade e melhor desempenho geral no tratamento do canal radicular (MONTALVÃO, SHENGWEN E FREITAS, 2014).

Durante o tratamento endodôntico, os instrumentos endodônticos fabricados de NiTi são utilizados por um motor elétrico endodôntico sob uma velocidade de rotação que pode oscilar de 300 à 500 rpm (rotação por minuto), variando de 3 a 5 N cm em uma peça de mão de redução 16:1. Cada instrumento trabalha dentro do canal radicular por cerca de 30 s, podendo variar de acordo com o operador (PEREIRA et al, 2013).

Por volta da década de 1990, as primeiras limas mecanizadas foram lançadas no mercado endodôntico e o aumento das falhas dos instrumentos de NiTi de rotação contínua aumentou disparadamente. Assim surgiram novos processos de fabricação com desenvolvimento de novas melhorias nas propriedades da liga de NiTi. Em 2007 a Dentsply Tulsa-Dental Specialties, Tulsa, OK, EUA desenvolveu por meio de um procedimento de processamento termomecânico proprietário uma nova liga chamada de *M-Wire* com resistência à fadiga consideravelmente melhor em comparação com as liga de NiTi convencionais (EL-ANWAR et al, 2016).

Em um estudo apresentado por Johnson et al (2008), as limas ProFile 25.04 produzidas com *M-Wire* NiTi mostraram quase 400% mais resistência à fadiga cíclica do que o instrumento estoque do mesmo tipo feito de fios normais de NiTi superelástico, numa velocidade de 300 rpm.

Em um modelo de estudo para avaliar a influência do material bruto de NiTi e da velocidade de rotação no desempenho da fadiga cíclica dos instrumentos ProFile Vortex fabricados de NiTi *M-Wire*, ela apresentou maior resistência à fadiga cíclica do que o fio NiTi convencional. Os instrumentos ProFile Vortex feitos de liga *M-Wire* exibiram uma vida de fadiga cíclica significativamente maior (150% melhor) em comparação com aqueles feitos de fio NiTi convencional em duas velocidades de rotação de 300 rpm e 500 rpm (GAO et al., 2010).

No estudo desenvolvido por Lopes et al (2012), onde através do método de flexão em cantilever comparou e quantificou a flexibilidade de instrumentos endodônticos de NiTi mecanizados fabricados por fios metálicos de NiTi convencional e *M-wire*, mostrou que os instrumentos Profile Vortex fabricados com a liga de NiTi *M-Wire* apresentou maior resistência em flexão e os instrumentos RaCe, fabricados com a liga de NiTi convencional apresentam menor resistência em flexão entre os instrumentos testados. A geometria da seção reta transversal da haste helicoidal cônica de um instrumento endodôntico também influencia na flexibilidade de um instrumento endodôntico.

No trabalho de Santos et al (2014), foi avaliado o comportamento mecânico sob flexão de um instrumento endodôntico constituído de NiTi *M-Wire* e verificou suas respostas com aquelas obtidas através de um instrumento de NiTi superelástico convencional com a mesma geometria, utilizando a simulação por elementos finitos. Os resultados demonstraram que instrumentos de NiTi *M-Wire* possuem maior flexibilidade e menores valores de tensão quando submetidos à flexão, o que indica que estes instrumentos resistem mais à fadiga por flexão.

Em Pereira et al (2013), os resultados dos testes de fadiga e flexão rotativa confirmaram que a resistência à fadiga do NiTi *M-Wire* é maior do que a do NiTi convencional. O valor médio de número de ciclos até a falha de *M-Wire* foi quase três vezes maior do que a do NiTi. Estando de acordo com a alta resistência à fadiga relatada em estudos anteriores realizados com instrumentos endodônticos feitos com *M-Wire*. Conforme descoberto nas micrografias TEM (microscopia eletrônica de transmissão), o comportamento de fadiga melhorado de *M-Wire* está relacionado com sua estrutura fina que mostra a presença de variantes de martensita fina em espécimes não deformados. O estudo apresentou que o *M-Wire* apresenta propriedades físicas e mecânicas superiores ao NiTi convencional para a fabricação de instrumentos endodônticos rotatórios. O *M-Wire* foi mais flexível, no entanto mais duro que o fio de NiTi convencional.

Em Montalvão, Shengwen e Freitas (2014), dois instrumentos rotativos foram comparados sendo eles ProFile GT fabricado a partir da liga de NiTi convencional e o GT Series X (GTX) sendo de NiTi *M-Wire*. A resposta mecânica foi estudada considerando diferentes cenários no pacote FEA, nos quais as propriedades do material foram introduzidas de acordo com a literatura existente. Comparando os dois tipos de instrumentos o GTX foi mais flexível que o instrumento GT nas mesmas condições de carga. As simulações de flexão cíclica mostraram que o arquivo GT apresenta maior risco de fratura prematura do que o

arquivo GTX, nas mesmas condições de carga e contorno. Quando se trata de canais com pouca curvatura os dois instrumentos são capazes de realizar o tratamento radicular sem risco de fraturas, desde que sejam utilizados apenas uma única vez. A proposta é de que o GTX é mais flexível que o GT principalmente devido às diferenças nas propriedades do material, e não na própria geometria.

De acordo com Montavão et al (2014), que também comparou os instrumentos ProFile GT e GT Series X (GTX), onde foram analisados por Difração de Raios-X e Calorimetria Diferencial de Varredura para investigar as transformações de fase e os efeitos da temperatura de trabalho nessas diferentes ligas. A análise mostrou que os instrumentos GTX têm fase R na temperatura corporal (37°C) e pode, portanto, ser mais adequada para a instrumentação de canais curvos do que as limas GT (que são austeníticas à temperatura corporal). A liga *M-Wire* é menos rígida, com menor nível de tensão de transição de fase, aumentando significativamente a flexibilidade da lima GTX. Quando aplicado o mesmo torque a lima GTX foi consideravelmente mais flexível que a lima GT, com uma torção quase três vezes maior. Os arquivos *M-Wire* GTX se mostram significativamente mais flexíveis e capazes.

Os autores El-anwar et al (2016), concordaram com os estudos anteriores de Montavão et al (2014) quando compararam as propriedades mecânicas de Profile GT e GTX usando FEA (Análise dos elementos finitos) e seus resultados apresentaram que a lima GTX é mais capaz de aliviar tensões do que a lima GT. Sendo assim os instrumentos *M-Wire* possuem melhor resistência ao desgaste devido à maior dureza em comparação aos instrumentos convencionais de NiTi. A maior dureza dos instrumentos *M-Wire* é concedida à estrutura especial de martensita endurecida por trabalho encontrada pela microscopia eletrônica de transmissão de varredura (STEM), dos fios em bruto de partida e exame metalográfico das microestruturas gravadas dos instrumentos.

Em Elnaghy, Elsaka (2015), o estudo verificou as propriedades mecânicas de instrumentos PG ProGlide que são fabricados com a liga de NiTi *M-Wire* com instrumentos PF PathFile que são fabricados a partir da liga convencional de NiTi. Nos resultados, a lima PG mostrou uma resistência consideravelmente maior à fadiga cíclica e ao estresse de torção do que as limas PF. Além disso, o instrumento PG apresentou uma flexibilidade consideravelmente maior do que os instrumentos PF.

De acordo com Bonessio et al (2015), os instrumentos *M-Wire* apresentam maior flexibilidade do material enquanto ainda com baixos níveis de deflexão, em comparação com a liga de NiTi convencional.

A liga de NiTi convencional é composta por austenita e a liga tratada termomecanicamente é composta por austenita e quantidades alternáveis de fase R e martensita sob condições clínicas. Isso faz com que os instrumentos endodônticos fiquem mais flexíveis e com maior resistência à fratura (ZUPANC, PAJOUH, SCHÄFER 2018). “Esta complexa microestrutura multifásica melhorou a resistência à fadiga cíclica em comparação com a microestrutura convencional de austenita dominante da liga de NiTi convencional” (ELNAGHY, ELSAKA 2015).

Os instrumentos mecanizados fabricados com a liga de NiTi *M-Wire* possuem na sua microestrutura martensita apresentando maior resistência e flexibilidade do que os confeccionados a partir de NiTi convencional. Sendo assim, os instrumentos mecanizados fabricados a partir da liga de NiTi convencional apresentam maior risco de fratura do que os fabricados a partir da liga *M-Wire*. Nos estudos, o *M-Wire* também apresentou melhor resistência ao desgaste devido à maior dureza de sua composição, apresentando uma vida mais longa em comparação com os instrumentos de NiTi convencional.

O surgimento das ligas de NiTi permitiu que ocorresse uma transformação na instrumentação dos canais radiculares, pois a fabricação das limas endodônticas a partir dessas ligas conseguem manter a forma original dos canais sem grandes irregularidades. Embora a inserção das limas a partir da liga de NiTi tenha permitido uma revolução na endodontia, esses instrumentos ainda podem sofrer falhas durante a instrumentação, principalmente em decorrência de fadiga por flexão (SANTOS et al., 2014).

Tanto os instrumentos de rotação contínua quanto os alternativos possuem a mesma probabilidade de sofrer falhas em caso de travamento. Dessa forma, os fabricantes recomendam o uso de uma lima por dente (EL-ANWAR et al., 2016). A grande parte dos trabalhos feitos sobre o comportamento mecânico de instrumentos endodônticos de NiTi têm como base ensaios experimentais em laboratório (SANTOS et al., 2014). Os resultados baseados em elementos finitos ou qualquer outro em forma de análise numérica pode diferenciar-se do uso clínico, porque possuem algumas variantes quando levadas em consideração, como por exemplo, o atrito com as paredes dentinárias (EL-ANWAR et al., 2016).

Segundo o fabricante, ele recomenda uma única utilização dessas limas, pois elas estão sujeitas a sofrer fadiga cíclica, principal causa de quebra de instrumentos durante o tratamento, aumentando, exponencialmente, com o uso múltiplo. O uso único reduz o risco de quebra de limas, aumentando a segurança do paciente. O uso múltiplo também reduz a

capacidade de corte das limas. A reutilização das limas aumenta a capacidade de infecções cruzadas, pois mesmo após uma esterilização meticulosa, bactérias e resíduos orgânicos podem remanesecer no instrumento (<http://www-dentalspeed-com.s3.amazonaws.com/pdfs/Catalogo-Protaper-Next.pdf>).

1. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugere que a liga de NiTi *M-Wire* permite uma maior flexibilidade, maior resistência à fadiga cíclica e maior resistência ao desgaste do que os instrumentos fabricados com a liga de NiTi convencional, permitindo uma vida mais longa a esses instrumentos mecanizados, isso decorre devido o NiTi *M-Wire* possuir na sua microestrutura martensítica e pequenas quantidades de fase R em condições clínicas enquanto a liga de NiTi convencional contém apenas a fase austenita.

A liga de NiTi *M-Wire* mantém um estado austenico em condições clínicas, como consequência, a lima possui uma superelasticidade, ou a capacidade de retornar à sua forma original após ser retirada de dentro do canal radicular. Assim, essas limas são adequadas para moldar canais retos ou levemente curvados. Quando aplicadas dentro do canal radicular as limas de liga *M-Wire* são mais flexíveis, sendo capaz de aliviar mais as tensões do que as limas de liga de NiTi convencional.

Apesar da grande quantidade de trabalhos já realizados com base em ensaios experimentais em laboratórios sobre o comportamento mecânico comparando as duas ligas de NiTi, é necessário que haja estudos clínicos para verificar a eficiência das ligas, pois, os resultados baseados através de elementos finitos ou qualquer outra análise numérica podem diferir do uso clínico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDE, Murilo Priori et al. Unicone: um novo sistema recíprocante para preparo dos canais radiculares. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 24, n. 71, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.36065/robrac.v24i71.980>. Acesso em: 23 maio 2022.

BONESSIO, Noemi et al. Validated finite element analyses of WaveOne Endodontic Instruments: a comparison between M-Wire and NiTi alloys. **International Endodontic Journal**, v. 48, n. 5, p. 441-450, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24923193/>. Acesso em: 19 set. 2022.

CAMPOS, Fernanda de Araújo Trigueiro et al. Sistemas rotatórios e reciprocantes na endodontia. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 5, 2019. Disponível em: <https://periodicos.iesp.edu.br/index.php/campodosaber/article/view/176/154>. Acesso em: 13 out. 2022.

DE ARRUDA SANTOS, Leandro et al. Comportamento mecânico de instrumentos endodônticos de ni-ti m-wire e ni-ti convencional através de simulação pelo método dos elementos finitos. -**Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Metalúrgica, de Materiais e de Minas**, 2014. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=DE+ARRUDA+SANTO S%2C+Leandro+et+al. Acesso em 19 ago. 2022.

EL-ANWAR, Mohamed I. et al. Estudo de elementos finitos em instrumentos de níquel-titânio rotativos contínuos versus alternativos. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 27, p. 436-441, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-6440201600480>. Acesso em: 19 set. 2022.

ELNAGHY, A. M.; ELSAKA, S. E. Evaluation of the mechanical behaviour of PathFile and ProGlider pathfinding nickel–titanium rotary instruments. **International endodontic journal**, v. 48, n. 9, p. 894-901, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25266920/>. Acesso em: 19 set. 2022.

GAO, Yong et ai. Efeitos da matéria-prima e velocidade de rotação na fadiga cíclica de instrumentos rotatórios ProFile Vortex. **Revista de endodontia**, v. 36, n. 7, pág. 1205-1209, 2010. Disponível em: [https://www.jendodon.com/article/S0099-2399\(10\)00141-X/fulltext](https://www.jendodon.com/article/S0099-2399(10)00141-X/fulltext). Acesso em: 13 out. 2022.

JOHNSON, Eugenia et al. Comparação entre uma nova liga de níquel-titânio e 508 nitinol na vida de fadiga cíclica do ProFile 25/. 04 instrumentos rotativos. **Revista de endodontia**, v. 34, n. 11, pág. 1406-1409, 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18928858/>. Acesso em: 13 out. 2022.

LOPES, Hélio Pereira et al. Resistência em flexão de instrumentos endodônticos obtidos de fios metálicos de NiTi convencional e M-wire: Estudo comparativo. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 69, n. 2, p. 170, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18363/rbo.v69n2.p.170>. Acesso em: 19 ago. 2022.

LUCENA, Ianara Vitória Souza et al. Evidências científicas sobre a realização do tratamento endodôntico em sessão única. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e45210817534-e45210817534, 2021. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17534>. Acesso em: 23 maio 2022.

MARCELIANO-ALVES, Marilia Fagury Videira et al. Preparo do canal radicular com lima única reciprocante waveone e reciproc–revisão de literatura. Disponível em: [https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=MARCELIANOALVES %2C+Marilia+Fagury+Videira+et+al.+PREPARO+DO+CANAL+RADICULAR+COM+LI MA+%C3%9ANICA+RECIPROCANTE+WAVEONE+E+RECIPROC%E2%80%93REVIS %C3%83O+DE+LITERATURA.+&btnG=](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=ptBR&as_sdt=0%2C5&q=MARCELIANOALVES%2C+Marilia+Fagury+Videira+et+al.+PREPARO+DO+CANAL+RADICULAR+COM+LI MA+%C3%9ANICA+RECIPROCANTE+WAVEONE+E+RECIPROC%E2%80%93REVIS %C3%83O+DE+LITERATURA.+&btnG=). Acesso em: 23 maio. 2022.

MONTALVÃO, Diogo; SHENGWEN, Qiu; FREITAS, Manuel. A study on the influence of Ni–Ti M-Wire in the flexural fatigue life of endodontic rotary files by using Finite Element

Analysis. **Materials Science and Engineering: C**, v. 40, p. 172-179, 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24857480/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

MONTALVÃO, Diogo et al. Structural characterisation and mechanical FE analysis of conventional and M-Wire Ni-Ti alloys used in endodontic rotary instruments. **The Scientific World Journal**, v. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24574937/>. Acesso em: 17 ago. 2022.

PEREIRA, Erika SJ et al. Mechanical behavior of M-Wire and conventional NiTi wire used to manufacture rotary endodontic instruments. **Dental Materials**, v. 29, n. 12, p. e318-e324, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24183054/>. Acesso em: 19 set. 2022.

SHIM, Kyu-Sang et al. Propriedades mecânicas e metalúrgicas de vários instrumentos rotativos de níquel-titânio. **BioMed research international**, v. 2017, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29318149/>. Acesso em: 16 ago. 2022.

SHEN, Ya et al. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **Journal of endodontics**, v. 39, n. 2, p. 163-172, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23321225/>. Acesso em: 23 maio 2022.

TABASSUM, Sadia; ZAFAR, Kamil; UMER, Fahad. Nickel-titanium rotary file systems: What's new?. **European endodontic journal**, v. 4, n. 3, p. 111, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32161896/>. Acesso em: 24 mar. 2022.

ZUPANC, J.; VAHDAT-PAJOUH, N.; SCHÄFER, E. New thermomechanically treated NiTi alloys—a review. **International endodontic journal**, v. 51, n. 10, p. 1088-1103, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29574784/>. Acesso em: 27 mar. 2022.