

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

BIANCA NOGUEIRA BRAGIM

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA CÍCLICA E TORCIONAL DOS
INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS UNIVY 3 25.06 E PROTAPER GOLD 25.08

BAURU

2022

BIANCA NOGUEIRA BRAGIM

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA CÍCLICA E TORCIONAL DOS
INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS UNIVY 3 25.06 E PROTAPER GOLD 25.08

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Odontologia - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Orientador: Prof.^a Dr. Guilherme Ferreira da
Silva.

BAURU

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo
com ISBD

B813a

Bragim, Bianca Nogueira

Avaliação da resistência à fadiga cíclica e torcional dos instrumentos rotatórios Univy 3 25.06 e Protaper Gold 25.08 / Bianca Nogueira Bragim. -- 2022.

23f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP

1. Endodontia. 2. Fadiga cíclica. 3. Fadiga torcional. 4. Níquel-titânio. I. Silva, Guilherme Ferreira da. II. Título.

BIANCA NOGUEIRA BRAGIM

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FADIGA CÍCLICA E TORCIONAL DOS
INSTRUMENTOS ROTATÓRIOS UNIVY 3 25.06 E PROTAPER GOLD 25.08

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de bacharel em Odontologia - Centro
Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: 12/12/2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Prof. Dr. Murilo Priori Alcalde
Universidade de São Paulo - FOB

Prof. Ms. Renan D. Furlan
Centro Universitário Sagrado Coração

Dedico este trabalho aos meus pais, a Deus e a todos aqueles que fizeram parte desta etapa importante da minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela oportunidade de estar concluindo a faculdade dos meus sonhos.

Aos meus pais por serem pacientes, incentivadores, por terem me sustentado até aqui e por todo o esforço para garantir que eu concluísse meus estudos. Independentemente de qualquer coisa sempre estiveram ao meu lado lutando para que todo esse sonho se tornasse realidade.

Aos meus avós por me ajudarem e estarem ao meu lado.

Ao meu namorado por sempre estar ao meu lado, por ter paciência e por me ajudar a nunca desistir dos meus sonhos.

A minha dupla por todos os ensinamentos, experiências, choros e risadas. Com ela ganhei uma irmã para minha vida, aprendi muitas coisas, dividimos erros, acertos, alegrias e tristezas, ela sabe como foi difícil chegar até aqui. Uma pessoa indispensável na minha vida até aqui e para sempre.

Aos meus professores, em especial aos meus orientadores Murilo e Guilherme, pela oportunidade de me aprofundar em uma área fantástica da Odontologia.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência à fadiga cíclica e torcional de um novo instrumento rotatório Univy 3 25.06 (U3 25.06 – Universo Odonto, São Paulo, Brasil) e compará-lo com o instrumento Protaper Gold 25.08 (RB 25.08 – Dentsply-Sirona, Suíça). O teste de fadiga cíclica foi realizado em um canal artificial com curvatura de 600 de curvatura e 5 mm de raio com a finalidade de avaliar o tempo necessário para a fratura (n=10). Além disso, foi calculado o número de ciclos para a fratura. Os instrumentos foram ativados seguindo as recomendações dos fabricantes. Para o ensaio de torção foi realizado de acordo com a especificação ISO 3630-1. Este teste teve como o objetivo de avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos 3 mm iniciais das pontas dos instrumentos (n=10). Ao final dos ensaios de torção e de fadiga cíclica, todos os instrumentos tiveram a superfície fraturada avaliada em Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com a finalidade de avaliar a característica topográfica da superfície. Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e t de Student, com nível de significância de 5%. O instrumento RB 25.08 demandou maior tempo e número de ciclos para a fratura em comparação com o instrumento UO 25.08 ($P < 0.05$). O teste de torção demonstrou que o instrumento PTG 25.08 apresentou menor torque para a fratura do que o Instrumento U3 25.06 ($P < 0.05$). Em relação a deflexão angular, o instrumento PTG 25.08 apresentou maiores valores do que o U3 25.06 ($P < 0.05$). As microscopias eletrônicas de varredura demonstraram que ambos os sistemas apresentaram características típicas de fadiga cíclica e torcional. O instrumento PTG 25.08 apresentou maior resistência à fadiga cíclica e maior deflexão angular para a fratura do que o instrumento U3 25.06. Entretanto, o instrumento U3 25.06 apresentou maior torque para a fratura.

Palavras-chave: Endodontia, Níquel-Titânio, Fadiga Cíclica, Fadiga Torcional.

ABSTRACT

The aim of this study was evaluate the cyclic and torsional fatigue resistance of new rotary instrument Univy 3 25.06 (U3 25.06 – Universo Odonto, São Paulo, Brazil) and ProTaper Gold 25.08 (Dentsply-Sirona, Switzerland). The cyclic fatigue test was performed in artificial canal with 60° angle and 5 mm radius of curvature and they will activated according the manufacturer's instructions. This test aimed to evaluate the time and the number of cycles to the instruments fracture. The torsional test used a total of 20 instruments (n=10), according the ISO 3630-1. This test will assessed the torsional strength (N.cm) and angular distortion (°) to instruments fracture at 3 mm from the tip. After the mechanical tests, all the instruments were assessed by scanning electron microscopy (SEM) to evaluate the topographic features of the fractured surface of the instruments. The data was statistically analyzed using Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student test, using a significance level of 5%. PTG 25.08 presented greater time and number of cycles to fracture than U3 25.06 (P<0.05). The torsional test showed that PTG 25.08 presented higher angular deflection and lower torque to fatigue than U3 25.06. The scanning electron microscopy showed that all instruments had typical features of cyclic and torsional fatigue fracture. The PTG 25.08 instruments presented higher cyclic fatigue resistance and angular deflection than U3 25.06 instrument. However, U3 25.06 presented higher torque to fatigue.

Keywords: Endodontics, Nickel-Titanium, Cyclic Fatigue, Torsional Fatigue

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Máquina de Ensaio de Torção.....	16
Figura 2 – Programa de análise dos dados	16
Figura 3 – Dispositivo para o Teste de Fadiga	17
Figura 4 – Imagens de MEV dos instrumentos PTG 25.08 (A) e U3 25.06 (C) após o teste de fadiga cíclica.....	19
Figura 5 – Imagens de MEV dos instrumentos PTG 25.08 (A) e U3 25.06 (C) após o teste de fadiga torcional.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média e Desvio padrão dos resultados de tempo, número de ciclos, torque e deflexão angular	18
---	----

SUMÁRIO

1. Introdução, revisão de literatura e justificativa	13
2. Objetivos.....	14
3. Material e métodos.....	15
4. Resultados	16
5. Discussão.....	20
6. Conclusão.....	20
7. Referência Bibliográfica	21

1 INTRODUÇÃO

Os instrumentos mecanizados de Níquel-Titânio (NiTi) são amplamente utilizados para preparar canais radiculares diversos graus de curvatura devido à alta flexibilidade, proporcionando segurança no preparo e com baixo risco de erros de instrumentação ou fratura de instrumentos (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016). Entretanto, a fratura dos instrumentos continua sendo uma preocupação para o clínico. Os instrumentos mecanizados de NiTi podem fraturar por duas causas: fadiga cíclica e torsional (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016).

A fadiga cíclica ocorre quando os instrumentos se encontram em rotação no interior do canal radicular curvo e é submetido a forças de tensão e contração no seu ponto máximo de flexão, o que pode levar a ruptura da liga metálica (Sattapan 2000; Pedulla et al. 2016). A fadiga torcional ocorre quando a ponta do instrumento fica aprisionada nas paredes dentinárias e o instrumento continua seu movimento de rotação, o que pode levar a uma deformação plástica ou ruptura do instrumento (Sattapan2000; Pedulla et al. 2016).

Durante décadas os fabricantes tentaram desenvolver diversas modificações nos instrumentos mecanizados de NiTi com o objetivo de otimizar suas propriedades mecânicas, tais como: novo designs dos instrumentos, processo de fabricação, novas cinemáticas e diferentes tratamentos térmicos da liga de NiTi (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Pedulla et al., 2016; Karatas et al., 2016; Ozyurek et al., 2016, Zupanc et al., 2018). O tratamento térmico do NiTi proporciona um melhor arranjo da estrutura cristalina da liga metálica, o que favorece o aparecimento da fase R ou martensítica (Shen et al., 2013; Kaval et al., 2016; Zupanc et al., 2018). Geralmente, os tratamentos térmicos proporcionam maior flexibilidade, maior resistência à fadiga cíclica e maior capacidade de formação dos instrumentos quando comparador com o NiTi convencional (Shen et al., 2013; Zupanc et al., 2018).

O sistema rotatório ProTaper Gold é considerado um dos sistemas com padrão-ouro dentre os instrumentos rotatórios no mercado mundial e nacional. Este sistema é composto por 5 instrumentos (Sx – 19 e concidade variável, S1 – 18.02, S2 – 20.04, F1 – 20.07, F2 – 25.08 e F3 – 30.09), os quais apresentam secção triangular convexa e confeccionados com NiTi com tratamento térmico Gold (Zuapanc et al., 2018; Alcalde et al., 2020). Estudos prévios demonstraram que este tratamento fornece maior flexibilidade, maior resistência a fadiga cíclica e maio deflexão angular aos instrumentos, sendo ainda mais seguros para o preparo de canais com curvaturas (Heawy et al., 2015; Plotino et al., 2017; Alcalde et al., 2020).

Recentemente, uma empresa nacional, Universo Odonto (São Paulo, Brasil), iniciou a importação e comercialização de um novo sistema rotatório denominado Univy 3 (IMD China Company LTDA). Este sistema é composto por 5 instrumentos: 18.04, 20.06, 25.06, 35.04 e 40.04, apresentam secção transversal em triangular convexa e são confeccionados com uma liga de NiTi com tratamento térmico denominado X-Wire. De acordo com o fabricante, este tratamento térmico confere ao instrumento uma coloração dourada, semelhante ao tratamento Gold, devido a deposição de uma cama de óxidos produzida durante o processo fabril e confere uma alta flexibilidade e resistência à fadiga cíclica e flexural. É importante salientar que as características de secção transversal e tratamento térmico deste sistema é semelhante ao do Protaper Gold, sendo assim, cogita-se que tenham propriedades mecânicas semelhantes.

Para que haja segurança na utilização destes instrumentos na prática clínica e poder compará-los com o padrão de qualidade com outros instrumentos disponíveis no mercado nacional, como o Protaper Gold, é necessário a realização de ensaios mecânicos, os quais poderão fornecer informações do comportamento mecânico destes novos instrumentos em canais radiculares curvos e/ou atresícos. Não há dados na literatura referente a resistência a fadiga cíclica e torcional destes instrumentos, tornando-se oportuno a comparação das propriedades mecânicas destes instrumentos com o ProTaper Gold.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi avaliar, em comparação entre ambos os instrumentos rotatórios (Univy 3 25.06 e Protaper Gold 25.08)

- 1- A resistência a fadiga cíclica (tempo e número de ciclos para a fratura) dos instrumentos rotatórios Univy 3 25.06 e ProTaper Gold 25.08.
- 2- A resistência torcional (torque e o ângulo de rotação para a fratura) dos instrumentos rotatórios Univy 3 25.06 e ProTaper Gold 25.08.
- 3- As características topográficas da superfície fraturada dos instrumentos submetidos ao teste detorção e resistência a fadiga cíclica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização ensaios mecânicos foi realizado um cálculo amostrar empregando o programa G*Power v3.1 for Mac (Heinrich Heine University Düsseldorf (HHU) selecionando o test de Wilcoxon- Mann-Whitney da família do Test t. O erro do tipo alfa de 0,05, a potência beta 0,95 e uma razão N2/N1 de 1 também foram estipulados. Um total de 8 espécimes por grupo foi indicado como o tamanho amostral ideal. No entanto, será utilizado um adicional de 20% para compensar possíveis valores discrepantes que podem comprometer o teste estatístico.

3.1 Ensaio de torção

Para este teste foram utilizados um total 20 instrumentos (n=10). Os testes de torção foram realizados de acordo com a especificação ISO 3630-1 (International Organization for Standardization, 1992) e foi descrita previamente por estudo prévios (Alcalde et al. 2017; Alcalde et al. 2018; Alcalde et al., 2020). A máquina de torção encontra-se localizada no Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Odontológicos da Faculdade de Odontologia de Bauru (Figura 1A). Este equipamento permitiu avaliar o torque (N.cm) e a deflexão angular (°) necessária para a fratura dos instrumentos.

Para este ensaio foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10) dos sistemas rotatórios Univy 3 25.06 (Universo Odonto, São Paulo, Brasil) e ProTaper Gold 25.08 (Dentsply-Sirona, Suíça). Previamente aos testes, todos os instrumentos tiveram o mandril removido para possibilitar a fixação na máquina de torção. Então, as extremidades dos instrumentos foram fixadas em mandris parafusáveis, sendo os primeiros 3 mm da ponta do instrumento fixada em mandril acoplado a uma célula de torque e a outra, em um mandril conectado a um motor de engrenagem reversível (Figura 1B).

Para iniciar o teste de torção, o motor reversível foi ativado por software especificamente projetado para esta máquina (Analógica, Belo Horizonte, Brazil), o qual promoveu uma rotação no sentido horário com velocidade de 2 rotações por minuto (RPM) para todos os grupos. Concomitantemente a rotação do motor, o software forneceu os valores de torque (N.cm) necessário para a fratura do instrumento e a angulação (°) realizada pelo motor até que houvsse a fratura do instrumento, a qual foi automaticamente detectada pelo equipamento, paralisando a rotação do motor. Então, os valores adquiridos pelo software foram exportados para uma planilha no Excel e será anotado o valor de torque máximo e dá a angulação realizada pelo motor no momento da fratura do instrumento (Figura 2).

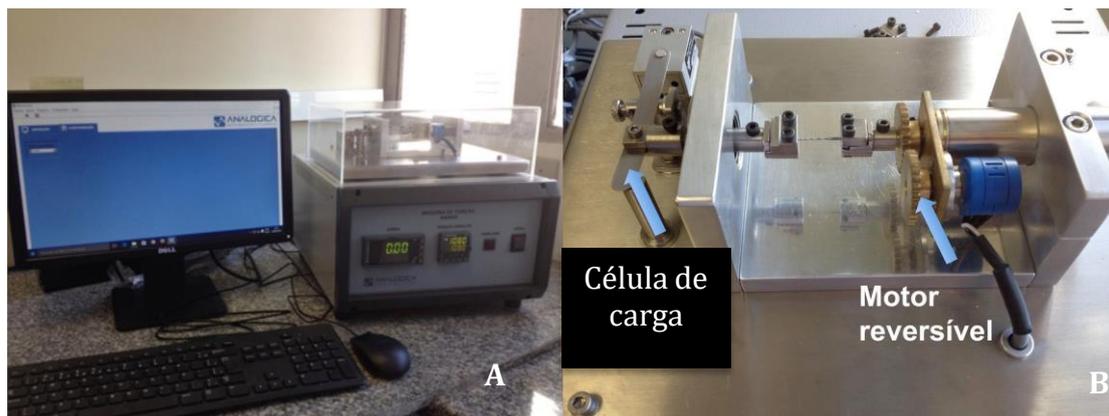


Figura 1. Máquina de Ensaio de Torção.

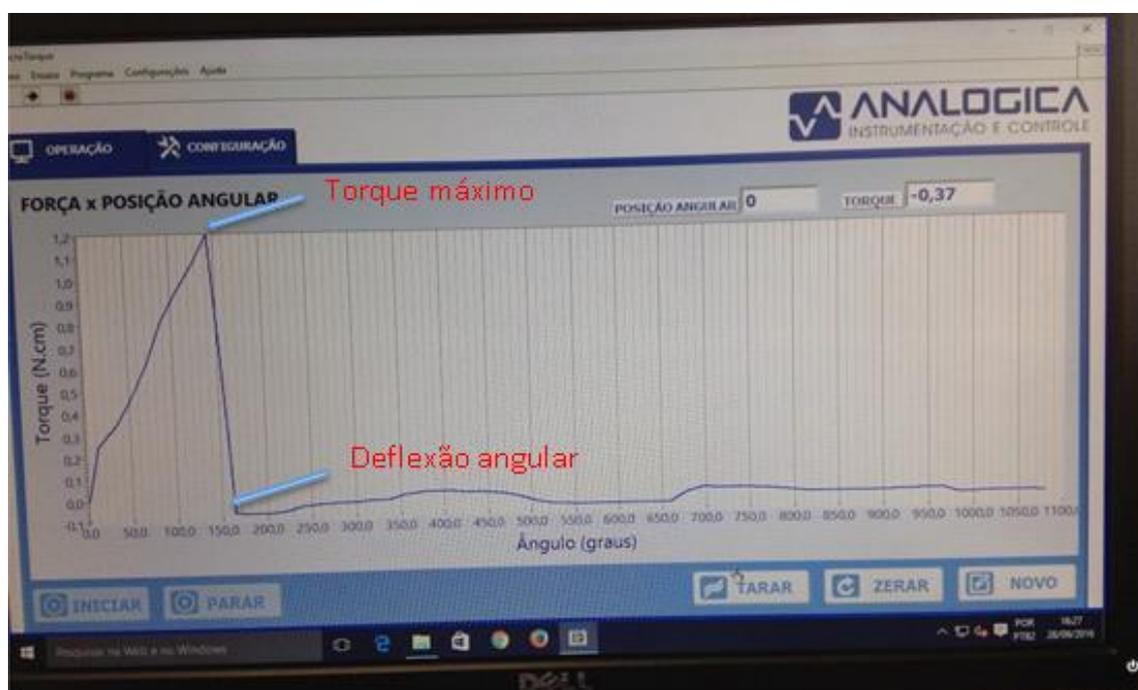


Figura 2. Programa de análise dos dados

3.2 Ensaio de fadiga cíclica

Para realização dos ensaios de fadiga cíclica foram utilizados um total de 20 instrumentos (n=10): Univy 3 25.06 e ProTaper 25.08. Previamente aos ensaios mecânicos, todos os instrumentos foram inspecionados para avaliar possíveis defeitos ou deformidades em estereomicroscópio (Stemi 2000C; Carls Zeiss, Jena, Alemanha) com 16X de magnificação.

O teste de fadiga cíclica foi realizado em um aparato que simula uma curvatura de um canal artificial de aço inoxidável com 600 de curvatura e 5 mm de raio, como descrito previamente por Alcalde et al. (2018) e Klymus et al. (2018) (Fig 3). A curvatura do canal foi ajustada por meio de um cilindro guia (5 mm de raio) e por um arco externo que apresenta um sulco de 1 mm de profundidade, o qual serviu como guia para os instrumentos e os mantiveram na curvatura girando livremente.

Foi acoplado neste aparato um motor elétrico VDW Silver Reciproc (VDW, Munique, Alemanha) e os instrumentos foram acionados com movimento rotatório de acordo com as indicações dos fabricantes (PTG 25.08 – 300 RPM e 2N.cm; U3 25.06 – 450 e 2.5 N.cm). Durante o teste, foi mensurada o tempo necessário até a fratura do instrumento, isto foi aferido por meio de um cronômetro digital e conformado por uma filmagem realizada concomitantemente ao teste. Após a mensuração do tempo para fratura, foi calculado o número de ciclos por meio do seguinte cálculo: tempo para a fratura (em segundos) X velocidade (rotação por minuto) / por 60.

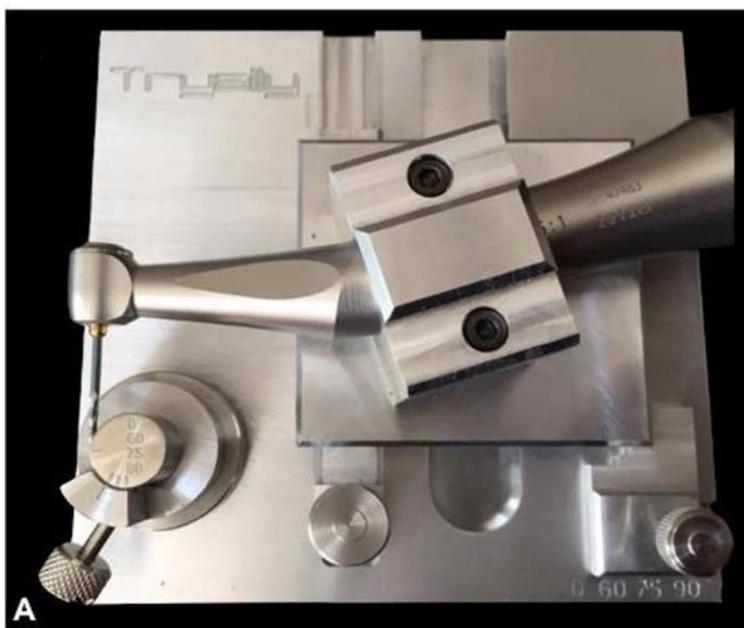


Figura 3. Dispositivo para o Teste de Fadiga

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos nos testes de fadiga cíclica e torcional foram analisados estatisticamente utilizando os testes de Kolmogorov-Smirnov e *t* de Student, com nível de significância de 5%.

5 RESULTADOS

Fadiga cíclica

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga cíclica estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento PTG 25.08 apresentou o maior tempo e NCF para a fratura em comparação com o instrumento U3 25.06 ($P < 0.05$).

Fadiga Torcional

Os valores de média e desvio padrão dos testes de fadiga torcional estão demonstrado na Tabela 1. O instrumento PTG 25.08 apresentou deflexão angular e menor torque para a fratura do que U3 25.06 ($P < 0.05$).

Instrumentos	Fadiga Cíclica				Fadiga torcional			
	Tempo (s)		Ciclos (NCF)		Torque (N.cm)		Deflexão angular (°)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
U3 25.06	98.3 ^b	85.18	735.0 ^b	219.1	2.4 ^a	0.13	237.1 ^b	13.38
PTG 25.08	151.3 ^a	107.8	906.0 ^a	27.17	1.7. ^b	0.09	421.0 ^a	8.28

Tabela 1. Média e Desvio padrão dos resultados de tempo, número de ciclos, torque e deflexão angular

Diferentes letras nas colunas indicam diferença estatística entre os grupos ($P < 0.05$).

Avaliação em MEV

A avaliação de MEV das superfícies fraturadas dos instrumentos utilizados nos teste de fadiga cíclica e torcional realizadas demonstraram características típicas de cíclica (Figura 4) e torcional (Figura 5).

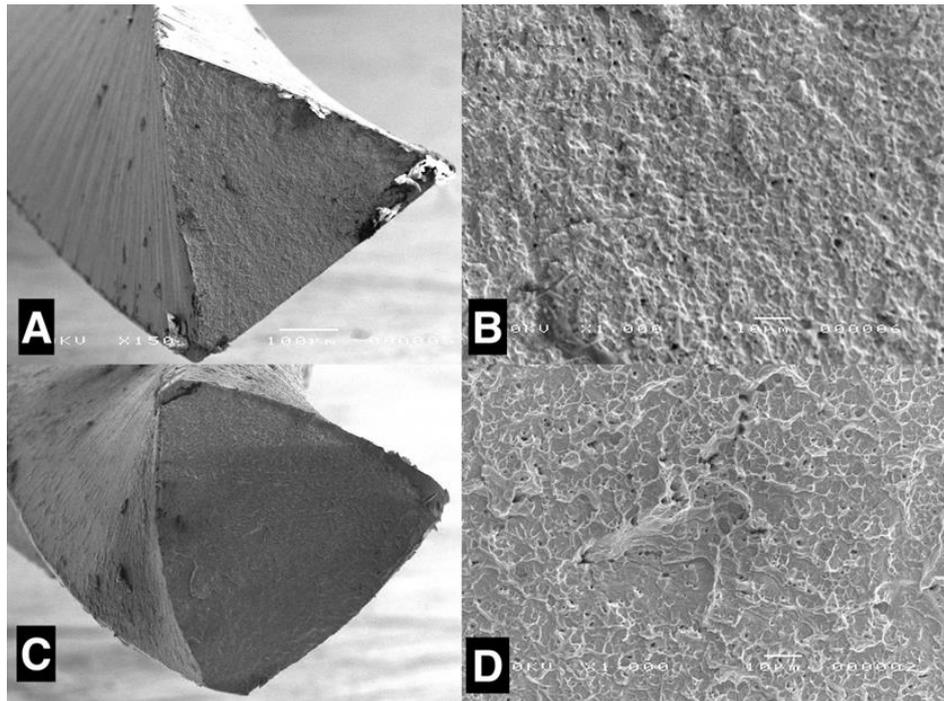


Figura 4: Imagens de MEV dos instrumentos PTG 25.08 (A) e U3 25.06 (C) após o teste de fadiga cíclica. As imagens B e D indicam as áreas de porosidade (Dimples), características típicas de fadiga cíclica

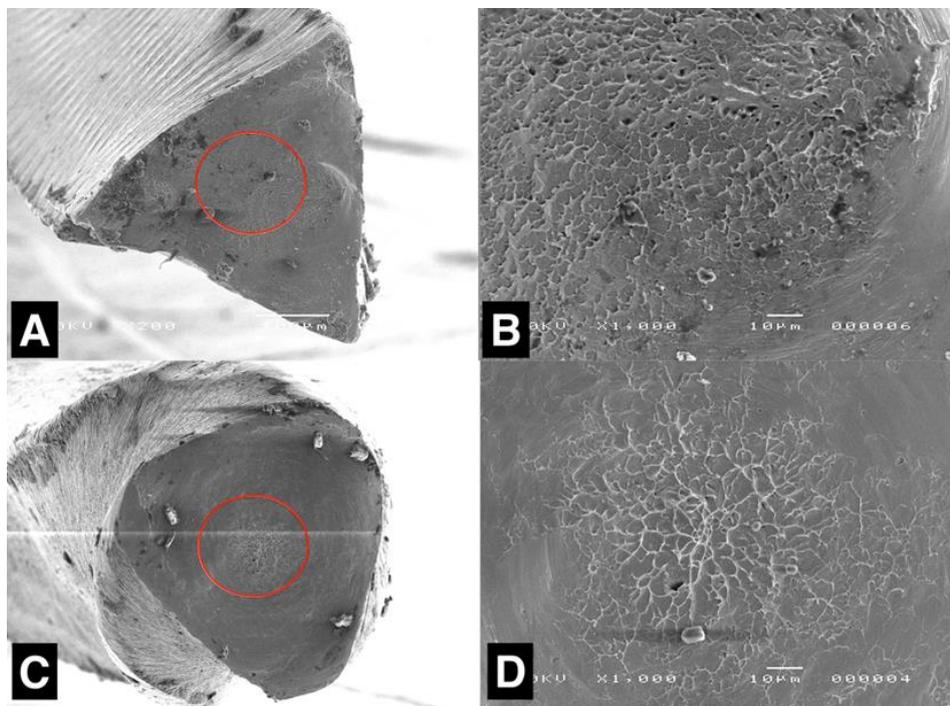


Figura 5: Imagens de MEV dos instrumentos PTG 25.08 (A) e U3 25.06 (C) após o teste de fadiga torcional. As áreas com círculo vermelho indicam as áreas de abrasões concêntricas, características típicas de fadiga torcional, sendo vista em maior aumento.

6 DISCUSSÃO

Diversos fatores podem afetar as propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi, como, por exemplo: o tamanho da ponta, conicidade, design da seção transversal e tipo de liga de NiTi (Kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018). Em função disso, os fabricantes propuseram diversas modificações para aumentar a segurança e efetividade dos instrumentos de NiTi durante o preparo do canal, e novos instrumentos foram desenvolvidos (Pedulla et al., 2016; kaval et al., 2016; Alcalde et al., 2018).

A metodologia usada nesse estudo foi similar à do estudo de Klymus et al. (2018). Foi usado o teste de fadiga cíclica estático foi empregado com o objetivo de reduzir algumas variáveis, como a amplitude axial e a velocidade do movimento, as quais são subjetivas, pois podem ser realizadas de diferentes formas pelos clínicos (De-Deus et al., 2010;Alcalde et al., 2018, Klymus et al., 2018). No entanto, o modelo escolhido para o teste de fadiga cíclica nesse trabalho foi a simulação de canais artificiais de aço inoxidável, como relatado anteriormente (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). No presente trabalho, o teste torcional foi feito de acordo com a especificação ISO 3630/1, como em estudos anteriores (Alcalde et al., 2017). A distância de 3 mm da ponta foi escolhida porque é o ponto mais suscetível à fratura durante o prepare de canais radiculares estreitos. Ademais, a rotação anti-horária foi usada para todos os instrumentos porque essa é a direção de suas espirais.

Os resultados desse estudo mostraram que o PTG 25.08 apresentou valores de tempo e NCF significativamente maiores do que o U3 25.06 ($p < 0,05$). Os instrumentos usados nesse estudo apresentam o mesmo tamanho de ponta (#25), tratamento térmico semelhantes e secção triangular. No entanto, o PTG possui conicidade 0.08 mm/mm e o U3 0.06 mm/mm. Portanto, seria plausível supor que a única diferença foi a conicidade.

Estudos prévios demonstraram que a conicidade apresenta uma significativa influência nas propriedades mecânicas dos instrumentos, pois afetam diretamente o volume de metal (Kaval et al., 2016; Pedulla et al., 2016 Alcalde et al., 2018). Sendo assim, instrumentos com conicidade 0.06 mm/mm, como o U3, deveriam apresentar maior resistência fadiga cíclica, menor torque e maior deflexão angular, contrapondo os resultados deste estudo. Portanto, acredita-se que há diferença entre os tratamentos térmicos, o que justificaria os resultados deste estudo.

Os tratamentos térmicos das ligas de NiTi possuem forte influência no comportamento da transformação martensítica/austenítica (Zupanc et al., 2018). A

presença de uma maior porcentagem de fase martensítica na liga de NiTi promove mais flexibilidade e maior resistência à fadiga (Kaval et al., 2016 Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018). Portanto, podemos especular que o instrumento PTG 25.08 deve apresentar maior porcentagem de martensite em sua liga metálica do que o U3 25.06, justificando os resultados deste estudo. Estudos futuros com diferencial de calorimetria devem ser conduzidos para confirmar essa hipótese.

Nesse estudo, o teste de torção avaliou a carga torcional máxima e a rotação angular para fratura enquanto os instrumentos giravam no sentido anti-horário. O teste de torção avaliou o comportamento torcional do instrumento quando submetido a um alto nível de estresse torcional (Alcalde et al., 2018). O segundo resultado desse estudo mostrou que PTG 25.08 apresentou menor força de torção quando comparado ao U3 25.06 ($p < 0,05$). Além disso, o PTG 25.08 suportou maior rotação angular até a fratura do que o U3 25.06 ($p < 0,05$). Esses resultados foram, provavelmente, relacionados aos diferentes tratamentos térmicos da liga de NiTi, assim como justificado anteriormente.

A análise em MEV mostrou características típicas da fadiga cíclica e torcional para ambos os instrumentos testados: após o teste de fadiga cíclica, todos os instrumentos avaliados mostraram áreas de iniciação de trincas e zonas de sobrecarga, com inúmeras ondulações espalhadas na superfície fraturada; após o teste de torção, os fragmentos apresentaram marcas concêntricas de abrasão e ondulações no centro de rotação (Alcalde et al., 2017; Alcalde et al., 2018; Klymus et al., 2018).

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações desse estudo, pode-se concluir que os tratamentos térmicos tiveram uma influência significativa nas propriedades mecânicas dos instrumentos de NiTi. O PTG 25.08 apresentou a maior resistência à fadiga cíclica e os maiores valores de rotação angular até a fratura, em comparação com o U3 25.06. No entanto, o U3 25.06 apresentou resistência torcional à fratura.

8 REFERÊNCIAS

Alcalde MP et al. Cyclic fatigue and torsional strength of three different thermally treated reciprocating nickel-titanium instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22,n. 4, p. 1865-1871, maio. 2018.

Alcalde MP et al. Cyclic and Torsional Fatigue Resistance of Reciprocating Single Files Manufactured by Different Nickel-titanium Alloys. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v.43, n. 7, p. 1186-1191, julho. 2017.

Alcalde M, Duarte MAH, Amoroso Silva PA, Souza Calefi PH, Silva E, Duque J, Vivian R. Mechanical Properties of ProTaper Gold, EdgeTaper Platinum, Flex Gold and Pro-T Rotary Systems. **Eur Endod J**. 2020 Dec;5(3):205-211. doi: 10.14744/ej.2020.48658. PMID: 33353917; PMCID: PMC7881372.

de Vasconcelos RA, Murphy S, Carvalho CA, Govindjee RG, Govindjee S, Peters OA. Evidence for Reduced Fatigue Resistance of Contemporary Rotary Instruments Exposed to Body Temperature. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 5, p. 782-787, maio. 2016.

Dosanjh A, Paurazas S, Askar M. The Effect of Temperature on Cyclic Fatigue of Nickel- titanium Rotary Endodontic Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 5, p. 823-826, maio. 2017.

Hieawy A, Haapasalo M, Zhou H, Wang ZJ, Shen Y. Phase Transformation Behavior and Resistance to Bending and Cyclic Fatigue of ProTaper Gold and ProTaper Universal Instruments. **J Endod**. 2015 Jul;41(7):1134-8. doi: 10.1016/j.joen.2015.02.030. Epub 2015 Apr 1. PMID: 25841955.

Jamleh A, Yahata Y, Ebihara A, Atmeh AR, Bakhsh T, Suda H. Performance of NiTi endodontic instrument under different temperatures. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 104, n. 3, p. 324-328, setembro. 2016.

Kaval ME, Capar ID, Ertas H. Evaluation of the Cyclic Fatigue and Torsional Resistance of Novel Nickel-Titanium Rotary Files with Various Alloy Properties. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 12, p. 1840-1843, dezembro. 2016.

Keskin C, Inan U, Demiral M, Keles A. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc Blue, Reciproc, and WaveOne Gold Reciprocating Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 43, n. 8, p. 1360-1363, agosto. 2017.

Klymus ME, Alcalde MP, Vivian RR, So MVR, de Vasconcelos BC, Duarte MAH. Effect of temperature on the cyclic fatigue resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, novembro. 2018. doi: 10.1007/s00784-018-2718-1.

Ozyurek T. Cyclic Fatigue Resistance of Reciproc, WaveOne, and WaveOne Gold Nickel- Titanium Instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 10, p. 1536-1539, outubro. 2016.

Pedulla E, Lo Savio F, Boninelli S, Plotino G, Grande NM, La Rosa G, et al. Torsional and Cyclic Fatigue Resistance of a New Nickel-Titanium Instrument Manufactured by Electrical Discharge Machining. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 42, n. 1, p. 156-159, janeiro. 2016.

Plotino G, Grande NM, Mercadé Bellido M, Testarelli L, Gambarini G. Influence of Temperature on Cyclic Fatigue Resistance of ProTaper Gold and ProTaper Universal Rotary Files. **J Endod.** 2017 Feb;43(2):200-202. doi: 10.1016/j.joen.2016.10.014. Epub 2016 Dec 15. PMID: 27989581.

Sattapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 26, n. 3, p. 161-165, março. 2000.

Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. **Journal of Endodontics**, Nova Iorque, v. 39, n. 2, p. 163-172, fevereiro. 2013.

Silva E, Vieira VTL, Hecksher F, Dos Santos Oliveira MRS, Dos Santos Antunes H, Moreira E JL. Cyclic fatigue using severely curved canals and torsional resistance of thermally treated reciprocating instruments. **Clinical Oral Investigations**, Berlim, v. 22, n. 7, p. 2633-2638, setembro. 2018.

Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schafer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. **International Endodontic Journal**, Londres, v. 51, n. 10, p. 1088-1103, outubro, 2018.