

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**ANA PAULA PEDROSO BRITO**

---

---

**Caracterização das dimensões da aresta lateral de corte  
e do núcleo dos instrumentos Mtwo<sup>®</sup>, ProTaper<sup>®</sup>,  
Wizard Navigator<sup>®</sup> e BioRace<sup>®</sup>**

---

---

**Goiânia  
2015**

---

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**     Dissertação     Tese

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**


Nome completo do autor: Ana Paula Pedroso Brito

Título do trabalho: Caracterização das dimensões da aresta lateral de corte e do núcleo dos instrumentos Mtwo<sup>®</sup>, ProTaper<sup>®</sup>, Wizard Navigator<sup>®</sup> e BioRace<sup>®</sup>

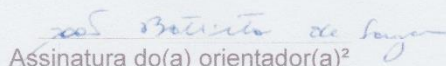
**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 07 / 06 / 2018

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

**ANA PAULA PEDROSO BRITO**

---

**Caracterização das dimensões da aresta lateral de corte  
e do núcleo dos instrumentos Mtwo<sup>®</sup>, ProTaper<sup>®</sup>,  
Wizard Navigator<sup>®</sup> e BioRace<sup>®</sup>**

---

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação da Faculdade de  
Odontologia da Universidade Federal de  
Goiás para obtenção do título de Mestre em  
Odontologia.

**Orientador: Prof. Dr. João Batista de Souza**

**Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela**

**Goiânia  
2015**

Brito, Ana Paula Pedroso

Caracterização das dimensões da aresta lateral de corte e do núcleo dos instrumentos Mtwo®, ProTaper®, Wizard Navigator® e BioRace® [manuscrito] / Ana Paula Pedroso Brito. - 2015.

viii, 23 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Batista de Souza; co-orientador Dr. Carlos Estrela.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Odontologia (FO) , Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Goiânia, 2015.

Bibliografia.

Inclui siglas, abreviaturas, símbolos, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Instrumentos endodônticos. 2. Fratura. 3. Tratamento endodôntico. 4. Instrumento de NiTi. 5. Preparo do canal radicular. I. Souza, João Batista de, orient. II. Estrela, Carlos, co-orient. III. Título.



Ministério da Educação  
Universidade Federal de Goiás  
Faculdade de Odontologia  
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

Ata de Defesa de Dissertação número 142

Aos dez dias do mês de março de 2015, às 08:30 horas, reuniu-se na sala 62 da Faculdade de Odontologia, a Comissão Julgadora infranomeada para proceder ao julgamento da Defesa de Dissertação de **Ana Paula Pedroso Brito** intitulada "Relação entre a aresta lateral de corte e o núcleo dos instrumentos Mtwo, ProTaper, Wizard Navigator e BioRace", como parte de requisitos necessários à obtenção do título de **Mestre**, área de concentração **Clinica Odontológica**. Inicialmente, Prof. Dr. Carlos Estrela apresentou a Comissão Examinadora da qual é presidente, e concedeu a palavra a candidata, para exposição de sua dissertação em trinta minutos. A seguir, o senhor presidente concedeu a palavra aos examinadores, os quais passaram a arguir a candidata conforme os termos regimentais. Finalizada a arguição, a Comissão expressou seu Julgamento conforme abaixo:

**Comissão Examinadora**

Prof. Dr. Carlos Estrela- Presidente  
Prof. Dr. Daniel de Almeida Decúrcio- Membro  
Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes - Membro

**Aprovado(a)/Reprovado(a)**

Aprovado  
APROVADO  
APROVADO

Em face do resultado obtido, a Comissão Examinadora considerou a candidata Ana Paula Pedroso Brito

Aprovada – A candidata deverá fazer as modificações eventualmente sugeridas e apresentar a versão definitiva à Coordenadoria do Programa em no máximo trinta (30) dias após a defesa (artigo 57 da Resolução CEPEC 1136/2013 que regulamenta este Programa).

( ) Reprovada – A candidata ( ) poderá ( ) não poderá submeter-se a outra defesa em um prazo de ..... dias (mínimo 30, máximo 90 dias) (artigo 55, parágrafo 2º, Resolução CEPEC 1136/2013).

Alteração de título da dissertação? ( ) Não (x) Sim, para Caracterização das dimensões da aresta lateral de corte e do núcleo dos instrumentos Mtwo, ProTaper, Wizard Navigator e BioRace.

Outras observações da Comissão Examinadora (se necessário): \_\_\_\_\_

Nada mais havendo a tratar eu, Gláucia Terra e Silva, secretária do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, lavrei a presente ata que segue assinada pelos membros da Comissão Examinadora, pelo candidato e por mim.

**Comissão Examinadora**

**Assinatura**

Prof. Dr. Carlos Estrela– Presidente

Prof. Dr. Daniel de Almeida Decúrcio – Membro

Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes - Membro

Carlos Estrela  
Daniel de Almeida Decúrcio  
Orlando Aguirre Guedes

**Candidata**

Ana Paula Pedroso Brito

Ana Paula P. Brito

**Secretária**

Gláucia Terra e Silva

Gláucia Terra e Silva

## DEDICATÓRIA

---

*Dedico esse trabalho a Deus, por me agraciar com a força para subir mais este degrau.*

*Dedico também ao meu noivo Felipe, que me ajudou chegar até este momento.*

*A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.*

*(Albert Einstein)*

## AGRADECIMENTOS

---

Primeiramente a Deus, por sua graça e misericórdia, que me alcançam todos os dias. Sem Ele nada disso seria possível.

Ao meu noivo Felipe, pessoa maravilhosa que tive o prazer de conhecer no mestrado. Peça fundamental na realização desse sonho, me ajudou de todas as maneiras possíveis, se hoje cheguei até aqui foi porque um dia ele não me deixou desistir.

Aos meus pais, minha irmã e meu irmão, que sempre deram asas aos meus sonhos e sempre me ajudaram a voar, mesmo quando o resto do mundo dizia ser impossível.

Aos meus avós Nadir e Gil, pelo exemplo lindo de que é possível realizarmos nossos sonhos apesar de todas as dificuldades. E à minha linda e amada vó Cida (*in memoriam*), que, mesmo já fazendo quase 15 anos que se foi, mora no meu coração, e mesmo não estando presente continua sendo uma das minhas grandes incentivadoras.

Ao meu orientador, Professor João Batista de Souza. Tudo isso está sendo possível pela sua grande contribuição, não só como orientador, mas também pelos ensinamentos de vida. Hoje, depois de tudo que passei para chegar até aqui e a maneira como me ajudou, não o considero apenas um orientador, mas um segundo pai que a profissão me deu. Muito obrigada professor João.

Ao meu co-orientador, Professor Carlos Estrela, que não me conhecia, não sabia quem eu era, e mesmo assim me deu uma oportunidade única que mudou a minha vida em todos os sentidos. Talvez eu não tenha sido a aluna que esperava que eu fosse, mas me esforcei ao máximo e serei eternamente grata por ter me dado essa grande oportunidade.

Aos professores Ana Helena, Hugo Alexandre e Daniel Decurcio, com os quais tive oportunidade de aprender muito. Sempre solícitos a me ajudar, pessoas que admiro muito e que vou levar sempre como exemplos de profissionais que quero seguir.



À minha grande amiga e eterna professora Ana Paula Mundim, que sonhou mais alto do que eu, segurou a minha mão e continua sendo a minha mestre. Esse sonho também é seu!

Aos amigos que tive o privilégio de fazer no mestrado, Hianne, Mariana Nakatani, Heloísa Gomes, Mayara Viandelli e Juliana Lawder, amizades que sei que vou levar por toda a vida.

À minha turma, que será inesquecível. Pessoas com características bem peculiares, mas que sempre estavam dispostas a ajudar uns aos outros. Aprendi muito com cada um de vocês. Principalmente Mônica, Luma, Giulliano, Roberto e Alessandra, pessoas que tive mais proximidade na turma e que guardo com carinho no meu coração.

À secretária da pós-graduação Gláucia, que sempre se mostrou solícita para nos ajudar, não só na pós-graduação. Com seu coração gigante, sempre demonstrou preocupação e cuidado com cada um dos discentes.

A todos vocês o meu muito obrigada.

## SUMÁRIO

---

FIGURAS, QUADROS E TABELAS.....	ix
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	x
<b>RESUMO.....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>22</b>
<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>

## **FIGURAS, QUADROS E TABELAS**

---

- Figura 1 Esquema demonstrativo do desgaste do instrumento. 1A – Mensuração do diâmetro do instrumento nas regiões das cinco primeiras arestas laterais de corte, com paquímetro digital. 1B – Desgaste do instrumento com disco diamantado até atingir a metade do diâmetro do instrumento. 19
- Figura 2 Figura 2. Imagens em MEV das superfícies desgastadas dos instrumentos endodônticos estudados, com as delimitações das áreas da aresta lateral de corte e do núcleo: 2A - Mtwo® #30/.05 segunda aresta; 2B - ProTaper® #30/.09 segunda aresta; 2C – Wizard Navigator® #30/.06 quinta aresta; 2D - BioRace® #35/.04 segunda aresta. 20
- Tabela 1 Valores correspondentes às mensurações da área da aresta de corte e do núcleo ( $\mu\text{m}^2$ ). 23
- Tabela 2 Valores correspondentes às relações entre as áreas da aresta de corte e do núcleo. 24

## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

---

ANOVA	Análise de variâncias
LabMic	Laboratório Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução
®	Marca registrada
µm	Micrômetro
µm <sup>2</sup>	Micrômetro quadrado
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
mm	Milímetro
NiTi	Níquel-titânio
#	Número
%	Por cento
rpm	Rotações por minuto
UFG	Universidade Federal de Goiás

## RESUMO

---

**Objetivo:** Relacionar a aresta lateral de corte e o núcleo de instrumentos endodônticos de níquel-titânio de rotação contínua Mtwo® #30/.05, ProTaper® #30/.09, Wizard Navigator® #30/.06 e BioRace® 35/.04. **Material e métodos:** Os instrumentos foram medidos com paquímetro digital para aferição do seu diâmetro nas cinco primeiras arestas de corte e desgastados longitudinalmente com disco diamantado flexível dupla face até atingir metade do diâmetro do instrumento nas regiões das arestas laterais de corte. A seguir, as amostras foram fixadas em *stubs* e obtidas as imagens por microscopia eletrônica de varredura com aumento de 60X. Foram realizadas mensurações das áreas da aresta lateral de corte e do núcleo, e a razão entre estas medidas utilizando o software AxioVision®. A análise estatística foi realizada por meio da ANOVA e do Teste de Tukey para comparação entre os grupos. **Resultados:** Houve diferença significativa entre as áreas das arestas para todos os instrumentos. O instrumento Mtwo® #30/.05 apresentou as maiores áreas do núcleo, com diferença significativa para todos os demais instrumentos, à exceção do Wizard Navigator® #30/.06 na região da segunda aresta. A relação entre a área da aresta de corte e do respectivo núcleo mostrou que a aresta representou áreas que variaram de 3% a 28% do núcleo. **Conclusões:** As dimensões da aresta lateral de corte foram inferiores às do núcleo em todos os instrumentos. O Wizard Navigator® #30/.06 apresentou uma relação entre as dimensões da aresta em relação ao núcleo inferiores aos demais.

**Palavras-chave:** Instrumentos endodônticos, fratura, tratamento endodôntico, instrumento de NiTi, preparo do canal radicular.

## ABSTRACT

---

**Purpose:** to determine flute-to-shank ratio of rotatory nickel-titanium instruments Mtwo<sup>®</sup> #30/.05, ProTaper<sup>®</sup> #30/.09, Wizard Navigator<sup>®</sup> #30/.06 and BioRace<sup>®</sup> 35/.04. **Material and methods:** Instruments' diameter were measured with a digital caliper in the first five flutes and abraded longitudinally by a diamond disk until instrument half diameter was achieved in flutes region. The samples were then fixed in stubs and SEM images were performed at 60X magnification. The flutes and shanks areas were measured, and flute-to-shank ratio was achieved using software AxioVision<sup>®</sup>. Statistical analysis was performed by ANOVA and Tukey's Test for comparison between groups. **Results:** There was significant statistical difference for flutes areas. Mtwo<sup>®</sup> #30/.05 had the higher shank areas and was significantly different from the other instruments, except for Wizard Navigator #30/.06 at the second flute site. Flute-to-shank ratio showed a 3-28% variation. **Conclusions:** Flutes dimensions were lower than shanks'. Wizard Navigator<sup>®</sup> #30/.05 had lower flute-to-shank ratio than other files. **Keywords:** Endodontic instruments, fracture, endodontic treatment, nickel-titanium instruments, root canal preparation.

## 1 INTRODUÇÃO

---

O uso da liga de níquel-titânio nos instrumentos endodônticos permitiu um expressivo avanço na qualidade do preparo do canal radicular. No preparo de canais radiculares curvos, o aço inoxidável não é flexível o suficiente para a manutenção do trajeto original do canal radicular, o que favorece alterações morfológicas, como degraus, desvios e/ou perfurações radiculares (LOPES *et al.*, 1998; PETERS *et al.*, 2000; ESTRELA *et al.*, 2014).

A fratura do instrumento de níquel-titânio é um acidente operatório que pode representar uma séria complicação ao prognóstico do tratamento endodôntico, uma vez que qualquer acidente que possa levar ao comprometimento do controle microbiano pode aumentar o risco ao fracasso do tratamento (ALENCAR *et al.*, 2010; PANITVISAI *et al.*, 2010).

Vários estudos analisaram diferentes fatores envolvidos na fratura dos instrumentos endodônticos (BIZ & FIGUEIREDO, 2004; BERUTTI *et al.*, 2006; DI FIORE *et al.*, 2006; TRIPI *et al.*, 2006; TROIAN *et al.*, 2006; WOLCOTT *et al.*, 2006; BARBOSA *et al.*, 2008; CHEUNG & DARVELL, 2008; ZINELIS *et al.*, 2008; LOPES *et al.*, 2009; SHEN *et al.*, 2009a; SHEN *et al.*, 2009b; CONDORELLI *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2010; KOSTI *et al.*, 2011; LOPES *et al.*, 2011; WU *et al.*, 2011; AL-SUDANI *et al.*, 2012; JAMLEH *et al.*, 2012; AL-HADLAQ, 2013; PEDULLA *et al.*, 2014; POP *et al.*, 2014; SHANTIAEE *et al.*, 2014). Dentre as características de fratura do instrumento endodôntico que têm sido bem discutidas, incluem: a fratura por flexão rotativa e por torção. A primeira ocorre quando o instrumento é utilizado em um canal curvo, quando ocorre a contração na área interna de sua curvatura, e tração na área externa. Estas tensões alternadas de tração e contração submetem o

material a mudanças microestruturais cumulativas que promovem o aparecimento e aumento de trincas, o que leva à fratura quando o mesmo for submetido ao seu limite de resistência. Quanto maior o diâmetro do instrumento no ponto máximo de concentração de tensão, menor será o número de ciclos até a fratura por fadiga. Outra forma é a fratura por torção. Esta ocorre quando a ponta do instrumento fica presa na parede do canal radicular, e uma força de rotação é aplicada ao instrumento superior ao limite de resistência à fratura por torção. Dentre vários fatores que podem influenciar a fratura por torção, estão a conicidade, o desenho e o diâmetro do núcleo. O ângulo máximo em torção ou rotação é menor quanto maior for o diâmetro (CHEUNG, 2009; LOPES *et al.*, 2009; LOPES & SIQUEIRA JÚNIOR, 2010; LOPES *et al.*, 2011; MCGUIGAN *et al.*, 2013).

Os instrumentos Mtwo<sup>®</sup>, ProTaper<sup>®</sup> e BioRace<sup>®</sup> foram analisados quanto à resistência à fadiga cíclica em trabalhos científicos que utilizaram a mesma metodologia em canais artificiais. Os instrumentos Mtwo<sup>®</sup> #40 apresentaram o maior número de ciclos quando a curvatura estava localizada na região apical (851,67) e com resultado bem inferior quando a curvatura era localizada na região cervical (437,27). O instrumento BioRace<sup>®</sup> BR5C (#40) apresentou número de ciclos de 434<sup>®</sup> com curvatura na região apical. Já o instrumento ProTaper<sup>®</sup> F4 (#40) apresentou número de ciclos inferior aos demais (281 ciclos) com a curvatura localizada na ponta (LOPES *et al.*, 2009; LOPES *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011). Tripi *et al.* (2006), que também verificaram a resistência à fadiga cíclica de instrumentos #25 em canais artificiais com curvatura próxima à ponta dos instrumentos, mostrou que o RaCe<sup>®</sup> apresentou resultado superior (44,9 segundos) que o Mtwo<sup>®</sup> (21,8 segundos).



Zinelis *et al.* (2008) avaliaram a dureza interna de limas de aço inoxidável Kerr e Hedström e instrumentos de níquel-titânio ProFile, NRT e Liberator. Em todos os instrumentos endodônticos se verificou que a dureza era maior na superfície e menor no interior do núcleo do instrumento. Este resultado pode ser devido ao processo de fabricação, devido ao desgaste e tratamento térmico a que são submetidos. Deste modo, a menor flexibilidade na superfície do instrumento pode facilitar o aparecimento de microfraturas no mesmo, favorecendo à ocorrência da separação de fragmento.

Wu *et al.* (2011) avaliaram variáveis relacionadas à fratura de instrumentos rotatórios ProTaper em tratamentos endodônticos. Verificaram que 91,4% dos fragmentos separados se encontravam no terço apical da raiz. Este fato pode se justificar devido ao menor diâmetro do instrumento nesta região, conferindo-lhe menor resistência. Além disso, esta é a região que normalmente é submetida à flexão rotativa, estando susceptível fadiga cíclica.

Biz & Figueiredo (2004) avaliaram a relação entre a dimensão da aresta de corte e do núcleo na região da primeira, terceira e quinta arestas de corte dos instrumentos de diâmetro inicial #30: ProFile .04, ProFile .06, Pow R .02, Pow R .04 e Quantec 2000. A relação entre as arestas e o núcleo mostrou-se proporcional em todos. Foi observado também que o instrumento Quantec 2000 apresentava aresta de corte de maior área em relação aos demais, o que poderia ser responsável por um reforço na estrutura deste instrumento.

Uma vez que a dimensão da aresta pode relacionar-se com a dimensão do núcleo, influenciando diretamente os fatores associados à ocorrência de fraturas de instrumentos, como a flexibilidade do instrumento, torna-se oportuno

avaliar a relação entre a aresta de corte e o núcleo dos novos instrumentos endodônticos rotatórios disponíveis no mercado. O objetivo do presente estudo foi relacionar a aresta lateral de corte e o núcleo de instrumentos endodônticos de níquel-titânio de rotação contínua.

## 2 OBJETIVOS

---

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Relacionar a aresta lateral de corte e o núcleo de instrumentos endodônticos de níquel-titânio de rotação contínua.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir a área da aresta lateral de corte de instrumentos de níquel-titânio de rotação contínua Mtwo® #30/.05, ProTaper® #30/.09, Wizard Navigator® #30/.06 e BioRace® 35/.04;
- Mensurar a área do núcleo respectivo à região de cada aresta lateral de corte de instrumentos de níquel-titânio de rotação contínua Mtwo® #30/.05, ProTaper® #30/.09, Wizard Navigator® #30/.06 e BioRace® 35/.04;
- Obter a relação entre as mensurações da aresta lateral de corte a seu respectivo núcleo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

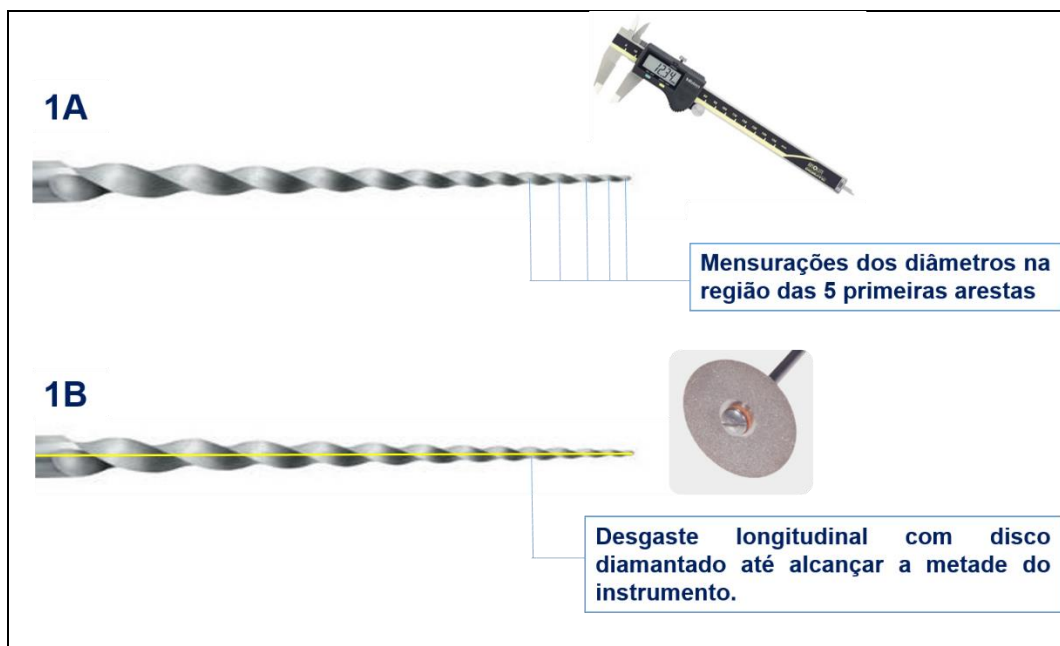
---

O método do presente estudo foi baseado em trabalho previamente desenvolvido e publicado (BIZ & FIGUEIREDO, 2004).

Os instrumentos endodônticos de rotação contínua foram distribuídos em quatro grupos: 1 - Mtwo® #30/.05 (VDW, Munique, Alemanha); 2 - ProTaper® Universal F3 #30/.09 (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça); 3 - Wizard Navigator® #30/.06 (Medin, Nové Město na Moravě, República Tcheca); 4 - BioRace® BR4 35/.04 (FKG Dentaire, La Chaux de Fonds, Suíça), com três instrumentos de cada.

Os instrumentos foram medidos em um único plano com paquímetro digital com resolução de 0,01mm (Mitutoyo MTI Corporation, Tóquio, Japão) para aferição do seu diâmetro transversal nas regiões das cinco primeiras arestas de corte. Foi confeccionada uma base a partir da caixa de instrumento endodôntico, permitindo a fixação do conjunto em morsa presa à bancada para permitir imobilização da peça e precisão durante o desgaste do instrumento.

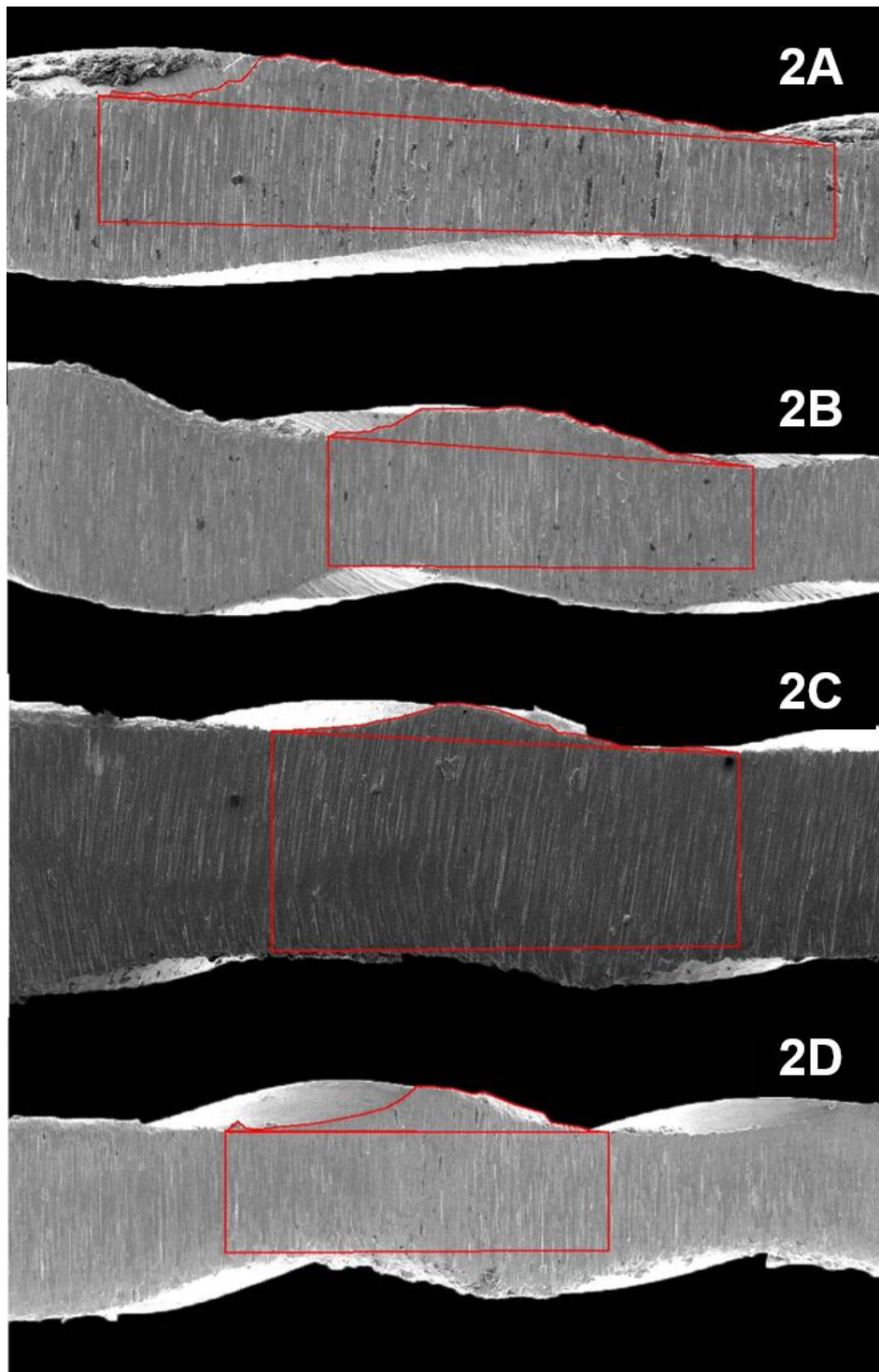
O desgaste longitudinal foi realizado com auxílio de disco diamantado flexível dupla face #7016 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) até atingir metade do diâmetro do instrumento em cada aresta lateral de corte. Para confirmação do desgaste os instrumentos foram medidos com paquímetro digital durante todo o processo. Posterior à obtenção dos padrões de desgaste os instrumentos foram removidos da base e os *debris* foram limpos em água corrente. A sequência do desgaste pode ser visualizada na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema demonstrativo do desgaste do instrumento. 1A – Mensuração do diâmetro do instrumento nas regiões das cinco primeiras arestas laterais de corte, com paquímetro digital. 1B – Desgaste do instrumento com disco diamantado até atingir a metade do diâmetro do instrumento.

Em seguida, as amostras foram fixadas em *stubs* e foram obtidas as imagens por microscopia eletrônica de varredura (MEV Leo Stereoscan 420i, Leica Electron Optics, Cambridge Instruments, Cambridge, Reino Unido) das superfícies desgastadas com aumento de 60X (LabMic, UFG).

As imagens de MEV foram transferidas para o *software* AxioVision (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Alemanha) para realização das mensurações das áreas, em micrômetros quadrados ( $\mu\text{m}^2$ ) do núcleo e da aresta lateral de corte. Para mensuração da área da aresta lateral de corte foi traçada sua delimitação externa, usando como limites longitudinais os pontos mais profundos dos canais helicoidais superior e inferior à aresta lateral de corte. Para a área do núcleo foram utilizados os mesmos limites longitudinais (Figura 2).



**Figura 2.** Imagens em MEV das superfícies desgastadas dos instrumentos endodônticos estudados, com as delimitações das áreas da aresta lateral de corte e do núcleo: 2A - Mtwo® #30/.05 segunda aresta; 2B - ProTaper® #30/.09 segunda aresta; 2C – Wizard Navigator® #30/.06 quinta aresta; 2D - BioRace® #35/.04 segunda aresta.

Após as mensurações das áreas foram realizadas as razões entre as medidas da aresta e a do núcleo em cada instrumento, e em cada uma das regiões analisadas (segunda, terceira, quarta e quinta arestas laterais de corte). A primeira aresta de corte foi excluída do estudo, pois tem como limite inferior a ponta do instrumento, o que não permite delimitar a aresta de corte e o núcleo segundo o método descrito no parágrafo anterior.

Para análise estatística foram aplicados a Análise de Variâncias (ANOVA) para verificar diferenças entre as medidas obtidas para os instrumentos, com uso do Teste de Tukey para comparação entre os grupos, com nível de significância de 5%. Utilizou-se o *software* IBM® SPSS® statistics 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

## 4 RESULTADOS

---

A área da aresta de corte apresentou aumento progressivo quanto mais distante da ponta era a aresta mensurada. Quanto à área da aresta lateral de corte, os instrumentos se mostraram diferentes. O Wizard Navigator® #30/.06 apresentou área da aresta inferior aos demais instrumentos ( $P < 0,05$ ).

Em todos os instrumentos, a área da aresta lateral de corte foi menor que a de seu respectivo núcleo. Com relação à área do núcleo, o instrumento Mtwo® #30/.05 apresentou as maiores áreas, com diferença significativa para todos os demais instrumentos. Os resultados das áreas da aresta lateral de corte e do núcleo estão descritos em detalhes na Tabela 1.

A relação entre a área da aresta de corte e do respectivo núcleo mostrou que a aresta representou áreas que variaram de 3% a 28% da área do núcleo. O Wizard Navigator® #30/.06 apresentou a menor relação, com suas arestas de corte representando 3% a 5,7% do núcleo e com diferença significativa ( $P < 0,05$ ) com todos os demais instrumentos em todas as regiões analisadas. Já o ProTaper® #30/.04 apresentou a maior relação, com a aresta representando de 23,7% a 28% da área do núcleo, e sem diferença significativa com o Mtwo® #30/.05 (20,7% a 24,5%) em todas as arestas. Estes dados podem ser observados na Tabela 2.



Tabela 1. Valores correspondentes às mensurações da área da aresta de corte e do núcleo ( $\mu\text{m}^2$ ).

Variável	Mtwo® #30	ProTaper® #30	Wizard Navigator® #30	BioRace® #35
Aresta 2	50052,00 <sup>a</sup>	39833,33 <sup>b</sup>	9743,75 <sup>c</sup>	25189,49 <sup>d</sup>
Aresta 3	97497,19 <sup>a</sup>	50261,72 <sup>b</sup>	12645,14 <sup>c</sup>	26794,90 <sup>d</sup>
Aresta 4	140805,60 <sup>a</sup>	70240,97 <sup>b</sup>	15381,78 <sup>c</sup>	41333,33 <sup>d</sup>
Aresta 5	183304,39 <sup>a</sup>	87711,11 <sup>b</sup>	22584,02 <sup>c</sup>	49725,18 <sup>d</sup>
Núcleo 2	240812,83 <sup>a</sup>	168219,44 <sup>b</sup>	209359,72 <sup>ac</sup>	195407,87 <sup>bc</sup>
Núcleo 3	418554,06 <sup>a</sup>	195300,00 <sup>b</sup>	240777,77 <sup>c</sup>	229352,08 <sup>c</sup>
Núcleo 4	573787,25 <sup>a</sup>	165906,25 <sup>b</sup>	339465,97 <sup>c</sup>	281000,00 <sup>b</sup>
Núcleo 5	816198,45 <sup>a</sup>	312473,19 <sup>b</sup>	394608,33 <sup>c</sup>	319643,05 <sup>b</sup>

<sup>abcd</sup> As letras comparam os grupos de instrumentos para cada variável (linhas) pelo Teste de Tukey. Diferença estatisticamente significante ( $P < 0,05$ ) entre os instrumentos para diferentes letras.

Tabela 2. Valores correspondentes às relações entre as áreas da aresta de corte e do núcleo.

Variável	Mtwo® #30	ProTaper® #30	Wizard Navigator® #30	BioRace® #35
Área 2	20,7% <sup>a</sup>	23,7% <sup>a</sup>	4,6% <sup>b</sup>	13,0% <sup>c</sup>
Área 3	23,3% <sup>a</sup>	25,9% <sup>a</sup>	5,2% <sup>b</sup>	11,6% <sup>c</sup>
Área 4	24,5% <sup>a</sup>	26,4% <sup>a</sup>	3,0% <sup>b</sup>	14,7% <sup>c</sup>
Área 5	22,4% <sup>a</sup>	28,0% <sup>a</sup>	5,7% <sup>b</sup>	15,5% <sup>c</sup>

<sup>abc</sup> As letras comparam os grupos de instrumentos para cada variável (linhas) pelo Teste de Tukey. Diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre os instrumentos para diferentes letras.

## 5 DISCUSSÃO

---

O conhecimento das características estruturais e morfológicas dos instrumentos endodônticos de níquel-titânio são importantes na seleção para o preparo de canais radiculares curvos. Nos instrumentos fabricados por desgaste, a resistência tanto à fratura por flexão rotativa como à torção mostra-se maior quanto menor o número de arestas laterais de corte (SCHAFER & TEPEL, 2001). (BIZ & FIGUEIREDO, 2004) enfatizam ainda que uma maior área da aresta lateral de corte pode representar um reforço estrutural nesta região.

Os instrumentos ProTaper® e Mtwo® apresentaram a maior proporção entre a área da aresta lateral de corte e do núcleo do que os instrumentos BioRace® e Wizard Navigator®. Esta maior aresta, com maior área e menor quantidade de arestas laterais de corte, pode contribuir para maior resistência à fratura. Deve-se enfatizar que outros fatores afetam as propriedades dos instrumentos relativas à fratura, em especial quando aplicados clinicamente (SCHAFER & TEPEL, 2001; CHEUNG, 2009; LOPES *et al.*, 2009; LOPES *et al.*, 2010; LOPES *et al.*, 2011; MCGUIGAN *et al.*, 2013; PEDULLA *et al.*, 2014).

A relação entre as dimensões da aresta lateral de corte e do núcleo do instrumento Wizard Navigator® foi inferior aos demais instrumentos endodônticos analisados. Esta relação pode refletir possibilidade de menor resistência à fratura por flexão rotativa na região da aresta por apresentar menor área de reforço e maior número de arestas (SCHAFER & TEPEL, 2001; BIZ & FIGUEIREDO, 2004). Entretanto, seu núcleo de grande área em relação à aresta pode representar um reforço à resistência à fratura por torção, mas mais um fator que pode contribuir a menor resistência à fadiga cíclica. Uma vez que o torque influencia na fratura

por torção, e este é diretamente afetado pelo raio do instrumento, um núcleo maior representa um reforço à fratura por torção. Mas quanto maior a estrutura do núcleo, menor flexibilidade, tornando o instrumento menos resistente à fadiga cíclica (LOPES & SIQUEIRA JÚNIOR, 2010).

Os instrumentos selecionados no presente estudo (#30 e #35), são instrumentos normalmente utilizados no preparo dos canais radiculares curvos. Wu *et al.* (2000) verificaram que os canais radiculares têm, em média, diâmetro máximo a 1mm do ápice, que variam de 0,18mm a 0,37mm em pré-molares, e de 0,19mm a 0,46mm em molares. A determinação do diâmetro anatômico é mais precisa quando realizado previamente o preparo cervical (TENNERT *et al.*, 2010). Deste modo, visto que deve-se ampliar os canais radiculares além do diâmetro anatômico inicial, o preparo deve ser realizado até instrumentos com os diâmetros de 0,30mm ou superior na maioria dos canais radiculares.

Nos instrumentos endodônticos utilizados no presente estudo, devido às distintas conicidades, não houve possibilidade de padronização das conicidades avaliadas. Para o sistema BioRace<sup>®</sup>, o instrumento endodôntico utilizado foi o BR4, cujo diâmetro inicial é #35, uma vez que este sistema não apresenta instrumento #30, sendo escolhido o mais próximo ao mesmo e que pudesse ser considerado como último instrumento para finalizar o preparo do canal radicular.

As arestas laterais de corte da região mais próxima à ponta dos instrumentos foram selecionadas por constituir o local onde ocorre a maior quantidade das fraturas. Segundo estudo de Wang *et al.* (2014), 72,2% das fraturas em instrumentos Mtwo<sup>®</sup> ocorrem até 4mm da ponta do instrumento.

A metodologia deste trabalho foi baseada no estudo de Biz & Figueiredo (2004). Este método se mostrou efetivo para obter com precisão as medidas da aresta de corte e do núcleo, o que permite comparar os valores destas partes. Entretanto, o desgaste dos instrumentos foi realizado de forma diferente. Foi utilizado disco diamantado para o desgaste, que se mostrou mais rápido para a execução do mesmo. Contudo, exige-se maior cuidado e habilidade para que seja alcançado o desgaste na metade exata do instrumento, e mais medições do instrumento com o paquímetro até chegar na medida desejada, evitando desgaste excessivo. O aumento em 60X obtido por microscopia eletrônica de varredura, conforme descrito por Biz & Figueiredo (2004), permitiu a mensuração da área de cada aresta lateral de corte, assim como da respectiva área do núcleo, com precisão micrométrica. O *software* AxioVision<sup>®</sup>, utilizado em estudo anterior (MACHADO *et al.*, 2013) permitiu a delimitação externa destas áreas com precisão.

Os resultados confirmaram que todos os instrumentos apresentaram conicidade positiva ao longo do instrumento e com proporção semelhante entre as áreas da aresta de corte e do núcleo nas diferentes regiões estudadas. Além disso, os três instrumentos avaliados de cada tipo não apresentaram diferenças significativas nos valores das áreas mensuradas, o que mostra a manutenção de uma padronização na fabricação dos instrumentos para todos os fabricantes estudados.

Os valores da área do núcleo foram diretamente influenciados pelo *design* da aresta lateral de corte do instrumento, uma vez que seus limites superior e inferior foram definidos a partir dos pontos mais profundos dos canais helicoidais

superior e inferior. Deste modo, um instrumento que apresentava uma aresta de corte de maior comprimento teria a tendência a apresentar maior área do núcleo. Este fato pode ser exemplificado pelos resultados das áreas dos núcleos dos instrumentos Mtwo<sup>®</sup>. Suas arestas de grande comprimento resultaram em áreas de núcleo de maior área que os demais instrumentos. Mesmo diante deste fato, este método de mensuração foi escolhido por permitir determinar a relação entre a área da aresta lateral de corte e do núcleo respectivo à região desta aresta.

Deve-se observar a relação dos instrumentos Wizard Navigator<sup>®</sup>, uma vez que estes apresentaram arestas laterais de corte com áreas muito pequenas, sendo assim compostos principalmente pelo núcleo do instrumento e por um número maior de arestas. Este fato pode indicar uma menor resistência à fratura e menor flexibilidade, devendo ser avaliado em ensaios mecânicos e clínicos para confirmação deste achado.

## 6 CONCLUSÕES

---

As dimensões da aresta lateral de corte foram inferiores às do núcleo para todos os instrumentos. O Wizard Navigator® apresentou uma relação entre as dimensões da aresta em relação ao núcleo inferiores aos demais, o que pode proporcionar uma menor resistência à fratura na região da aresta de corte.

## REFERÊNCIAS

---

AL-HADLAQ, S. M. Evaluation of cyclic flexural fatigue resistance of 25/0.04 and 25/0.06 twisted file rotary nickel-titanium endodontic instruments. **Aust Endod J**, v. 39, n. 2, p. 62-5, Aug 2013.

AL-SUDANI, D.;GRANDE, N. M.;PLOTINO, G.;POMPA, G.;DI CARLO, S.;TESTARELLI, L.;GAMBARINI, G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments in a double (S-shaped) simulated curvature. **J Endod**, v. 38, n. 7, p. 987-9, Jul 2012.

ALENCAR, A. H.;DUMMER, P. M.;OLIVEIRA, H. C.;PECORA, J. D.;ESTRELA, C. Procedural errors during root canal preparation using rotary NiTi instruments detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. **Braz Dent J**, v. 21, n. 6, p. 543-9, 2010.

BARBOSA, F. O.;GOMES, J. A.;DE ARAUJO, M. C. Influence of electrochemical polishing on the mechanical properties of K3 nickel-titanium rotary instruments. **J Endod**, v. 34, n. 12, p. 1533-6, Dec 2008.

BERUTTI, E.;ANGELINI, E.;RIGOLONE, M.;MIGLIARETTI, G.;PASQUALINI, D. Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper Rotary instruments. **Int Endod J**, v. 39, n. 9, p. 693-9, Sep 2006.

BIZ, M. T.; FIGUEIREDO, J. A. Morphometric analysis of shank-to-flute ratio in rotary nickel-titanium files. **Int Endod J**, v. 37, n. 6, p. 353-8, Jun 2004.

CHEUNG, G. S.; DARVELL, B. W. Low-cycle fatigue of rotary NiTi endodontic instruments in hypochlorite solution. **Dent Mater**, v. 24, n. 6, p. 753-9, Jun 2008.

CHEUNG, G. S. P. Instrument fracture: mechanisms, removal of fragments, and clinical outcomes. **ETP Endodontic Topics**, v. 16, n. 1, p. 1-26, 2009.

CONDORELLI, G. G.;BONACCORSO, A.;SMECCA, E.;SCHAFER, E.;CANTATORE, G.;TRIPI, T. R. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. **Int Endod J**, v. 43, n. 10, p. 866-73, Oct 2010.

DI FIORE, P. M.;GENOV, K. I.;KOMAROFF, E.;DASANAYAKE, A. P.;LIN, L. Fracture of ProFile nickel-titanium rotary instruments: a laboratory simulation assessment. **Int Endod J**, v. 39, n. 6, p. 502-9, Jun 2006.

ESTRELA, C.;HOLLAND, R.;ESTRELA, C. R.;ALENCAR, A. H.;SOUSA-NETO, M. D.;PECORA, J. D. Characterization of successful root canal treatment. **Braz Dent J**, v. 25, n. 1, p. 3-11, Jan-Feb 2014.



JAMLEH, A.;SADR, A.;NOMURA, N.;YAHATA, Y.;EBIHARA, A.;HANAWA, T.;TAGAMI, J.;SUDA, H. Nano-indentation testing of new and fractured nickel-titanium endodontic instruments. **Int Endod J**, v. 45, n. 5, p. 462-8, May 2012.

KOSTI, E.;ZINELIS, S.;MOLYVDAS, I.;LAMBRIANIDIS, T. Effect of root canal curvature on the failure incidence of ProFile rotary Ni-Ti endodontic instruments. **Int Endod J**, v. 44, n. 10, p. 917-25, Oct 2011.

LOPES, H. P.;CHIESA, W. M.;CORREIA, N. R.;DE SOUZA NAVEGANTE, N. C.;ELIAS, C. N.;MOREIRA, E. J.;CHIESA, B. E. Influence of curvature location along an artificial canal on cyclic fatigue of a rotary nickel-titanium endodontic instrument. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 111, n. 6, p. 792-6, Jun 2011.

LOPES, H. P.;ELIAS, C. N.;ESTRELA, C.;SIQUEIRA, J. F., JR. Assessment of the apical transportation of root canals using the method of the curvature radius. **Braz Dent J**, v. 9, n. 1, p. 39-45, 1998.

LOPES, H. P.;ELIAS, C. N.;VIEIRA, V. T.;MOREIRA, E. J.;MARQUES, R. V.;DE OLIVEIRA, J. C.;DEBELIAN, G.;SIQUEIRA, J. F., JR. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickel-titanium rotary instruments. **J Endod**, v. 36, n. 10, p. 1653-7, Oct 2010.

LOPES, H. P.;FERREIRA, A. A.;ELIAS, C. N.;MOREIRA, E. J.;DE OLIVEIRA, J. C.;SIQUEIRA, J. F., JR. Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. **J Endod**, v. 35, n. 7, p. 1013-6, Jul 2009.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA JÚNIOR, J. F. **Endodontia : biologia e técnica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

MACHADO, R.;SILVA NETO, U. X.;IGNACIO, S. A.;CUNHA, R. S. Lack of correlation between obturation limits and apical leakage. **Braz Oral Res**, v. 27, n. 4, p. 331-5, Jul-Aug 2013.

MCGUIGAN, M. B.;LOUCA, C.;DUNCAN, H. F. Endodontic instrument fracture: causes and prevention. **Br Dent J**, v. 214, n. 7, p. 341-8, Apr 2013.

PANITVISAI, P.;PARUNNIT, P.;SATHORN, C.;MESSER, H. H. Impact of a retained instrument on treatment outcome: a systematic review and meta-analysis. **J Endod**, v. 36, n. 5, p. 775-80, May 2010.

PEDULLA, E.;PLOTINO, G.;GRANDE, N. M.;SCIBILIA, M.;PAPPALARDO, A.;MALAGNINO, V. A.;RAPISARDA, E. Influence of rotational speed on the cyclic fatigue of Mtwo instruments. **Int Endod J**, v. 47, n. 6, p. 514-9, Jun 2014.

PETERS, O. A.;LAIB, A.;RUEGSEGGER, P.;BARBAKOW, F. Three-dimensional analysis of root canal geometry by high-resolution computed tomography. **J Dent Res**, v. 79, n. 6, p. 1405-9, Jun 2000.

POP, I.;MANOHARAN, A.;ZANINI, F.;TROMBA, G.;PATEL, S.;FOSCHI, F. Synchrotron light-based muCT to analyse the presence of dentinal microcracks post-rotary and reciprocating NiTi instrumentation. **Clin Oral Investig**, Feb 15 2014.

SCHAFER, E.; TEPEL, J. Relationship between design features of endodontic instruments and their properties. Part 3. Resistance to bending and fracture. **J Endod**, v. 27, n. 4, p. 299-303, Apr 2001.

SHANTIAEE, Y.;DIANAT, O.;SHARIFI, F.;NAHVI, G.;KOLAH AHARI, G. The Impact of Three Different Canal Lubricants on Fracture, Deformity and Metal Slivering of ProTaper Rotary Instruments. **Iran Endod J**, v. 9, n. 2, p. 127-30, Spring 2014.

SHEN, Y.;CHEUNG, G. S.;PENG, B.;HAAPASALO, M. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 2: Fractographic analysis of fractured surface in a cohort study. **J Endod**, v. 35, n. 1, p. 133-6, Jan 2009a.

SHEN, Y.;HAAPASALO, M.;CHEUNG, G. S.;PENG, B. Defects in nickel-titanium instruments after clinical use. Part 1: Relationship between observed imperfections and factors leading to such defects in a cohort study. **J Endod**, v. 35, n. 1, p. 129-32, Jan 2009b.

TENNERT, C.;HERBERT, J.;ALTENBURGER, M. J.;WRBAS, K. T. The effect of cervical preflaring using different rotary nickel-titanium systems on the accuracy of apical file size determination. **J Endod**, v. 36, n. 10, p. 1669-72, Oct 2010.

TRIPI, T. R.;BONACCORSO, A.;CONDORELLI, G. G. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 102, n. 4, p. e106-14, Oct 2006.

TROIAN, C. H.;SO, M. V.;FIGUEIREDO, J. A.;OLIVEIRA, E. P. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. **Int Endod J**, v. 39, n. 8, p. 616-25, Aug 2006.

WANG, N. N.;GE, J. Y.;XIE, S. J.;CHEN, G.;ZHU, M. Analysis of Mtwo rotary instrument separation during endodontic therapy: a retrospective clinical study. **Cell Biochem Biophys**, v. 70, n. 2, p. 1091-5, Nov 2014.

WOLCOTT, S.;WOLCOTT, J.;ISHLEY, D.;KENNEDY, W.;JOHNSON, S.;MINNICH, S.;MEYERS, J. Separation incidence of protaper rotary instruments: a large cohort clinical evaluation. **J Endod**, v. 32, n. 12, p. 1139-41, Dec 2006.

WU, J.;LEI, G.;YAN, M.;YU, Y.;YU, J.;ZHANG, G. Instrument separation analysis of multi-used ProTaper Universal rotary system during root canal therapy. **J Endod**, v. 37, n. 6, p. 758-63, Jun 2011.

WU, M. K.;R'ORIS, A.;BARKIS, D.;WESSELINK, P. R. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 89, n. 6, p. 739-43, Jun 2000.

ZINELIS, S.;AKHTAR, R.;TSAKIRIDIS, P.;WATTS, D. C.;SILIKAS, N. In-depth hardness profiles of stainless steel and Ni-Ti endodontic instrument cross-sections by nano-indentation. **Int Endod J**, v. 41, n. 9, p. 747-54, Sep 2008.