

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

**LUIZ ROBERTO MENDES DA SILVA**

---

**Detecção de falhas na superfície ativa de  
instrumentos de níquel-titânio**

---

**Goiânia  
2015**

---

LUIZ ROBERTO MENDES DA SILVA

---

**Detecção de falhas na superfície ativa de  
instrumentos de níquel-titânio**

---

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

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Estrela

**Goiânia  
2015**

---

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

**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA**

**Aluno: Luiz Roberto Mendes da Silva**

---

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Estrela**

---

**MEMBROS:**

**1. Prof. Dr. Carlos Estrela**

**2. Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Ana Helena Gonçalves de Alencar**

**3. Prof. Dr. Orlando Aguirre Guedes**

**1. Suplente: Prof. Dr. Júlio Almeida Silva**

**Suplente externo: Prof. Dr. Álvaro Henrique Borges**

---

## RESUMO

**Objetivo:** detectar falhas de fabricação na superfície de instrumentos endodônticos de NiTi movidos a motor, sem uso, por meio da microscopia eletrônica de varredura.

**Material e métodos:** foram utilizados 20 (vinte) instrumentos endodônticos de níquel-titânio, distribuídos em quatro grupos de acordo com a procedência: Grupo 1 (G1) – WaveOne™; Grupo 2 (G2) – Reciproc®; Grupo 3 (G3) – BioRace; e Grupo 4 (G4) – Mtwo. Instrumentos endodônticos novos com ponta 40 e 25 mm de comprimento foram retirados da embalagem e direcionados para a análise de falhas em superfície ativa em imagem de microscopia eletrônica de varredura. A parte ativa foi dividida em 16 partes com 2 mm de comprimento cada. **Resultados:** a análise estatística dos dados foi realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL). O instrumento WaveOne™ apresentou maior quantidade de defeitos com relação significativa entre as demais marcas. Na análise entre D0 a D16 o instrumento WaveOne™ apresentou um maior número de defeitos e o instrumento Mtwo apresentou um maior número de embotamento. A relação entre o número de defeitos observados nas diferentes marcas de instrumentos foi avaliada pelo Teste do Qui-quadrado. Foram considerados significativos valores de  $p < 0,05$ . **Conclusão:** todos os instrumentos apresentaram defeitos na superfície ativa. O instrumento WaveOne™ apresentou a maior quantidade de defeitos com relação significativa entre as demais marcas.

**Palavras-chave:** Instrumentos de níquel-titânio, endodontia, microscopia eletrônica de varredura.

## ABSTRACT

**Aim:** to detect failures in the manufacturing process of unused endodontic nickel-titanium (NiTi) rotary instruments, through screening electronic microscopy. **Materials and methods:** 20 NiTi endodontic instruments were used, split in 4 groups according to its source: Group 1 (G1) – WaveOne™; Group 2 (G2) – Reciproc®; Group 3 (G3) – BioRace; and Group 4 (G4) – Mtwo. Brand new 40 and 25mm long tip endodontic instruments were unpacked and went under analysis of surface failures on scanning electronic microscopes. The active parts were split in 16 parts, each of them being 2mm long. **Results:** the statistical analysis was done using the software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL). WaveOne™ was the instrument that showed the highest number of significant failures among all brands. In the analysis from D0 to D16, WaveOne™ had the highest number of failures and Mtwo showed the highest number of instrument dulling. The relationship between the number of observed failures in all different brands was evaluated through the Chi-square test. Significant p-values were those <0.05. **Conclusion:** all instruments showed failures on their active surfaces. WaveOne™ instrument showed the highest number of significant failures among all brands.

**Keywords:** Nickel-titanium instruments, endodontics, scanning electronic microscopy

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>07</b>
<b>2. OBJETIVO</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>14</b>
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>22</b>
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>25</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>26</b>

## 1. Introdução

---

A topografia da superfície de instrumentos endodônticos fabricados com ligas de níquel-titânio (NiTi) tem uma influência significativa na fratura do metal (KUHN et al., 2001). Expressivas discussões e estudos envolvendo as propriedades mecânicas dessa liga, e o seu comportamento no interior de canais radiculares curvos durante o seu preparo, tem sido frequentes desde sua introdução em endodontia (WALIA et al., 1988; SCHÄFFER et al., 1997) (BÜRKLEIN et al., 2012; YOO et al., 2012; BÜRKLEIN et al., 2013; LIM et al., 2013; BÜRKLEIN et al., 2014; CAPAR et al., 2014; GERGI et al., 2014; HWANG et al., 2014; NAZARI et al., 2014). O controle de qualidade durante a confecção dos instrumentos endodônticos tem sido cuidadosamente verificados, uma vez que os defeitos de superfície nos novos instrumentos (primeiro uso) podem favorecer uma maior possibilidade de fratura de sua parte ativa durante o preparo do canal radicular. Microfissuras, consequentes de defeitos na superfície de instrumentos novos (sem uso) se propagam formando fissuras e finalmente a ruptura do metal. Assim, as irregularidades pré-existentes na superfície da parte ativa das ligas de NiTi podem constituir fatores de risco e favorecerem o fracasso do tratamento endodôntico (THOMPSON 2000; KUHN et al., 2001). Defeitos de usinagem encontrados na superfície podem atuar como centros de propagação de trincas (HEROLD et al., 2007). Em contraste, a ausência de fendas em instrumentos novos poderá levar a fratura em função de seu uso, que dará início a fissura, em seguida propagação, e, finalmente, fratura (KUHN et al., 2001). O conhecimento das propriedades mecânicas bem como o processo de fabricação destes instrumentos torna-se essencial para um preparo de canal mais eficiente (Lopes et al., 2010).

Instrumentos de NiTi são produzidos por usinagem de sua haste metálica cônica ou cilíndrica, visto que a sua superelasticidade não permite a fabricação por torção (EGGERT et al., 1999; THOMPSON et al., 2000; ALAPATI et al., 2005). Entretanto, a usinagem proporciona um maior número de defeitos de fabricação quando comparados aos instrumentos torcidos, e a presença destes defeitos altera o comportamento mecânico, principalmente a capacidade de corte e a resistência à fratura por fadiga (EGGERT et al., 1999; SCHÄFER, 2002; LOPES et al., 2010). Visando minimizar os defeitos que permanecem após a usinagem é realizado o

polimento eletrolítico, ou eletropolimento, que consiste no acabamento da superfície ativa de instrumentos rotatórios de NiTi (ANDERSON et al., 2007). Este representa um processo eletroquímico controlado, que submerge o instrumento e que atua como um ânodo, em uma solução eletrolítica que contém um cátodo (mistura de ácidos sulfúrico ou fosfórico). À medida que a corrente passa, a superfície do metal se oxida dissolvendo-se no eletrólito, removendo do instrumento rugosidades, farpas e irregularidades da parte ativa (ANDERSON et al., 2007; HAIDER et al., 2009), ao mesmo tempo que melhora a resistência à fratura por fadiga (TRIPI et al., 2006). Tem sido considerado como o método preferencial para melhorar as características da superfície de quaisquer instrumentos fabricados com ligas de NiTi (SHABALOVSKAYA et al., 2008). Porém, este é um método exclusivo de instrumentos rotatórios contínuos, uma vez que os reciprocantes não recebem nenhum tratamento de superfície no processo de fabricação.

Os instrumentos reciprocantes surgiram em 2011 (RUDDLE, 2012) e quatro fatores o diferem dos rotatórios contínuos, tais como: o número de instrumentos necessários para o preparo do canal radicular, o tipo de liga utilizada na sua fabricação, a quantidade de reutilização dos instrumentos e finalmente a cinemática empregada durante o preparo do canal radicular.

Enquanto os sistemas rotatórios contínuos necessitam de 5 a 6 instrumentos para o preparo dos terços cervical, médio e apical do canal radicular, um único instrumento reciprocante prepara todo o canal radicular (YARED, 2008). Embora ambos sejam fabricados com ligas de NiTi, os instrumentos rotatórios contínuos são constituídos de liga de NiTi convencional, ao passo que os reciprocantes são confeccionados com NiTi M-Wire, o que confere maior flexibilidade, maior resistência à fadiga cíclica e a fratura (PIRANI et al., 2014, KIEFNER et al., 2014, LOPES et al., 2013-b, PEDULLÀ et al., 2013-a). A possibilidade de reutilização e esterilização está prevista para os instrumentos rotatórios contínuos. Ao contrário, os reciprocantes são de uso único, descartáveis, como ocorre com os instrumentos WaveOne™ que possuem um anel de plástico no seu mandril que dilata quando é autoclavado impedindo sua adaptação ao contra-ângulo, e conseqüentemente, sua reutilização (BÜRKLEIN et al. 2012-b). O principal diferencial entre os dois sistemas está presente em sua cinemática, pois, independente da sua resistência à fadiga cíclica, fratura e reuso, movimentos oscilatórios são significativamente mais seguros quando usa-se



instrumentos de NiTi, do que movimentos rotatórios contínuos (MALENTACCA et al. 2002).

Os instrumentos rotatórios contínuos realizam rotação de 360 graus em torno do seu longo eixo longitudinal no sentido horário (movimento a direita), enquanto os instrumentos reciprocantes realizam movimentos oscilatórios nos sentidos antihorário (movimento a esquerda) e horário, sendo o primeiro de maior amplitude. Isso se deve ao fato das lâminas de corte dos instrumentos reciprocantes estarem dispostas no sentido oposto às lâminas de corte dos instrumentos rotatórios contínuos. Portanto, a ação do instrumento reciprocante ocorre quando este gira à esquerda, ao contrário do rotatório contínuo que promove sua ação na rotação à direita. O conceito de forças balanceadas para instrumentação de canais radiculares curvos (ROANE, 1985), associado a instrumentos rotatórios fabricados com ligas de níquel-titânio reúnem condições satisfatórias para instrumentação, estabelecendo um novo conceito na cinemática destes instrumentos, os movimentos reciprocantes (DE-DEUS et al., 2010).

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma importante ferramenta para detecção de defeitos de fabricação em instrumentos endodônticos de NiTi antes do uso (SVEC et al., 2002; TROIAN et al., 2006). Defeitos de fabricação tais como: farpas metálicas na crista das espiras, linhas oblíquas, embotamento das bordas, trinca e fratura foram encontrados na superfície de instrumentos endodônticos novos após serem submetidos a microscopia eletrônica de varredura (MARCELIANO-ALVES et al., 2009; LOPES et al., 2010).

O objetivo do presente estudo é o de verificar a ocorrência de defeitos de fabricação em superfície ativa de instrumentos endodônticos de níquel-titânio novos.

## **2. Objetivos**

---

### **2.1 Objetivo Geral**

Detectar falhas de fabricação na superfície de instrumentos endodônticos de NiTi movidos a motor por meio da microscopia eletrônica de varredura.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Verificar quais instrumentos novos irão apresentar defeitos em suas superfícies;
- Identificar quais as partes do instrumento apresentarão mais falhas de fabricação;
- Correlacionar os defeitos encontrados nos instrumentos fabricados com ligas de NiTi convencional, liga de NiTi M-Wire e com os instrumentos que receberam polimento eletrolítico.

### 3. Material e métodos

---

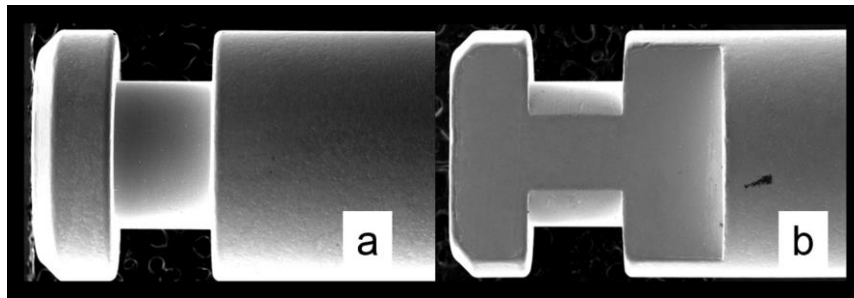
No presente estudo foram utilizados 20 (vinte) instrumentos rotatórios de ligas de níquel-titânio, distribuídos em quatro grupos de acordo com a procedência: Grupo 1 (G1) - Wave One™ (Dentsply/Maillefer, Suíça); Grupo 2 (G2) – Reciproc® (VDW Dental, Alemanha); Grupo 3 (G3) – BioRaCe (FKG-Dentaire, Suíça); e Grupo 4 (G4) – Mtwo (VDW Dental, Alemanha).

Os instrumentos endodônticos selecionados apresentaram ponta 40 e 25 mm de comprimento. Posterior a remoção do instrumento da caixa (instrumentos novos), foram direcionados para a análise de falhas em superfície ativa em imagem de microscopia eletrônica de varredura (MEV) Jeol, JSM – 6610, equipado com EDS (Thermo scientific NSS Spectral Imaging), com detector de elétron secundário, tensão de 10 Kv, distância de trabalho WD 10mm, e diâmetro do feixe 40; Laboratório de Microscopia – LabMic, Instituto de Física, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

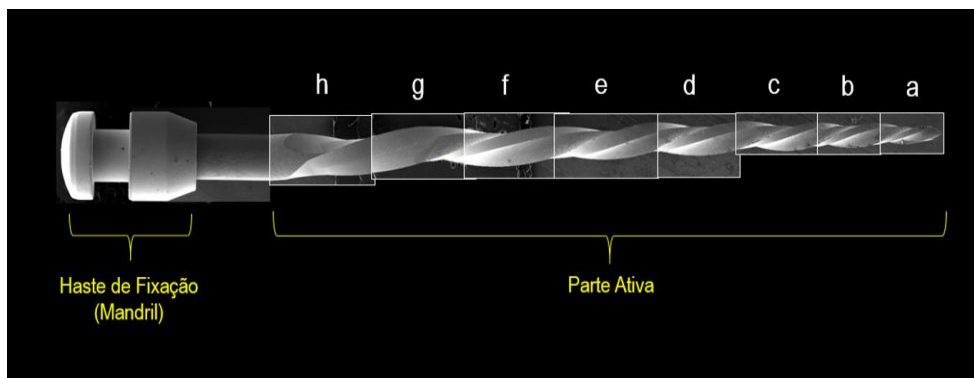
Para aquisição das imagens, cada instrumento foi dividido em lados A e B, sendo o lado A formado pela face convexa da haste de fixação (mandril) e o B pela face plana (Figura 1). Para determinação de falhas na superfície do instrumento, dividiu-se a parte ativa por 16 mm em 8 partes de 2mm cada (D0-D16), nominadas a-h: a (D0-D2); b (D2-D4); c (D4-D6); d (D6-D8); e (D8-D10); f (D10-D12); g (D12-D14); h (D14-D16) (Figura 2).

Um total de 320 imagens de MEV foram adquiridas em 50X de aumento para a identificação de falhas na superfície dos instrumentos endodônticos. Nos casos de dúvida aumentos de 200X foram obtidas para melhor visualização e detalhamento de falhas. Para cada instrumento (n=20), considerando os lados A e B (8 partes, 2 lados) foram obtidas 16 imagens.

Dentre os critérios para análise das superfícies dos instrumentos foi levado em consideração: Ausência (A) – ausência de falhas; Trinca (T) – descontinuidade aberta na superfície ou interna, originadas de tensões localizadas, cujos valores excedem o limite de ruptura do material (Lopes et al., 2010); Embotamento (E) – perda de parte cortante (dobramento de uma lâmina) (Houaiss, 2003); Farpa (F) – ponta penetrante formando ângulo agudo, saliência aguda penetrante de parte cortante (Houaiss, 2003).



**Figura 1** – Imagem em 50x (MEV) da haste de fixação do instrumento de NiTi (lados A e B)



**Figura 2** – Ilustração em imagem de MEV do lado A do instrumento WaveOne™ caracterizando as áreas de análises de falhas (50x).

Posterior á obtenção das imagens, três avaliadores (endodontistas com mais de 5 anos de experiência) procederam as avaliações, individualmente, os quais identificaram os defeitos, incluindo: “T” para trinca (irregularidades da lâmina de corte), “E” para embotamento, e “F” para farpa em cada imagem analisada. Nos casos de mais de um defeito para cada imagem, essas foram discriminadas como descrito anteriormente. Posteriormente os dados foram tabulados em tabelas para a análise estatística.

#### *Análise Estatística*

A frequência dos diferentes defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos foram obtidos. A relação entre o número de defeitos observados nas diferentes marcas de instrumentos foi avaliada pelo Teste do Qui-quadrado. Foram considerados significativos valores de  $p < 0,05$ . A análise estatística dos dados

foi realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL).



**Tabela 2 – Distribuição de embotamento em instrumentos de NiTi.**

Localização (mm) (D0-D16)		a	b	c	d	e	f	g	h
		(0-2)	(2-4)	(4-6)	(6-8)	(8-10)	(10-12)	(12-14)	(14-16)
Instrumentos									
1	WaveOne (A)	+++	+++	+++	+++	+++	---	+++	---
	WaveOne (B)	+++	+++	+++	---	+++	---	---	---
2	WaveOne (A)	+++	+++	---	---	---	+-	---	---
	WaveOne (B)	---	+++	+++	+++	+++	---	---	---
3	WaveOne (A)	---	---	+++	+-	---	+++	---	---
	WaveOne (B)	---	+++	---	---	---	---	---	---
4	WaveOne (A)	+++	-+-	-+-	+-	---	---	---	---
	WaveOne (B)	+-	+-	+-	+++	+-	+-	---	---
5	WaveOne (A)	+++	+++	---	+++	---	---	---	---
	WaveOne (B)	+-	+++	+++	+-	---	---	---	---
1	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
2	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
3	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
4	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	+-	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
5	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
1	BioRaCe (A)	---	---	---	---	+++	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	+++	---	---	---	---	---	---
2	BioRaCe (A)	---	---	---	+++	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	+-	-+-	---	---	---	---	---
3	BioRaCe (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	---	+++	---	---	---	---	---
4	BioRaCe (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
5	BioRaCe (A)	---	---	---	+++	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	---	---	+-	---	---	---	---
1	Mtwo (A)	---	---	---	---	---	-+-	-+-	---
	Mtwo (B)	+++	---	---	+++	---	+-	---	---
2	Mtwo (A)	---	---	---	+++	---	---	---	---
	Mtwo (B)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---
3	Mtwo (A)	--+	---	---	---	---	---	---	---
	Mtwo (B)	-+-	---	---	---	+-	---	---	---
4	Mtwo (A)	+-	---	---	---	---	---	---	---
	Mtwo (B)	+-	+-	+-	+++	---	+++	+++	---
5	Mtwo (A)	-+-	+++	+++	+-	---	-+-	---	---
	Mtwo (B)	---	---	---	---	+++	+++	---	---

**Tabela 3 – Distribuição de farpas em instrumentos de NiTi.**

		Localização (mm)							
		(D0-D16)	a (0-2)	b (2-4)	c (4-6)	d (6-8)	e (8-10)	f (10-12)	g (12-14)
Instrumentos									
1	WaveOne (A)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---
	WaveOne (B)	+++	+++	---	---	---	---	---	---
2	WaveOne (A)	+++	+++	+++	---	+--	+--	+--	---
	WaveOne (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
3	WaveOne (A)	+++	-+-	---	-++	---	---	+++	---
	WaveOne (B)	+++	+++	---	---	---	---	---	---
4	WaveOne (A)	+++	+++	+++	+++	---	---	---	---
	WaveOne (B)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	---
5	WaveOne (A)	+++	+++	+++	+++	+++	++-	---	---
	WaveOne (B)	+++	+++	+++	+++	+++	+++	---	---
1	Reciproc (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	+++	---	---	---	---	---
2	Reciproc (A)	---	---	+++	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	+++	---	---	---	---	+++
3	Reciproc (A)	+++	+++	---	+++	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
4	Reciproc (A)	+++	+++	---	---	---	---	---	---
	Reciproc (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
5	Reciproc (A)	---	---	+++	+++	---	+++	---	---
	Reciproc (B)	---	+++	+++	---	---	---	---	---
1	BioRaCe (A)	+++	+++	+++	+++	+++	---	---	+++
	BioRaCe (B)	+++	+++	---	---	---	---	---	---
2	BioRaCe (A)	---	---	+++	---	---	+++	---	+--
	BioRaCe (B)	---	++-	---	---	---	---	---	---
3	BioRaCe (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	---	---	---	---	---	---	+++
4	BioRaCe (A)	---	+++	+++	---	---	---	---	---
	BioRaCe (B)	---	+--	---	---	---	---	---	+++
5	BioRaCe (A)	---	---	+--	---	---	---	---	+++
	BioRaCe (B)	---	---	---	---	+--	---	---	---
1	Mtwo (A)	--+	---	---	---	---	++-	---	---
	Mtwo (B)	---	---	---	---	---	---	---	---
2	Mtwo (A)	---	---	---	---	---	---	---	---
	Mtwo (B)	---	-+-	+++	+++	---	---	---	---
3	Mtwo (A)	+++	---	---	---	---	---	---	---
	Mtwo (B)	+++	---	---	---	-+-	---	---	---
4	Mtwo (A)	---	+--	---	---	---	---	---	---
	Mtwo (B)	+++	---	---	-+-	---	---	-+-	---
5	Mtwo (A)	+++	+++	+++	+++	---	---	---	---
	Mtwo (B)	+++	+++	---	---	---	---	---	---



**Tabela 4** – Relação do número de instrumentos que apresentaram ausência ou presença de Irregularidade das lâminas de corte (trinca) em análise de MEV.

Instrumentos (n=20)	Presença	Ausência	<i>p</i> *
<b>Waveone</b>	5	0	0,049
<b>Reciproc</b>	1	4	
<b>BioRaCe</b>	3	2	
<b>MTwo</b>	1	4	

\*Teste de qui-quadrado.

Os instrumentos WaveOne™ mostraram relação significativa entre a presença de irregularidades das lâminas de corte (trincas), sendo a que apresentou o maior número trincas entre os grupos estudados (Tabela 4).

**Tabela 5** - Relação do número de imagens avaliadas em MEV que apresentaram ausência ou presença de Irregularidade de superfície em diferentes marcas de instrumentos.

Instrumento (n=80)	Presença	Ausência	<i>p</i> *
<b>Waveone</b>	48	32	0,000
<b>Reciproc</b>	1	79	
<b>BioRaCe</b>	3	77	
<b>MTwo</b>	1	79	

\*Teste de qui-quadrado.

Os resultados mostraram relação significativa entre a presença de irregularidade de superfície e as diferentes marcas de instrumentos. O instrumento WaveOne™ apresentou maior número de Irregularidades nas lâminas de corte nas imagens avaliadas (Tabela 5).

**Tabela 6** - Relação do número de instrumentos que apresentaram ausência ou presença de embotamento em análise de MEV.

Instrumentos (n=20)	Presença	Ausência	<i>p</i> *
<b>Waveone</b>	5	0	> 0,05
<b>Reciproc</b>	1	4	
<b>BioRaCe</b>	4	1	
<b>MTwo</b>	5	0	

\*Teste de qui-quadrado.

Os resultados expressos na tabela 6 mostraram que não houve relação significativa entre a presença de embotamento e as diferentes marcas de instrumentos.

**Tabela 7** - Relação do número de imagens avaliadas em MEV que apresentaram ausência ou presença de embotamento em diferentes marcas de instrumentos.

Instrumentos (n=80)	Presença	Ausência	<i>p</i> *
<b>Waveone</b>	38	42	0,000
<b>Reciproc</b>	1	79	
<b>BioRaCe</b>	8	72	
<b>MTwo</b>	30	50	

\*Teste de qui-quadrado.

Observa-se nos resultados da tabela 7, relação significativa entre a presença de embotamento e as diferentes marcas de instrumentos. Os instrumentos WaveOne™ e MTwo apresentaram maiores números de embotamento (Tabela 7).

**Tabela 8** - Relação do número de instrumentos que apresentaram ausência ou presença de farpa em análise de MEV.

<b>Instrumentos (n=20)</b>	<b>Presença</b>	<b>Ausência</b>	<b>p*</b>
<b>Waveone</b>	5	0	> 0,05
<b>Reciproc</b>	5	0	
<b>BioRaCe</b>	5	0	
<b>MTwo</b>	5	0	

\*Teste de qui-quadrado.

Os resultados da tabela 8 evidenciaram que não houve relação significativa entre a presença de farpa e as diferentes marcas de instrumentos (Tabela 8).

**Tabela 9** - Relação do número de imagens avaliadas em MEV que apresentaram ausência ou presença de Irregularidade de superfície em diferentes marcas de instrumentos.

<b>Instrumentos (n=80)</b>	<b>Presença</b>	<b>Ausência</b>	<b>P</b>
<b>Waveone</b>	43	37	0,000
<b>Reciproc</b>	14	66	
<b>BioRaCe</b>	20	60	
<b>MTwo</b>	18	62	

\*Teste de qui-quadrado.

Os resultados da tabela 9 mostraram que houve relação significativa entre a presença de farpa e as diferentes marcas de instrumentos. O instrumento WaveOne™ apresentou um maior número de farpas (Tabela 9).

**Tabela 10** – Relação entre os tipos de defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos.

Instrumentos (n=20)	Irregularidade de superfície	Embotamento	Farpa	$p^*$
<b>Waveone</b>	5	5	5	0,603
<b>Reciproc</b>	1	1	5	
<b>BioRaCe</b>	3	4	5	
<b>MTwo</b>	1	5	5	

\*Teste de qui-quadrado.

Os resultados da tabela 10 mostraram que não houve relação significativa entre os diferentes defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos (Tabela 10).

**Tabela 11** - Relação entre os tipos de defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos.

Instrumentos (n=80)	Irregularidade de superfície	Embotamento	Farpa	$p^*$
<b>Waveone</b>	48	38	43	0,000
<b>Reciproc</b>	1	1	14	
<b>BioRaCe</b>	3	8	20	
<b>MTwo</b>	1	30	18	

\*Teste de qui-quadrado.

Verificou-se nos resultados da tabela 11 relação significativa entre os diferentes defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos. O instrumento WaveOne™ apresentou um maior número de defeitos e o instrumento Mtwo apresentou um maior número de embotamento (Tabela 11).

A frequência dos diferentes defeitos observados em diferentes marcas de instrumentos foi obtida. A relação entre o número de defeitos observados nas diferentes marcas de instrumentos foi avaliada pelo Teste do Qui-quadrado. Foram considerados significativos valores de  $p < 0,05$ . A análise estatística dos dados

foi realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL).

## 5. DISCUSSÃO

---

O controle de qualidade dos instrumentos endodônticos empregados no preparo dos canais radiculares é essencial, uma vez que seu comportamento no interior do complexo sistema de canais radiculares depende de sua estrutura morfológica. Durante a aquisição e utilização desses instrumentos espera-se ausência de defeitos na superfície metálica de sua parte ativa, uma vez que não é possível detectá-los a olho nu. Os resultados mostraram defeitos de fabricação (irregularidades de superfície, embotamento e farpas) em todos os instrumentos analisados por microscopia eletrônica de varredura.

No presente estudo, todos os instrumentos foram fabricados por usinagem de sua haste metálica cônica ou cilíndrica. No momento em que o disco de diamante realiza o corte no instrumento no processo de fabricação gera um estresse no metal e estrias provenientes do disco de fresagem. Microfissuras, rachaduras, sulcos são consequências do processo de usinagem que resulta em uma superfície irregular, estressada e plasticamente deformada resultando em tensões que permanecem na superfície do metal (EGGERT et al., 1999; ALAPATI et al., 2005). Defeitos encontrados na superfície de instrumentos novos contribuem para a fratura do instrumento (RAPISARDA et al., 2001; ANDERSON et al., 2007).

Embora neste estudo observou-se inúmeros defeitos (estrias longitudinais, trincas, manchas de tensão, crateras), três defeitos foram quantificados e analisados: irregularidades das lâminas de corte, embotamento e trincas. Os dois primeiros defeitos são específicos das arestas de corte, porém, são distintos na sua forma e aparência. As irregularidades das lâminas de corte apresentam formas serrilhada das bordas cortantes ao passo que o embotamento se caracteriza por uma lâmina arredondada, sem gume. As farpas são encontradas em toda a extensão da parte ativa e se apresentam como elevações metálicas em forma de lascas, que podem ser pontiagudas ou rombas e se projetam na regularidade da superfície ativa do instrumento, independentemente do tipo de liga.

Os instrumentos reciprocantes são fabricados com ligas de NiTi M-Wire que apresenta maior resistência à fadiga cíclica e a fratura além de maior flexibilidade quando comparados aos instrumentos rotatórios contínuos fabricados com ligas de NiTi convencional (PIRANI et al., 2014, KIEFNER et al., 2014, LOPES et al., 2013-b,

PEDULLÀ et al., 2013-a). Em virtude de suas propriedades mecânicas superiores, espera-se que os instrumentos de NiTi M-Wire apresentem um acabamento de fabricação melhor do que os NiTi convencional. O instrumento WaveOne™ foi o que apresentou a maior quantidade de defeitos de fabricação, independente do defeito, com relação estatisticamente significativa entre os instrumentos estudados. Deve-se ressaltar que o defeito mais encontrado nestes instrumentos foram as irregularidades das lâminas de corte, que encontra-se em uma região crítica, que pode comprometer a formatação do canal radicular e que recebe maior tensão durante a ação nas paredes de dentina. Estas irregularidades da superfície podem agir como áreas de concentração de tensões e de início de fratura durante o uso clínico. O fracasso pode ser resultado do desdobramento de propagação de trincas (KUHN et al., 2001).

Situação peculiar foi verificada com o Reciproc (reciprocante) e o Mtwo (rotatório) que são confeccionados pelo mesmo fabricante, possuem a mesma seção transversal, as mesmas dimensões e características da parte ativa, como: lâminas de corte, desenho da ponta e ângulo de ataque. Embora similares, apresentam como diferenças: o tipo de liga e os passos de rosca invertidos. O Reciproc fabricado com liga NiTi M-Wire corta no sentido horário e o Mtwo com liga de NiTi convencional no antihorário. Os resultados mostraram uma equivalência nos defeitos de irregularidades nas lâminas de corte e presença de farpas. Nas irregularidades das lâminas de corte foram os que apresentaram os menores resultados, principalmente em relação a D0 a D16 onde ambos apresentaram apenas um defeito, contra os três do BioRaCe e quarenta e oito do WaveOne™, num total de 80 defeitos possíveis (Tabela 5). Todos os cinco instrumentos Mtwo apresentaram embotamento e apenas 1 dos 5 instrumentos reciproc mostrou o defeito (Tabela 6). Embora do mesmo fabricante, das 80 partes de D0 a D16 de cada um dos 5 instrumentos Mtwo, 30 mostraram embotamento, e apenas uma região apresentou embotada no Reciproc® (Tabela 7).

Entre os instrumentos reciprocantes, o Reciproc® apresentou os melhores resultados com relação significativa em todos os defeitos quando foi observada a parte ativa de D0 a D16 (Tabelas 5, 7 e 9). Ambos são fabricados com ligas de NiTi M-Wire, o que sugeriria um melhor acabamento na sua confecção, que não foi correspondido pelo WaveOne™.

O instrumento BioRaCe apresenta um tratamento específico na sua superfície, que remove as projeções e irregularidades como farpas, sendo eficiente

na eliminação de camadas superficiais defeituosas através da oxidação de superfície (CHEUNG et al., 2007). O polimento eletrolítico pode ter efeitos benéficos ao prolongar a vida útil do instrumento, uma vez que reduz as irregularidades de superfície que serve como pontos para a concentração de tensões e início de fratura (KUHN et al., 2001; ANDERSON et al., 2007). LOPES et al. (2010) repostaram que os instrumentos que foram submetidos ao tratamento de superfície suportaram significativamente uma maior quantidade de ciclos até fraturarem, além de melhorar a resistência dos instrumentos contra a fratura por fadiga (CONDORELLI et al., 2010). Os resultados mostraram que de cinco instrumentos BioRaCe, três apresentaram irregularidades nas lâminas de corte, ao passo que este defeito foi visto apenas em um instrumento Mtwo (Tabela 4). Em compensação quando se avalia este mesmo defeito distribuídos entre os espaços de D0 a D16 nos cinco instrumentos, verifica-se uma equivalência entre os resultados (Tabela 5). De 80 regiões foram encontrados apenas 3 defeitos no BioRaCe e 1 no Mtwo o que significa que 77 e 79 regiões respectivamente não apresentaram irregularidades das lâminas de corte. Embora os instrumentos BioRaCe tenham apresentado maior quantidade de farpas, a quantidade foi pequena para ambas as marcas.



## 6. CONCLUSÃO

---

Baseado na metodologia aplicada é prudente concluir:

1. Todos os instrumentos apresentaram defeitos na superfície ativa;
2. As regiões g(12-14mm) e h(14-16mm) foram as que apresentaram a menor quantidade de defeitos; e as regiões b(2-4mm) e c(4-6mm) apresentaram defeitos em maior quantidade;
3. O instrumento WaveOne™ apresentou a maior quantidade de defeitos com relação significativa entre as demais marcas;
4. Não há diferença significativa quanto a presença de defeitos entre os instrumentos fabricados com ligas de NiTi M-Wire, NiTi convencional e NiTi convencional com polimento eletrolítico.

## 7. Referências Bibliográficas

---

Alapati S, Brantley W, Svec T, Powers J, Nusstein J, Daehn G. SEM observations of nickel-titanium rotary endodontic instruments that fractured during clinical use. *J Endod* 2005;31(1):40 –3.

Anderson ME, Price JW, Parashos P. Fracture resistance of electropolished rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod*. 2007;33(10):1212-6.

Bürklein S, Poschmann T, Schäfer E. Shaping Ability of Different Nickel-Titanium Systems in Simulated S-shaped Canals with and without Glide Path. *J Endod*. 2014;40(8):1231-4.

Bürklein S, Schäfer E. Apically Extruded Debris with Reciprocating Single-File and Full-sequence Rotary Instrumentation Systems. *J Endod*. 2012-b;38:850–852.

Bürklein S, Benten S, Schäfer E. Shaping ability of different single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth. *Int Endod J*. 2013 Jun;46(6):590-7.

Bürklein S, Hinschitza K, Dammaschke T, Schäfer E. Shaping ability and cleaning effectiveness of two single-file systems in severely curved root canals of extracted teeth: Reciproc and WaveOne versus Mtwo and ProTaper. *Int Endod J*. 2012-a;45(5):449-61.

Capar ID, Ertas H, Ok E, Arslan H, Ertas ET. Comparative study of different novel nickel-titanium rotary systems for root canal preparation in severely curved root canals. *J Endod*. 2014;40(6):852-6.

Cheung GS, Shen Y, Darvell BW. Does electropolishing improve the low-cycle fatigue behavior of a nickel-titanium rotary instrument in hypochlorite? *J Endod*. 2007;33(10):1217-21.

Condorelli GG, Bonaccorso A, Smecca E, Schafer E, Cantatore G, Tripi TR. Improvement of the fatigue resistance of NiTi endodontic files by surface and bulk modifications. *Int Endod J.* 2010;43(10):866-73.

De-Deus G, Moreira EJ, Lopes HP, Elias CN. Extended cyclic fatigue life of F2 ProTaper instruments used in reciprocating movement. *Int Endod J.* 2010;43(12):1063-8.

Eggert C, Peters O, Barbakow F. Wear of nickel – titanium lightspeed instruments evaluated by electron microscopic. *J Endod.* 1999; 25(7): 494-7.

Gavini G, Caldeira CL, Akisue E, Candeiro GT, Kawakami DA. Resistance to flexural fatigue of Reciproc R25 files under continuous rotation and reciprocating movement. *J Endod.* 2012;38(5):684-7.

Gergi R, Arbab-Chirani R, Osta N, Naaman A. Micro-computed tomographic evaluation of canal transportation instrumented by different kinematics rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2014;40(8):1223-7.

Haider W, Munroe N, Tek V, Pulletikurthi C, Gill PK, Pandya S. Surface modifications of nitinol. *J Long Term Eff Med Implants.* 2009;19(2):113-22.

Hwang YH, Bae KS, Baek SH, Kum KY, Lee W, Shon WJ, Chang SW. Shaping ability of the conventional nickel-titanium and reciprocating nickel-titanium file systems: a comparative study using micro-computed tomography. *J Endod.* 2014;40(8):1186-9.

Herold KS, Johnson BR, Wenckus CS. A scanning electron microscopy evaluation of microfractures, deformation and separation in EndoSequence and Profile nickeltitanium rotary files using an extracted molar tooth model. *J Endod* 2007;33(6):712– 4.

Kiefner P, Ban M, De-Deus G. Is the reciprocating movement per se able to improve the cyclic fatigue resistance of instruments? *Int Endod J.* 2014 May;47(5):430-6.

Kuhn G, Tavernier B, Jordan L. Influence of structure on nickel-titanium endodontic instruments failure. *J Endod* 2001;27(8):516 –20.

Lim YJ, Park SJ, Kim HC, Min KS. Comparison of the centering ability of Wave-One and Reciproc nickel-titanium instruments in simulated curved canals. *Restor Dent Endod*. 2013 Feb;38(1):21-5.

Lopes HP, Elias CN, Siqueira JF. 2010. Instrumentos endodônticos. In: *Endodontia: biologia e técnica*. Lopes HP, Siqueira JF. Editor. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp. 305-413.

Lopes HP, Elias CN, Vieira MV, Siqueira JF Jr, Mangelli M, Lopes WS, Vieira VT, Alves FR, Oliveira JC, Soares TG. Fatigue Life of Reciproc and Mtwo instruments subjected to static and dynamic tests. *J Endod*. 2013-b ;39(5):693-6.

Lopes HP, Soares TG, Elias CN, Siqueira Jr JF, Inojosa IFJ, Lopes WSP, Vieira VTL. Comparison of the Mechanical Properties of Rotary Instruments Made of Conventional Nickel-Titanium Wire, M-Wire, or Nickel-Titanium Alloy in R-Phase. *J Endod* 2013a;39:516–520.

Lopes HP, Elias CN, Vieira VT, Moreira EJ, Marques RV, de Oliveira JC, Debelian G, Siqueira JF, Jr. Effects of electropolishing surface treatment on the cyclic fatigue resistance of BioRace nickeltitanium rotary instruments. *J Endod*.2010;36(10):1653-7.

Malentacca A, Lalli F. Rotazione Alternata nell uso degli instrument in nichel titânio. *G Ital Endod*. 2002;16:79-84.

Marceliano-Alves MFV, Santos MDB, Silva e Souza PAR. Desgaste dos instrumentos K3 e ProTaper após simulação de uso clínico em canais curvos. *RGO, Porto Alegre*, v. 57, n.1, p. 13-18, jan./mar. 2009.

Nazari Moghadam K, Shahab S, Rostami G. Canal transportation and centering ability of twisted file and reciproc: a cone-beam computed tomography assessment. *Iran Endod J.* 2014 Summer;9(3):174-9.

Pedullà E, Grande NM, Plotino G, Gambarini G, Rapisarda E. Influence of continuous or reciprocating motion on cyclic fatigue resistance of 4 different nickel-titanium rotary instruments. *J Endod.* 2013-a Feb;39(2):258-61.

Pirani C, Paolucci A, Ruggeri O, Bossù M, Polimeni A, Gatto MR, Gandolfi MG, Prati C. Wear and metallographic analysis of WaveOne and reciproc NiTi instruments before and after three uses in root canals. *Scanning.* 2014 Sep;36(5):517-25.

Rapisarda E, Bonaccorso A, Tripi TR, Condorelli G, Torrisi L. Wear of nickel-titanium endodontic instruments evaluated by scanning electron microscopy: effect of ion implantation. *J Endod* 2001;27(9):588 –92.

Roane JB, Sabala CL, Duncanson Jr MG. The “Balanced Force” concept for instrumentation of curved canals. *J Endod.* 1985;11(5):203-11.

Ruddle CJ. Endodontic canal preparation: WaveOne single-file technique.

Schäffer E. Root canal instruments for manual use: a review. *Endod Dent Traumat* 1997.13, 51-64.

Schäfer E. Effect of physical vapor deposition on cutting efficiency of nickel-titanium files. *J Endod.* 2002;28(12):800-2.

Shabalovskaya S, Anderegg J, Van Humbeeck J. Critical overview of nitinol surfaces and their modifications for medical appliances. *Acta Biomaterialia* 2008;4:447–67.

Svec TA, Powers JM. The deterioration of rotary nickel-titanium files under controlled conditions. *J Endod.* 2002; 28(2): 105-7.

Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Int Endod J.* 2000;33(4):297-310.

Tripi T, Bonaccorso A, Condorelli G. Cyclic fatigue of different nickel-titanium endodontic rotary instruments. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006;102(4):e106 –14.

Tripi TR, Bonaccorso A, Tripi V, Condorelli GG, Rapisarda E. Defects in GT rotary instruments after use: an SEM study. *J Endod* 2001;27(12):782–5.

Troian Ch, So MV, Figueiredo JA, Oliveira EP. Deformation and fracture of RaCe and K3 endodontic instruments according to the number of uses. *Int Endod J.* 2006; 39(8): 616-25.

Walia H, Brantley WA, Gerstein H (1988) An initial investigation of the bending and torsional properties of nitinol root canal files. *Jornal of Endodontic* 14, 346-51.

Yoo YS, Cho YB. A comparison of the shaping ability of reciprocating NiTi instruments in simulated curved canals. *Restor Dent Endod.* 2012 Nov;37(4):220-7.