



José Aziz Raimundo Neto

**INTRUMENTO ROTATÓRIO EM NÍQUEL-TITÂNIO  
CONTEXTO HISTÓRICO E CONTEMPORÂNEO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
Especialização em Endodontia  
apresentado à Faculdade de Odontologia  
de Piracicaba da Universidade Estadual de  
Campinas para obtenção do título de  
Especialista em Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Caio César Randi Ferraz

Piracicaba

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR  
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA – CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

Raimundo Neto, José Aziz, 1985-

R133i Instrumento rotatório de níquel-titânio contexto histórico e contemporâneo / José Aziz Raimundo Neto. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Caio César Randi Ferraz.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Endodontia. 2. Instrumentação. I. Ferraz, Caio Cezar Randi, 1973- II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho a meus pais, José Aziz Raimundo Filho e Etelma B. C. Raimundo, ao meu irmão Felipe C. Raimundo e ao meu avô e minhas avós que apesar de hoje não estarem presentes, torceram muito por mim.**

## **AGRADECIMENTOS**

**Gostaria de agradecer primeiramente à Deus**

**À minha família, meu alicerce, que tanto me apoiou e com quem eu sempre pude contar durante os momentos de dificuldade.**

**Aos meus amigos, professores e orientadores. Pela paciência, compreensão e todo apoio que me deram na realização não só desse trabalho, mas também para minha formação profissional.**

**À minha namorada, Caroline H. Odo, que muito me apoiou durante esses anos.**

**Aos meus amigos, companheiros e irmãos de república, assim como os amigos e amigas que fiz nesses anos de especialização.**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
DESENVOLVIMENTO.....	10
DISCUSSÃO.....	15
CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS.....	18

## **Resumo**

O tratamento endodôntico, é uma terapêutica dentária conservadora, que tem como objetivo a tentativa de manter um dente que poderia, de outra forma, necessitar de extração. Esse tratamento pode ser definido em etapas: Primeiramente o acesso ao sistema de canais radiculares; instrumentação dos canais (remoção do tecido pulpar, descontaminação do canal, modelagem para inserção do material obturador) e obturação.

Esse estudo tem como objetivo orientar os endodontistas, baseado na literatura preexistente, quanto à inovação dos materiais atualmente utilizados na instrumentação de canais radiculares bem como suas vantagens, desvantagens e riscos caso sejam mal utilizados. Enfatizando-se os instrumentos rotatórios de níquel – titânio.

## **Introdução**

Herbert Schilder foi considerado por muitos o fundador da endodontia moderna, por ter definido conceitos de obturação em 1967 e de instrumentação em 1974 que são enfatizados até hoje. Apesar dos conceitos de instrumentação estarem definidos há algum tempo, ainda hoje em alguns casos não são executados em sua plenitude, daí a necessidade de se elaborar novos materiais e equipamentos que auxiliem os profissionais a alcançá-los.

Apesar de muitos anos terem se passado, desde que Maynard criou o primeiro instrumento endodôntico em 1838, ainda são feitos diversos estudos para o desenvolvimento de novos instrumentos e equipamentos que auxiliem o endodontista no tratamento do sistema de canais radiculares.

Observa-se na literatura um grande avanço nesses materiais que antes eram apenas manuais e compostos por liga metálica de aço e com o passar do tempo chegaram às ligas de níquel titânio e instrumentos rotatórios.

Em decorrência do desenvolvimento tecnológico atual, foram criados novos materiais e métodos na área da Endodontia (Ruddle et al., 2001). A utilização, pesquisa, desenvolvimento e conseqüente previsibilidade dos materiais, trará um futuro promissor na aproximação da tecnologia com o objetivo das expectativas do clínico (Gatewood, 2007). Assim sendo, os tipos de instrumentos utilizados na instrumentação de canais radiculares foram divididos em três grupos, os quais serão detalhados abaixo (Cohen&Hargreaves,2007).

### **Grupo I: Instrumentos manuais e digitais (Extirpa - nervos, limas K e Hedstroem);**

Após Maynard ter criado o primeiro instrumento endodôntico em 1838, em 1889, Auguste Maillefer fundou uma fábrica na qual passou a produzir instrumentos extirpa – nervos (SAQUY & PÉCOR, 1996). No entanto observou-se que estes instrumentos não possuíam ação de corte nas paredes dos canais, não sendo por tanto, efetivos na ampliação e formatação do canal.

COHEN & BURNS (1998) relataram que, o primeiro instrumento manual eficaz na remoção de dentina surgiu apenas em 1915, denominado lima tipo K. As limas tipo K são fabricadas através da torção de uma haste de aço de secção triangular ou quadrangular, em torno do seu longo eixo, formando espirais cortantes. Os movimentos a serem executados dentro do canal são de ¼ de volta em sentido horário e tração. Já as Limas tipo Hedstroem são confeccionadas a partir da micro usinagem de um fio de aço circular, de modo a formar sulcos e laminais longitudinais que cortam a dentina de maneira eficaz. O movimento a ser executado por este tipo de lima dentro do

canal é o de imagem (do tipo vai – e – vem, pois caso seja rotacionada, corre-se o risco de fratura).

Dentre os conceitos estabelecidos por Herbert Schilder (1974) para a instrumentação dos canais radiculares, preconiza-se o respeito pela anatomia original do canal. Seguindo esse conceito, WEINE et al. (1975), relataram que um instrumento com ponta ativa tem um efeito abrasivo importante que pode interferir no controle do preparo do canal radicular. Em virtude desse efeito abrasivo, o mais aceito é um guia passivo, ou seja, sem capacidade de corte no intuito de evitar assim transportes ou perfurações na raiz.

A instrumentação de canais curvos com o mínimo de alteração da sua forma original continua a ser um grande desafio para a endodontia. A rigidez das ligas de aço inoxidável representa o principal fator de erro na instrumentação de canais com curvatura (WALIA et al., 1988).

Objetivando otimizar o tempo de trabalho e diminuir o desgaste físico do endodontista, foram desenvolvidos equipamentos que utilizam brocas ou limas acopladas que funcionam por rotação, simulação dos movimentos manuais ou oscilação. (Gupos II e III)

### **Grupo II: Instrumentos de baixa rotação (Brocas de Gates-Glidden)**

OTOLLENGUI (1892) e CALLAHAN (1894) já relataram que a utilização de instrumentos rotatórios intracanal é quase tão antiga quanto a de instrumentos manuais. No entanto esses equipamentos eram mais utilizados na confecção de espaço intra-radicular para retentores protéticos.

Schilder em 1974 recomendou a utilização de brocas tipo Gates, a fim de buscar uma maior conicidade dos canais. Opinião essa que foi aceita por diversos pesquisadores, porém não todos. GROSSMAN em 1963 recomendava que os instrumentos rotatórios não fossem utilizados em todos os casos. Ele acreditava que os riscos de iatrogenia eram maiores do que os benefícios.

Trabalhos de MONTGOMERY, 1985, relatavam que o risco de trepanações eram mínimas e que o uso desses e de outros materiais dependiam muito do bom senso dos profissionais, que deveriam tomar maiores cuidados com canais de raízes achatadas.

### **Grupo III: Instrumentos similares aos manuais e digitais, no entanto, acionados por motor**

Antigamente poucos instrumentos faziam parte deste grupo, pois as limas rotatórias eram pouco utilizadas. No entanto, atualmente os instrumentos

rotatórios de níquel-titânio tornaram-se populares e passaram a ser incluídos nessa categoria.

Esse tipo de instrumento será detalhado no desenvolvimento desta revisão de literatura uma vez que o crescente uso aliado ao grande número de informações referentes a este tipo de instrumento faz com que seja necessária a confecção de uma revisão de literatura para auxiliar o cirurgião dentista que busca informações sobre as limas rotatórias de níquel titânio.

## Desenvolvimento

Segundo Buehler et al (1968), as ligas metálicas de níquel titânio começaram a ser desenvolvidas há mais de 40 anos no laboratório naval da marinha americana.

A partir de estudos de Thompson em 2000, têm-se que os tipos mais comuns de ligas de NiTi utilizadas na endodontia são: 55 NiTiNOL (55% de Níquel e 45% de Titânio em relação de massa) e 60 NiTiNOL (60% de Níquel e 40% de Titânio em relação de massa).

Em 1986, PHILLIPS descreveu que o módulo de elasticidade de ligas de NiTi é por volta de  $41,4 \times 10^3$  Mpa, enquanto o módulo de elasticidade das ligas metálicas comuns variam entre 150 a  $200 \times 10^3$  Mpa.

CIVJAN et al. (1975), foram os primeiros pesquisadores a relatar que era possível a utilização de ligas de NiTi na odontologia e sua indicação em diversas áreas.

(Autores como) Thompson,( 2000); Civjan, (1975) e Schafer, (2002), descreveram as principais características de ligas de NiTi como: menor grau de dureza e módulo de elasticidade comparado às limas de aço inoxidável, além de não estarem sujeitas a tratamento térmico, no entanto possuem maior resistência, maior resiliência, “memória” e super elasticidade.

Segundo Thompson,2000 e Buehler 1968, a super elasticidade é a capacidade que o instrumento tem de não sofrer deformação permanente ao ser submetido ao estresse do tratamento endodôntico. Apesar de não ser a única liga com essa característica, é a que apresenta maior biocompatibilidade e resistência a corrosão. Sendo estas características que fazem as ligas de NiTi serem bem aceitas na odontologia.

Baumann em 2004, define que o efeito memória de uma lima de NiTi, é a capacidade que a mesma tem, de voltar a sua forma original após sofrer algum tipo de alteração. É importante salientar que mesmo sem apresentar um sinal aparente de deformação, existe o risco de fratura da lima endodôntica.

Walia et al. confeccionaram em 1988, o primeiro instrumento endodôntico de níquel-titânio, a partir de um fio ortodôntico de secção circular. Tal confecção só é possível por processo de usinagem, uma vez que as propriedades super elásticas do nitinol inviabilizam sua confecção por torção.

Em 1995, SERENE et al. relataram que o início da fabricação com objetivos comerciais das limas manuais de NiTi se deu na década de 90,

Com o surgimento das ligas de NiTi e das limas manuais de NiTi, a idéia da utilização de instrumentos endodônticos rotatórios passou a ser considerável, principalmente em canais curvos.

Glosson, em 1995, afirmou que a instrumentação dos canais radiculares pode ser executada tanto de forma manual como de forma mecanizada.

GAMBILL et al. (1996) e BRYANT et al. (1998a) relataram que o cirurgião dentista que realiza a instrumentação de canais radiculares com limas rotatórias economiza mais tempo clínico quando comparado a utilização somente de limas manuais.

HINRICHS et al. (1998) e REDDY & HICKS (1998), realizaram estudos com limas rotatórias de NiTi, nos quais observaram que devido ao movimento executado pelo instrumento, os debris formados durante a instrumentação são levados a porção cervical da raiz, diminuindo assim extrusão de raspas de dentina bem como restos necróticos e pulpares que causariam dor pós operatória e associaram tal conclusão a um auxílio na cicatrização dos tecidos apicais.

O padrão de desgaste dentinário dos instrumentos de níquel-titânio não é igual ao dos instrumentos de aço, isso se dá devido a diferença de cinemática de utilização e propriedades inerentes a liga de NiTi.

Estudo comparativo de SCHÄFER et al. (1995), entre alargadores, limas tipo K e Flexofile em aço inoxidável e limas tipo K em níquel-titânio no tratamento de canais curvos, mostrou que nenhum dos instrumentos foi capaz de limpar o lado interno da curva, além de causar alterações no lado externo da curva, levando a alterações de diferentes graus no trajeto original do canal.

BRYANT et al.(1998) realizaram estudos a partir de análise com um sistema de lima rotatória ProFile taper 0.4 NiTi padrão ISO, em canais com curvatura de 40°. Nesse estudo ele verificou que de forma geral, há um maior desgaste e desvio para o lado exterior da curvatura, enquanto que o desgaste na porção reta do canal se dá de forma simétrica.

Estudos de THOMPSON & DUMMER (1997a, b, c, d; 1998a, b), com outro sistema de lima rotatória de NiTi(Quantec série 2000), obtiveram resultados semelhantes ao de BRYANT(1998). Eles relataram inclusive a importância da utilização de instrumentos de ponta inativa, para respeitar a forma original do canal, tendo em vista que os instrumentos de ponta ativa aumentam os riscos de desvio, transporte e perfuração da raiz.

Segundo McSpadden, 2006, diferentemente de uma lima de aço inoxidável, uma lima rotatória de níquel-titânio, devido as características da liga, tem a capacidade de se

moldar a canais curvos durante o movimento de rotação sem correr o risco de deformação plástica permanente ou falha.

Apesar das limas de NiTi representarem um grande avanço no tratamento endodôntico, uma questão que muito preocupa os dentistas que a utilizam é a possibilidade do instrumento fraturar.

Segundo Sattapan et al., 2000, a fratura dos instrumentos rotatórios de NiTi podem ocorrer de duas formas distintas ou por associação entre as duas. Uma das formas é a fratura por torção, que ocorre quando parte do instrumento trava dentro do canal enquanto que a haste continua a girar. O limite elástico do material é excedido pelo torque exercido e o instrumento fratura. A outra forma é a fadiga por flexão do metal, para tal o instrumento não está travado no canal, ele gira livre dentro da curvatura do canal gerando ciclos de tensão( parte externa da curvatura) e compressão(parte interior da curvatura), esse ciclo é repetido no ponto de compressão máxima, gerando tensão de compressão até a fratura do instrumento. Outra observação importante dos autores nesse estudo foi a conclusão de que a fratura por flexão tem geralmente início num ponto bem definido e que nem sempre é visível, ocorrendo na maioria dos casos em instrumentos de maior calibre, indicando que tais instrumentos não devem ser reutilizados com frequência.

Dentre algumas desvantagens da liga de NiTi, podemos citar sua baixa tensão final e elasticidade em comparação com aço inoxidável, que o torna mais suscetível à fratura sob cargas menores (Phillips 1991). Estas propriedades representam um papel importante na influência do operador na prevalência de fraturas.

Visando diminuir os riscos de fratura dos instrumentos, Vander Voort et al,1987, preconizam que os instrumentos rotatórios sejam descartados após uso em canais com curvatura muito acentuada e muito atrésicos.

A partir de estudos, Cheung et al, 2005, concluíram que 93% dos instrumentos fraturaram devido à fadiga do material, em comparação, Sattapan et al., 2000 verificaram índices de 55,7% de fratura por torção contra 44,3% de fratura por fadiga do material.

No entanto, de uma forma geral, os índices de fratura encontrados por pesquisadores variam. Como no estudo de Sattapan et al., 2000 que relataram índice de 21% de 378 instrumentos Quantec, Parashos et al, 2004,num estudo muito mais abrangente, com 7.159 instrumentos, constataram um índice de 5%.No estudo de Arens et al,2003 o índice de fratura encontrado já foi de 0,9% dos 786 instrumentos utilizados. Um fator importante a ser citado nesses estudos é que todos eles foram realizados a partir de tratamentos executados por dentistas pós graduados ou alunos de pós graduação em endodontia.

Ainda preocupados com a fratura das limas de NiTi e buscando entender os mecanismos que ocasionam essa falha, alguns estudiosos realizaram trabalhos buscando relacionar a influência de motores com a fratura dos instrumentos.

As variações de velocidades apresentadas pelos motores vão de 150 a 2000 rotações por minuto. Gabel et al em 1999, concluíram que a fratura de um instrumento está diretamente ligada a velocidade de rotação do mesmo. Em um estudo realizado com limas do sistema ProFile®, demonstrou-se que instrumentos com rotação de 333,3 rpm têm quatro vezes maior probabilidade de fratura quando comparados a instrumentos utilizados com 166,6 rpm.

Martin et al 2003, afirmaram que instrumentos com rotação de 350rpm apresentam maior índice de fratura em comparação com instrumentos utilizados a 250rpm. Yared et al em 2004 também realizaram estudos com limas ProFile® e afirmaram que os instrumentos utilizados com rotação de 350rpm, em relação ao instrumentos utilizados com 150rpm, apresentaram maior índice de fratura. Esta afirmação dá suporte aos resultados obtidos por Gabel em 1999 e Martin em 2003.

No entanto, Pruett et al em estudo realizado em 1997 demonstraram que dentro dos limites apresentados pelo fabricante, a velocidade utilizada não influenciou na fratura dos instrumentos.

As variações de torque do motor, é outro fator que gera divergências entre os pesquisadores.

Gambarini et al, em 2001, relataram que o uso de baixo torque em motor elétrico, tem a possibilidade de limitar os danos aos instrumentos e reduzir o risco de fadiga à flexão cíclica. Em 2004, Berutti et al concluíram que a utilização de intensidade maior de torque, melhora o funcionamento das limas de NiTi, especulando que a função de auto reverso em baixo torque gera estresse desnecessário ao instrumento e diminui a vida útil deste. Para Yared et al. 2002, a utilização de maior intensidade de torque é favorável para operadores experientes, enquanto que para os operadores iniciantes, a utilização dos instrumentos com menor intensidade de torque mostrou-se mais segura.

Estudos têm sido feitos para avaliar a influência do processo de esterilização, em relação à fratura de limas de NiTi. No entanto, Hülsmann et al em 2005 concluíram que não parece ser um fator relevante na fratura das mesmas.

Outro fator estudado que poderia influir na fratura de instrumentos é a corrosão da liga. Esse fator é relevante, devido a utilização do hipoclorito de sódio (NaOCl) como substância para irrigação e lubrificação no tratamento endodôntico, assim como solução para descontaminação dos instrumentos. (Linsuwanont et al ,2004)

O'Hoy et al em 2003, demonstraram que o hipoclorito de sódio não interfere no processo de fratura por torção nem por fadiga cíclica. Haïkel et al em 1998 concluíram que o NaOCl não alterou as propriedades mecânicas das limas de NiTi nem

sua capacidade de corte. No entanto, Stokes et al em 1999, observaram que a utilização de hipoclorito de sódio em concentração de 5% e 5,25% pode levar a uma considerável corrosão do material.

Nos casos em que não foi possível evitar a fratura do instrumento, Fox et al, 1972, preconizaram que o fragmento fraturado deve ser deixado dentro do canal e o tratamento conservador realizado coronariamente a este, independente do diagnóstico pulpar e periapical, e colocado em preservação.

Strindberg, em 1956, foi o primeiro pesquisador a relatar a influência de instrumento fraturado intra-canal, no prognóstico do tratamento. O autor obteve de um total de 15 amostras, um índice 19% menor de cura nos casos em que o fragmento de instrumento estava presente.

Molyvdas et al , em 2001, realizaram estudo que corrobora com a tese de que a presença de fragmento de instrumento intra-canal interfere no prognóstico de dentes com lesão periapical.

Em 2005, Spili et al, realizaram um estudo com 146 casos de dentes com instrumentos retidos no canal e outros 146 como grupo controle(sem instrumento retido). Foi feito acompanhamento clínico e radiográfico de 1 ano. Os índices de sucesso para dentes com instrumento fraturado foram de 91,8% e 94,5% para o grupo controle(sem fragmento de instrumento intra-canal) quando não apresentavam lesão periapical. Nos casos que apresentavam lesão periapical, os índices apresentaram uma redução, sendo 86,7% para os dentes que apresentavam instrumento fraturado e 92,9% para o grupo controle. Os autores concluíram que a redução do índice de sucesso estava mais relacionada à presença de lesão periapical do que à presença de instrumento fraturado intra-canal.

## Discussão

Thompson,( 2000); Civjan, (1975) e Schafer, (2002), descreveram as principais características que fazem das ligas de NiTi um grande avanço na endodontia: menor grau de dureza e módulo de elasticidade comparado às limas de aço inoxidável, além de não estarem sujeitas a tratamento térmico, no entanto possuem maior resistência, maior resiliência, “memória” e super elasticidade.

Estudos mostraram concordância com as vantagens clínicas alcançadas em decorrência do desenvolvimento das limas de NiTi: GAMBILL et al. (1996) e BRYANT et al. (1998a), ganho de tempo clínico. HINRICHS et al. (1998) e REDDY & HICKS (1998), menor extrusão de debris, menor dor pós operatória, cicatrização do tecido periapical.

Com o objetivo de desenvolver e avaliar instrumentos que procurem respeitar os conceitos de instrumentação estabelecidos por H. Schilder (1974), alguns autores avaliaram padrão de desgaste, risco de desvio transporte e perfuração e concluíram que os instrumentos de ponta ativa apresentam maior risco em comparação com os instrumentos de ponta romba. BRYANT et al.(1998), THOMPSON & DUMMER (1997a, b, c, d; 1998a, b).

Quanto aos índices de fratura os estudos apresentaram uma variação com taxas de 21%( Sattapan et al., 2000) , 5%( Parashos et al, 2004) e 0,9%( Arens et al,2003)

Em relação aos fatores que podem estar relacionados a fratura dos instrumentos de NiTi,

Alguns autores corroboram com a idéia de que a velocidade de rotação utilizada no instrumento esta diretamente ligada com a incidência de fratura (Gabel et al em 1999; Martin et al 2003; Yared et al em 2004), no entanto Pruett et al em 1997 acreditam que seguindo instruções do fabricante, a velocidade utilizada não irá interferir.

Em relação a intensidade do torque a ser utilizado, os pesquisadores corroboram com a idéia de que a intensidade esta relacionada com a fratura do instrumento, no entanto Gambarini et al,( 2001) preconizam a utilização de uma intensidade de torque baixa, enquanto Berutti et al(2004) são favoráveis a uma intensidade de torque elevada. Para Yared et al.( 2002) a intensidade de torque maior tem que ser utilizada por operadores mais experientes, enquanto os iniciantes devem utilizar menor intensidade de torque.

Quanto ao processo de corrosão da lima e sua relação com fratura, O'Hoy et al em 2003 e Haïkel et al em 1998 afirmaram que o hipoclorito de sódio não interfere nas propriedades mecânicas da liga, não aumenta o risco de fratura por torção ou fadiga cíclica, ou altera sua capacidade de corte. No entanto Stokes et al em 1999 realizaram estudo afirmando que em altas concentrações o NaOCl é capaz de causar corrosão mensurável nas limas.

Nos casos em que a prevenção da fratura da lima não foi possível, Strindberg, em 1956, Molyvdas et al, 2001 e Spili et al em 2005 corroboram com a afirmação de que a presença de lesão apical, interfere nas chances de cura, porém mesmo nestes casos o índice de sucesso é alto.

## **Conclusão**

A partir dos estudos realizados e das informações coletadas, podemos concluir que:

1. Os instrumentos rotatórios de níquel-titânio são um avanço tecnológico que teve como resultado melhora da qualidade de tratamento, diminuição do tempo de tratamento e do desgaste do paciente e operador
2. Visando respeitar a anatomia dos canais radiculares, as limas de melhor escolha devem ser as de ponta inativa
3. Os instrumentos rotatórios de níquel-titânio, apresentam baixo índice de fratura, contrariando algo que muitos dentistas pensam
4. Os fatores inerentes a fratura estão diretamente relacionados a experiência do operador e respeito das normas do fabricante
5. Caso ocorra a fratura de algum instrumento dentro do canal radicular, recomenda-se tratamento conservador, pois mesmo com o fragmento travado no interior do canal, os índices de sucesso são significativos.

## REFERÊNCIAS

1. Arens FC, Hoen MM, Steiman HR, Dietz GC, Jr. Evaluation of single-use rotary nickel-titanium instruments. *J Endod* 2003;29:664–6.
2. Baumann MA. ProTaper NT system. *Dental Clinics of North America* 2004; 48:87–111.
3. Berutti E, Negro AR, Lendini M, Pasqualini D. Influence of manual preflaring and torque on the failure rate of ProTaper rotary instruments. *J Endod* 2004;30:228–30. Buehler WJ. A Summary of Recent Research on the Nitinol Alloys and Their Potential Application in Ocean Engineering, *Ocean Eng* 1:105-120, 1968.
4. Bryant ST; Thompson SA; Al Omari MA; Dummer PM. Shaping ability of ProFile rotary nickel-titanium instruments with ISO sized tips in simulated root canals. Part 1. *Int. Endod. J.* v. 31, n. 4, p. 282-9, 1998a. Callahan JR. Sulfuric acid for opening root canals. *Dent. Cosmos.* v. 36, n. 12, p. 957-9, 1894.
5. Cheung GS, Peng B, Bian Z, et al. Defects in ProTaper S1 instruments after clinical use: fractographic examination. *Int Endod J* 2005;38:802–9.
6. Civjan S; Huget EF; De Simon LB. Potential applications of certain nickel-titanium (nitinol) alloys. *J. Dent. Res.* v. 54, n. 1, p. 89-96, 1975.
7. Cohen S; Burns RC. *Pathways of the pulp.* 7 ed. St. Louis, Mosby Inc, 1998.
8. Cohen S; Hargreaves KM. *Caminhos da polpa.* 9ª ed. Rio de Janeiro, Elsevier Editora Ltda, 2007.
9. Fox J, Moodnik RM, Greenfield E, Atkinson JS. Filling root canals with files: radiographic evaluation of 304 cases. *NY State Dent J* 1972;38:154–7.
10. Gabel, WP. Effect of rotational speed on nickel-titanium file distortion. *Journal of Endodontics* 1999; 25(11):752–4.
11. Gambarini G. Cyclic fatigue of nickel-titanium rotary instruments after clinical use with low- and high-torque endodontic motors. *J Endod* 2001;27:772–4.
12. Gambill JM.; Alder M.; Del Rio CE. Comparison of nickel-titanium and stainless steel hand-file instrumentation using computed tomography. *J. Endod.* v. 22, n. 7, p. 369-75. 1996. Gatewood RS. Endodontics materials. *Dent. Clin* 2007; N Am 51, pp. 695-712.

13. Glosson CR. A comparison of root canal preparations using Ni-Ti and Ni-Ti engine-driven and K-Flex endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 1995; 21: 146–51.
14. Grossman LI. *Endodontia prática*. 3<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro, Atheneu, 1963.
15. Haïkel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser JM, Allemann C. Cutting efficiency of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod* 1998;24:736–9.
16. Haïkel Y, Serfaty R, Wilson P, Speisser JM, Allemann C. Mechanical properties of nickel-titanium endodontic instruments and the effect of sodium hypochlorite treatment. *J Endod* 1998;24:731–5.
17. Hinrichs RE; Walker WA; Schindler WG. A comparison of apically extruded debris using handpiece-driven nickel-titanium instrument systems. *J. Endod.* v. 24, n. 2, p. 102-5, 1998.
18. Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endod Topics* 2005;10:30–76.
19. Linsuwanont P, Parashos P, Messer HH. Cleaning of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *Int Endod J* 2004;37:19–28.
20. Martin B. The effect of rotational speed and the curvature of root canals on the breakage of rotary endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 2002; 28(7):540–2.
21. McSpadden, JT. *Mastering Endodontic Instrumentation*. Arbor Books, Inc pp.10. 2006.
22. Molyvdas I, Lambrianidis T, Zervas P, Veis A. Clinical study on the prognosis of endodontic treatment of teeth with broken instruments. *Stoma* 1992;20:63 (In Greek). Data cited in: *Risk Management of Root Canal Treatment*. Lambrianidis I, ed. Thessaloniki: University Studio Press, 2001:199–247.
23. Montgomery S. Root canal wall thickness of mandibular molars after biomechanical preparation. *J. Endod.* v.11, n. 6, p. 257-63, 1985.
24. O’Hoy PYZ, Messer HH, Palamara JEA. The effect of cleaning procedures on fracture properties and corrosion of NiTi files. *Int Endod J* 2003;36:724–32.
25. Ottolengui R. Methods of filling teeth. *Dent. Cosmos* 1892; v. 34, p. 807-23.
26. Parashos P, Gordon I, Messer HH. Factors influencing defects of rotary nickel-titanium endodontic instruments after clinical use. *J Endod* 2004;30:722–5.

27. Philips RW. Materiais dentários de Skinner. 8ª ed. Rio de Janeiro, Guanabara, 1986.
28. Phillips R. Skinner's science of dental materials. Philadelphia: WB Saunders Co.,1991.
29. Pruett JP. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *Journal of Endodontics* 1997;23:77-85. Reddy SA; Hicks ML. Apical extrusion of debris using two hand and two rotary instrumentation techniques. *J. Endod.* v. 24, n. 3, p. 180-3, 1998. Saquy PC; Pécora JD. *Orientação profissional em odontologia*. 1ª ed. São Paulo, Livraria Santos Editora LTDA, 1996.
30. Ruddle C. Creating endodontic excellence. College of Dentistry University of Nebraska Medical Center. 2001.
31. Sattapan B. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *Journal of Endodontics* 2000; 26: 161-5.
32. Schafer E. Metallurgie und Eigenschaften von Nickel-Titan-Instrumentenzur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung. In: Hülsmann M, editor. *Wurzelkanalaufbereitung mit Nickel- Titan-Instrumenten*. Ein Handbuch. Berlin: Quintessenz 2002; p. 35-46. Schafer E; Tepel J; Hoppe W. Properties of endodontic hand instruments used in rotary motion. Part 2: Instrumentation of curved canals. *J. Endodon.* v. 21, n. 10, p. 493-7, 1995.
33. Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dental Clinics of North America* 1974; 18: 269-96.
34. Serene TP; Adams JD; Saxena A. Nickel-titanium instruments - applications in endodontics. 1ª ed. St Louis, Ishiyaku Euroamerican Inc. 1995.
35. Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:845-50.
36. Stokes OW, Fiore PM, Barss JT, Koerber A, Gilbert JL, Lautenschlager EP. Corrosion in stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod* 1999;25:17-20. Thompson SA. An overview of nickel-titanium alloys used in dentistry. *Internacional Endodontic Journal* 2000; 33:297-310.
37. Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors. An analytic study based on radiographic and clinical follow-up examinations. *Acta Odontol Scand* 1956;14:1-175.
38. Thompson SA; Dummer PM. Shaping ability of NT engine and McXim rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. *Int. Endod. J.* v. 30, n. 4, p. 262-269, 1997a.

39. Thompson SA; Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. *Int. Endod. J.* v. 31, n. 4, p. 259-67, 1998a.
40. Thompson SA; Dummer PM. Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 2. *Int. Endod. J.* v. 31, n. 4, p. 268-74, 1998b.
41. Thompson SA.; Dummer PM. Shaping ability of ProFile .04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals: Part 1. *Int. Endod. J.* v. 30, n. 1, p. 1-7, 1997c.
42. Vander Voort G. Visual examination and light microscopy. In: Mill K, et al., eds. *Fractography, ASM Handbook, Vol.12, 3<sup>a</sup> ed.* Materials Park, OH,USA: ASM International,pp. 96–97. 1987.
43. Weine FS; Kelly RF; Lio PS. The effect of preparation procedures on original canal shape and apical foramen shape. *J. Endod.* v.2, n. 10, p. 298-303, 1976.
44. Yared G. Accuracy of the TCM Endo III torque-control motor for nickel-titanium rotary instruments. *Journal of Endodontics* 2004;30(9):644-5.
45. Yared GM, Bou Dagher FE, Machtou P, Kulkarni GK. Influence of rotational speed,torque and operator proficiency on failure of Greater Taper files. *Int Endod J* 2002;35:7–12
46. Yared G, Sleiman P. Failure of ProFile instruments used with air, high torque control, and low torque control motors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002;93:92–6.