



## **SIMULAÇÃO DE TORÇÃO EM LIMAS ENDODÔNTICAS FAZENDO ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS**

### **Roberto Brunow Lehmann**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255  
125 Volta Redonda, RJ. E-mail: lehmann@ig.com.br

### **Carlos Nelson Elias**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255  
125 Volta Redonda, RJ. E-mail: cnelias@bol.com.br

### **Jayme Pereira Gouvêa**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255  
125 Volta Redonda, RJ. E-mail: jpg@metal.eimvr.uff.br

### **Hélder Dimas Coimbra**

R. Moreira dos Santos, 772 Aptº201 B. Pirai RJ CEP: 27130-430. E-mail: helder@hdcoimbra.com.br

***Resumo.** Neste trabalho é apresentada a simulação por elementos finitos (empregando-se o programa ANSYS) do ensaio de torção de limas empregadas no tratamento de canais dentários. Através da simulação foi possível identificar a distribuição de tensão e os locais de concentração de tensões, assim é possível encontrar os pontos aonde podem ocorrer falha na peça. A simulação indicou que as tensões máximas na lima ocorrem na região próxima das restrições de movimento.*

***Palavras-chave:** lima endodôntica, distribuição de tensões, elementos finitos, Ansys, Torção.*

## **1. INTRODUÇÃO**

As limas endodônticas são instrumentos de aço inoxidável ou de liga NiTi empregadas na preparação químico-mecânica de canais radiculares.

Estes instrumentos apresentam pequenas dimensões, forma complicada e geometria com variações bruscas de dimensões, conseqüentemente apresentam um grande número de pontos considerados como concentradores de tensão. Por meio da microscopia eletrônica pode-se observar que as superfícies das limas endodônticas comerciais apresentam marcas de usinagem, cavacos se soltando, regiões com redução abrupta de diâmetro e outros defeitos que induzem a falha prematura do instrumento. Além destas características deletérias, durante o preparo químico mecânico do canal radicular, os instrumentos endodônticos são submetidos a esforços severos que variam com a anatomia do canal e com a habilidade do profissional.

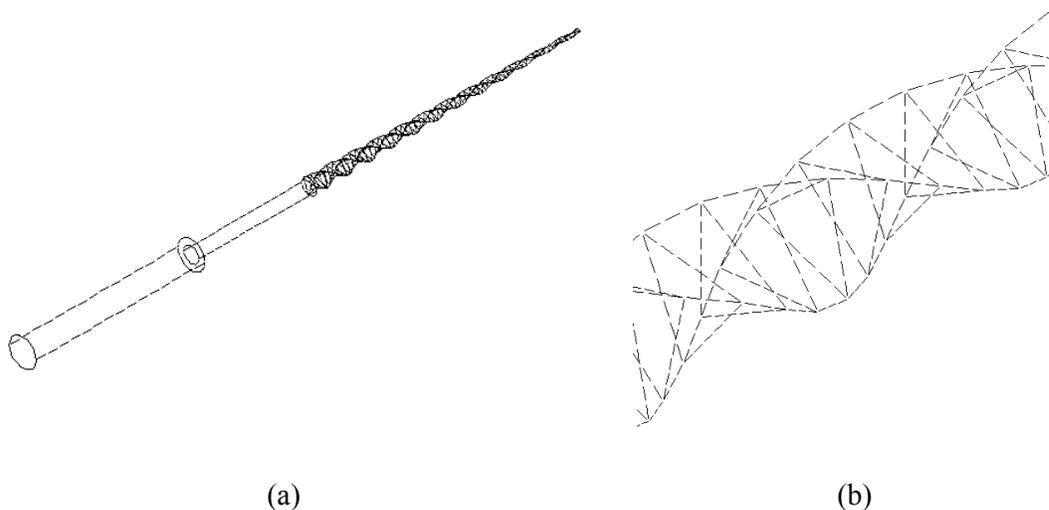
Os instrumentos são comercializados com diferentes calibres, os quais são selecionados pelo profissional em função da anatomia e dimensões do canal. Quanto menor o diâmetro da lima maior a sua flexibilidade e maior a possibilidade de falha no interior do canal durante a instrumentação. Ao profissional é importante conhecer o torque máximo que o instrumento resiste antes da falha. Neste trabalho fez-se a simulação por elementos finitos, empregando-se o programa ANSYS, do ensaio de torção de limas empregadas no tratamento de canais dentários. Através da simulação foi possível identificar a distribuição e os locais de concentração de tensões.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A lima utilizada foi de aço inoxidável, com comprimento de 16mm na parte ativa (helicoidal, cônica e de sessão triangular), 7mm no cilindro intermediário e 10mm no cabo cilíndrico; conforme especificação das limas da série 29 com conicidade de 0,06mm/mm. A lima utilizada foi a de número 4, que contém diâmetro  $D_0 = 0,216$  mm,  $D_{16} = 1,176$  mm e volume =  $7,05$  mm<sup>3</sup>.

Os cálculos das tensões e deformações das limas endodônticas no ensaio de torção foram realizados pelo método de elementos finitos. O modelo considerou todas as não-linearidades geométricas da peça, ou seja, o cabo e a parte ativa helicoidal e cônica.

Para a confecção do desenho, foi utilizado o Software Autocad 2000 em 3 dimensões. Inicialmente, foram estabelecidos 63 planos paralelos, sendo três para a confecção do cabo e do cilindro intermediário. Os demais, assim como o último do cilindro intermediário, foram necessários para a confecção das seções retas triangulares, em rotações no plano variáveis. Após esta fase, foi necessário determinar as linhas de ligação entre os triângulos da região ativa, gerando assim, o helicóide. A conicidade foi adquirida, porque os triângulos de  $D_0$  a  $D_{16}$  foram aumentando gradativamente, conforme a conicidade desejada. O desenho da lima a partir do Software Autocad 2000 pode ser visualizado na figura abaixo:



(a) (b)  
Figura 1 – Desenho da lima endodôntica no Autocad:  
a) Visão isométrica da lima; b) Detalhe da região de corte da lima endodôntica

Uma vez que, a lima encontra-se definida pelas linhas, é necessário salvar o arquivo do Autocad, com extensão “DWG”, para uma extensão que o programa ANSYS entenda, ou seja, extensão “IGES”.

Importa-se o desenho da lima para o programa ANSYS, aonde o mesmo chega com diversas irregularidades, ou seja, *keypoints* e linhas sobrepostas. Inicia-se, portanto, um processo lento e exaustivo de limpeza do desenho, visto que não se pode ter entidades diferentes para uma mesma representação. Conseguindo terminar esta fase, começa-se a definição das áreas e posteriormente a definição dos volumes.

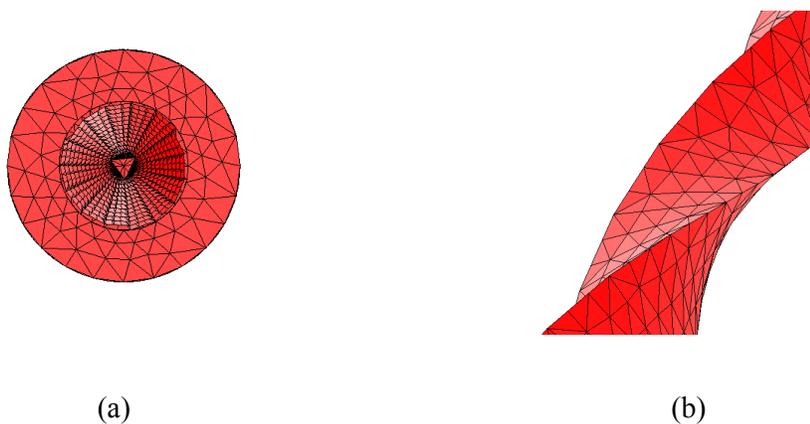
A outra fase é a de determinação do elemento. Foi utilizado o elemento sólido estrutural (SOLID72). Este elemento apresenta quatro nós com seis graus de liberdade por nó (rotação e translação nos três eixos). Para os cálculos usando o ANSYS considerou-se o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson como sendo iguais a  $1,97 \times 10^6$  N.mm<sup>-2</sup> e 0,28, respectivamente.

A simulação da peça foi feita linearmente, pois as limas endodônticas não podem sofrer deformações plásticas. Isto traria um desconforto muito grande ao paciente. Logo, estas limas devem trabalhar somente na região elástica, justificando a simulação linear, e conseqüentemente, a escolha do elemento SOLID72.

Uma vez determinado o elemento e suas características gerou-se a malha. Para que não haja desencontros dos nós existentes nos planos intermediários da seção, fez-se uma operação de soma booleana de todos os volumes envolvidos. Isso permitiu que os 62 volumes se tornassem apenas um. Após este procedimento, gerou-se a malha. O modelo da lima com a malha gerada pode ser acompanhado conforme as figuras 2 e 3 a seguir:



Figura 2 – Desenho da lima endodôntica no ANSYS (visão lateral da lima)



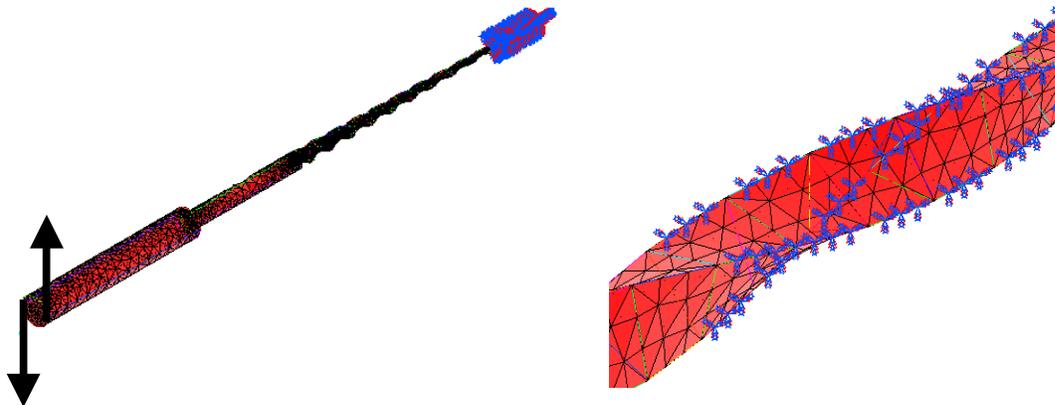
(a) (b)  
Figura 3 – Desenho no ANSYS (a) visão frontal da lima;  
(b) visão isométrica da lima

O modelo apresentou 195 keypoints, 381 linhas, 189 áreas e 62 volumes (que por soma booleana virou apenas 1 volume). A malha gerada apresentou aproximadamente 25.000 elementos.

O torque foi aplicado no cabo da lima em dois nós através de um binário, conforme a figura 4. O carregamento utilizado na simulação foi o mesmo que o do ensaio experimental. Foi aplicado um torque de 30gf.cm no cabo e as restrições de movimento do instrumento foram aplicadas a 3 mm da ponta.

Em ensaios preliminares de simulação, verificou-se que as limas endodônticas ao serem torcidas no mesmo sentido de suas hélices apresentaram diminuição do comprimento e ao serem torcidas no sentido oposto ao das hélices há aumento no comprimento. Por este motivo, as restrições usadas

para a imobilização da ponta da lima permitiram a movimentação vertical da parte ativa do instrumento (eixo z), evitando-se deste modo a criação de uma componente de carregamento na direção do eixo do instrumento.



(a) (b)  
 Figura 4 – Desenho no ANSYS visão isométrica da lima com:  
 a) as restrições aplicadas nas arestas e a força aplicada no cabo;  
 b) Zoom das restrições aplicadas nas arestas da lima

### 3. RESULTADOS

Na torção à direita ocorreu a reversão do sentido das espirais e na torção à esquerda ocorreu a redução homogênea do passo das hélices a partir dos pontos de restrição de movimento.

Para a análise da solução foi utilizada a teoria de von Mises para tensões equivalentes. Os resultados indicam que a lima endodôntica falha na região próxima ao ponto em que foram aplicadas as restrições de movimento, o que condiz com os resultados experimentais.

A visualização dos resultados pode ser acompanhada conforme as figuras 5, 6 e 7, abaixo:

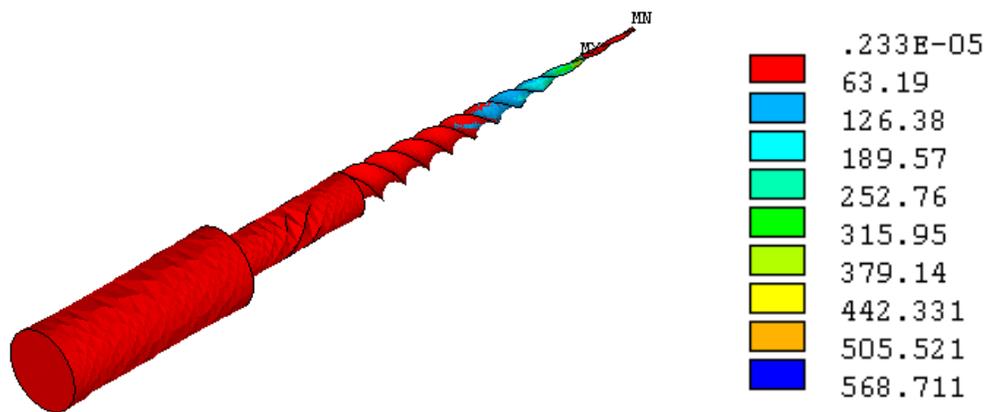


Figura 5 – Tensões Equivalentes de von Mises (MPa)

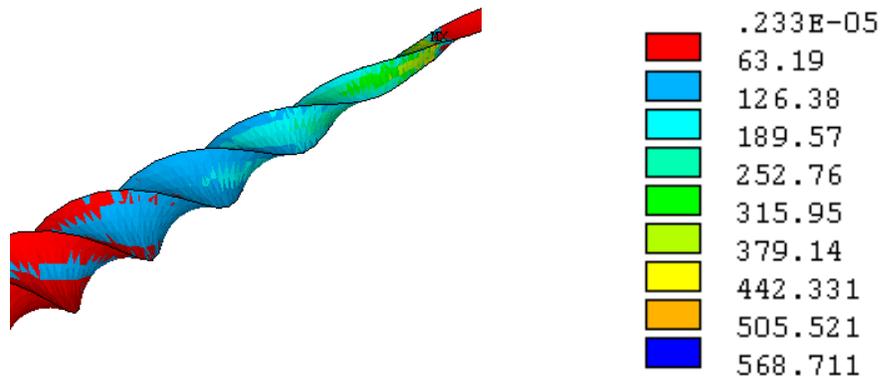


Figura 6 – Zoom da Região de Interesse - Tensões Equivalentes de von Mises (MPa)

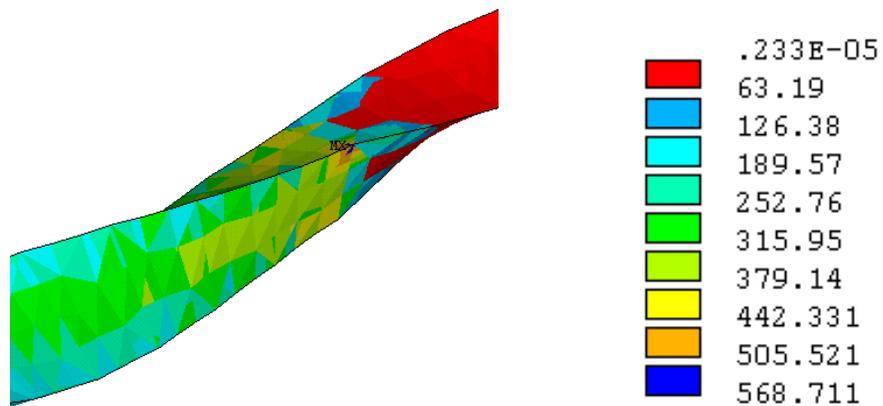


Figura 7 – Zoom da Região de Interesse - Tensões Equivalentes de von Mises (MPa)

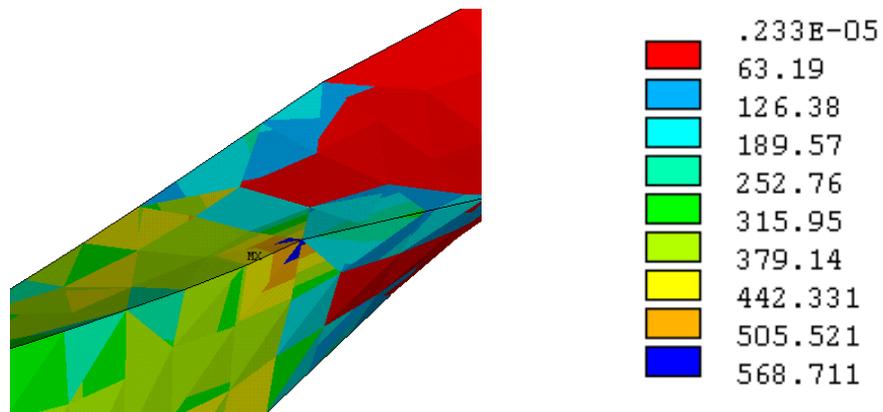


Figura 8 – Zoom da Região de Interesse - Tensões Equivalentes de von Mises (MPa)

#### 4. DISCUSSÃO

Em um eixo com seção reta triangular, a análise torna-se mais complicada, uma vez que há mudança na forma da seção reta resistente durante a torção. As arestas da face da seção, inicialmente perpendiculares ao eixo da barra, tornam-se curvas, indicando que há variação da deformação ao longo dos lados da barra.

Em função da forma da seção reta da barra tem-se que a tensão cisalhante máxima pode ser calculada pela equação:

$$\tau = \frac{20Mt}{a^3} \quad (1)$$

onde, “Mt” é o momento aplicado à barra, “a” o lado do triângulo equilátero e “ $\tau$ ” a tensão cisalhante máxima.

As tensões cisalhantes máximas estão situadas em dois planos perpendiculares entre si, um deles paralelo ao eixo da barra. Os vértices da seção transversal são livres de tensão. Quando o instrumento endodôntico é torcido na direção horária, a tensão principal  $\sigma_1$  é responsável pelo aumento do comprimento da lima durante a torção, alterando a forma das espiras do instrumento. A tensão  $\sigma_2$ , a qual é compressiva, minimiza o crescimento das trincas e dos defeitos de usinagem existentes no corpo do instrumento.

Quando os instrumentos são torcidos no sentido das espiras, o sentido das tensões  $\sigma_1$  e  $\sigma_2$  se invertem. A tensão  $\sigma_2$  é trativa e causa a abertura das trincas existente no eixo da lima e facilita a falha. Na rotação a direita dos instrumentos, há aumento do seu comprimento devido a mudança do sentido das hélices. Na rotação a esquerda, há diminuição do comprimento do instrumento devido a diminuição do passo de suas hélices.

Na clínica, quando o instrumento fica imobilizado no interior do canal, o profissional deve evitar a aplicação de torção, especialmente no sentido anti-horário. O profissional deve tentar soltar a lima mediante a aplicação de cargas trativas na direção do eixo do instrumento.

O uso do ANSYS indicou que as tensões máximas na lima durante o ensaio de torção ocorrem na região próxima ao local de imobilização. Este resultado corrobora os resultados experimentais, uma vez que todas as limas falharam nesta região.

Tabela 1 - Tensões de von Mises ao longo da lima

REGIÃO DA LIMA	N/m <sup>2</sup> (Mpa)
CABO DA LIMA	61,9
MEIO DA LIMA	123,8
REGIÃO DA FALHA	557,1
PONTA DA LIMA	0,27 x 10 <sup>-5</sup>

#### 5. CONCLUSÕES

As análises de simulação com o ANSYS mostraram que é possível prever os locais de concentração de tensões, logo é possível encontrar os pontos que podem ocorrer a falha.

O uso do ANSYS indicou que as tensões máximas na lima durante o ensaio de torção ocorrem na região próxima ao local de imobilização. Este resultado condiz com os resultados experimentais, uma vez que todas as limas falharam nesta região.

## 6. REFERÊNCIAS

- C.N. Elias, Hélio P. Lopes, Carlos S. C. Viana, Carlos Estrela, Estudo da fratura de limas endodônticas, Revista Brasileira de Odontologia, Volume LII p18-22 Julho/Agosto Rio de Janeiro (1995).
- Lopes, H.P., Elias, C.N., Fratura por torção de limas endodônticas de aço inoxidável e de Níquel-Titânio. Revista Brasileira de Odontologia, p8-12 Março/Abril, 2001.
- Lopes, H.P., Elias, C.N., Siqueira Jr, J. F., Fratura por torção das limas endodônticas de aço inoxidável, RBO, v. 57, n.3, Maio/Junho 2000.
- Lopes, H.P., Elias, C.N., Siqueira Jr, J. F., Considerações sobre a conicidade e o diâmetro das limas endodônticas, RBO, v. 57, n.3, Maio/Junho 2000.
- Roane, J.B., Sabaia, C., Clockwise or counterclockwise, J. Endodn 10 p.349-353 1984.
- Seto, B.G., Nichols, J.I., Harrington, G.W., Torsional Properties of twisted and machined endodontic files, J. of Endodontics 16 p.355-360 1990.
- Young, W.C., Roark's formulas for stress and strain, McGraw-Hill Co, New York, 1989 p.345-389.

## 7. DIREITOS AUTORAIS

Roberto Brunow Lehmann

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255 125 Volta Redonda, RJ. E-mail: lehmann@ig.com.br

## TORSION SIMULATION IN ENDODONTIC INSTRUMENT USING FINITES ELEMENTS METHOD

**Roberto Brunow Lehmann**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255 125 Volta Redonda, RJ. E-mail: lehmann@ig.com.br

**Carlos Nelson Elias**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255 125 Volta Redonda, RJ. E-mail: cnelias@bol.com.br

**Jayme Pereira Gouvêa**

Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda. Av dos Trabalhadores 420, 27255 125 Volta Redonda, RJ. E-mail: jpg@metal.eimvr.uff.br

**Hélder Dimas Coimbra**

R. Moreira dos Santos, 772 Aptº201 B. Pirai RJ CEP: 27130-430. E-mail: helder@hdcoimbra.com

**Abstract.** *This paper used finites elements method to simulate a endodontic files used in dental root treatment using Ansys program. In simulation is possible identify the stress distribution and the stress concentration, so you can find the points where there is failure.*

**Palavras-chave:** *endodontic files, stress distribution, finites elements, Ansys, torsion.*