

**INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO FORAME APICAL E DO  
CALIBRE DO INSTRUMENTO ENDODÔNTICO NAS  
LEITURAS ODONTOMÉTRICAS PROPORCIONADAS  
POR DOIS APARELHOS LOCALIZADORES APICAIS.**

**JÁRCIO VICTÓRIO BALDI**

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Endodontia.

**Bauru  
2005**

**INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DO FORAME APICAL E DO  
CALIBRE DO INSTRUMENTO ENDODÔNTICO NAS  
LEITURAS ODONTOMÉTRICAS PROPORCIONADAS  
POR DOIS APARELHOS LOCALIZADORES APICAIS.**

**JÁRCIO VICTÓRIO BALDI**

Dissertação apresentada a Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia, Área de Endodontia.

**Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes**

**Bauru  
2005**

BALDI, Jácio Vltório  
B193i      Influência do diâmetro do forame apical e do calibre  
do instrumento endodôntico nas leituras odontométricas  
proporcionadas por dois aparelhos localizadores apicais.  
Jácio Vltório Baldi. -- Bauru, 2005.  
xx, 127 p. : il. ; 30 cm.

Tese (Mestrado) -- Faculdade de Odontologia de  
Bauru . Universidade de São Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a  
reprodução total ou parcial desta tese, por processo  
fotocopiadores e/ou meios eletrônicos.

Assinatura do autor:

CComitê de Ética da FOB-USP

PProtocolo n.º: 96/2004

DData: 03/05/2005

## ***DADOS CURRICULARES***

### ***JÁRCIO VICTÓRIO BALDI***

Filiação	Victório Baldi Anilda Marcusso Baldi
Nascimento	26 de Março de 1963
1982-1985	Curso de Graduação em Odontologia na Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo.
1986-1988	Curso de Especialização em Endodontia sob a forma de Residência na Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto-USP – Bolsista da FUNDAP
1988-1989	Professor Adjunto A1 em Histologia e Embriologia Oral da Universidade de Ribeirão Preto
1991-1992	Professor Assistente de Endodontia na Universidade de Marília
2003-2005	Curso de Mestrado na área de Endodontia na Faculdade de Odontologia de Bauru

# DEDICATÓRIA

*“É Graça Divina começar bem. Graça maior é persistir na caminhada certa. Mas a graça das graças é não desistir nunca!”*

*Dom Helder Câmara*

## DEDICATÓRIA

*A **DEUS**, o Grande Arquiteto do Universo, que de maneira silenciosa está sempre presente, iluminando meu caminho, e de minha família, assim como nos protegendo das adversidades que a vida nos apresenta.*

*A minha esposa **Ana Lúcia** que esteve sempre comigo, compreendendo os momentos de ausência, superando-os com estímulo, carinho e dedicação para que eu pudesse atingir esta conquista. A você o meu eterno reconhecimento e todo o meu amor!*

*Aos meus filhos **Danilo e Murilo** que são minha razão de viver. Ao lado de sua mãe, sempre me apoiaram e superaram minha ausência. Não existe jóia mais valiosa no mundo. **Amo vocês!!!***

# AGRADECIMENTOS

*“O modo correto de encarar a vida é com amor. O modo correto de se viver é com gratidão”.*

*K. Kussumoto*

## AGRADECIMENTOS

*Aos meus pais, **Victório e Anilda**, apesar de hoje eu não estar mais compartilhando suas presenças, me permitiram, através de seus incontáveis esforços, que eu ingressasse nesta Universidade para minha formação profissional. Sei que hoje, onde quer que estejam, estão felizes em saber que um filho seu atingiu mais uma conquista na sua vida.*

*Agradeço ao meu sogro **Olegário** e minha sogra **Shirley**, que durante minhas ausências, estiveram sempre ao lado de minha família, cuidando, para que tudo se mantivesse na mais perfeita harmonia.*

*Ao **Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes**, meu amigo e orientador, minha eterna gratidão pela oportunidade oferecida, bem como pela tolerância e dedicação na realização das diversas fases desta orientação e, principalmente pela amizade honesta e sincera. Deus sabe que você não apenas me orientou neste trabalho, mas também nos momentos difíceis que passei neste período de minha vida. Por mais que eu queira agradecer as palavras serão ínfimas diante do que realmente eu sinto.*



Aos Professores da Disciplina de Endodontia **Dr. Clóvis Monteiro Bramante, Dr. Norberti Bernardineli e Dr. Roberto Brandão Garcia**, agradeço pela diferenciação que sempre me dispensaram. Mestres e amigos de grande valor não só para a Endodontia, mas também pelo lado humano que guardam como prioridade na concepção de formar profissionais e docentes.

Ao **Dr. Alceu Berbert** que sempre demonstrou um carinho para comigo, e certamente foi um profissional digno de respeito e admiração, e que contribuiu muito para a minha formação profissional.

Ao **Prof. Dr. Marco Antonio Hungaro Duarte**, que mesmo estando sempre atarefado, e muitas vezes, abdicando do tempo que poderia desfrutar com a própria família, nunca soube se negar para que este trabalho pudesse ser concretizado.

Ao **Prof. Dr. Paulo Martins Ferreira** que sempre me estimulou para que eu encarasse as oportunidades surgidas, e, por sempre manter as portas abertas para que eu pudesse me banhar em novos conhecimentos o meu eterno, muito obrigado.

Á **Carminha, Renata, Fernanda e Guilherme** que sempre me acolheram bem em seu lar, que por sinal, é um exemplo de família a ser seguido.

## AGRADEÇO AINDA

*Aos meus colegas de turma do mestrado em Endodontia: **Adriana Lustosa, Amélio Taveira, Augusto Bodanezi, Daniele Siqueira, Eduardo Bortoluzzi, Luciano Cintra, Thaís Mendonça e Norberto Broon**, pela tolerância, compreensão e amizade.*

*À minha cunhada **Mariângela** pela ajuda na confecção das tabelas.*

*Aos meus colegas de mestrado **Zanda, Fernando “Ozzy”, Cássia, Lígia e Carla** com os quais compartilhei muitos momentos de discussão, descontração e alegria, principalmente durante as refeições no restaurante do Campus.*

*Ao meu grande amigo, o doutorando **Paulo Fukashi**, que sempre me apoiou e ajudou, transmitindo seu conhecimento infindável para que eu pudesse evoluir profissionalmente.*

*Aos funcionários da Biblioteca sempre tão dispostos a ajudar, fica o meu agradecimento.*

*Aos funcionários da Disciplina de Endodontia, **D. Neide, Patrícia e Suely** pelo profissionalismo gentileza e atenção presentes em todos os momentos.*

*Ao meu amigo **Edimauro**, pela confiança e amizade. Um laço de amizade que teve início no período da graduação, e perdura por todos estes anos, sempre forte.*

*Ao **Prof. Dr. José Roberto Lauris** que, mesmo envolvido em outras atividades, colaborou com a análise estatística desse trabalho.*

*À minha colega de mestrado **Gisele Dalben** pela correção do Abstract*

## **AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS**

*Ao prefeito do Campus na pessoa do **Prof. Dr. José Fernando Castanha Henriques.***

*A Faculdade Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, na pessoa da Diretora **Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Fidela de Lima Navarro.***

*À comissão de pós-graduação da Faculdade de Odontologia de Bauru na pessoa do seu Presidente **Prof. Dr. José Carlos Pereira.***

*A Disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, na pessoa do chefe de departamento **Prof. Dr. Norberti Bernardineli***

*Ao **CNPq** pelo auxílio pecuniário.*

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE TABELAS.....	xvii
RESUMO .....	xx
1 INTRODUÇÃO .....	2
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	6
3 PROPOSIÇÃO .....	62
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	64
5 RESULTADOS .....	70
6 DISCUSSÃO .....	85
7 CONCLUSÕES .....	104
ANEXOS .....	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	109
ABSTRACT .....	126

# LISTAS

*“É melhor merecer honrarias e não recebê-las do  
que recebê-las sem merecer”*

*Mark Twain*

## LISTA DE ABREVIATURAS

$\mu\text{m}$	.....	Micrometro
-	.....	Menos
%	.....	Porcento
$\mu\text{V}$	.....	Microvolts
CDC	.....	Canal-dentina-cemento
E.D.T.A.	.....	Ácido Etileno Diamino Tetra-Acético
F	.....	Estatística da Analise de variância
gl	.....	graus de liberdade
gr	.....	Gramas
kHz	.....	kiloHertz
mA	.....	Miliamperes
mm	.....	milímetro
mV	.....	milivolt
Ni-Ti	.....	Níquel-Titanio
nº	.....	Número
p	.....	probabilidade
QM	.....	Quadrado médio
rpm	.....	Rotações por minuto
Tipo K	.....	Tipo Kerr
$\mu\text{A}$	.....	microampere
$\Omega$	.....	Ohms

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig. 1</b> - Momento da medição eletrônica com o aparelho NovApex.....	69
<b>Fig. 2</b> - Momento da medição eletrônica com o aparelho Root ZX.....	69
<b>Gráfico 1</b> - Valores médios das leituras realizadas com o Root ZX® e NovApex® com lima nº10 e limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames.....	83
<b>Gráfico 2</b> - Valores médios das leituras realizadas com o Root ZX® com lima nº10 e limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames.....	84



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela-1-</b> Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX <sup>®</sup> e NovApex <sup>®</sup> , considerando-se diâmetro do forame em 100 $\mu$ m (grupo A) e a medida realizada com a lima n <sup>o</sup> 10.....	74
<b>Tabela-2-</b> Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX <sup>®</sup> e NovApex <sup>®</sup> , considerando-se o diâmetro dos forames em 200 $\mu$ m (grupo B) e medidas realizadas com as limas n <sup>o</sup> 10 e 20.....	75
<b>Tabela-3-</b> Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX <sup>®</sup> e NovApex <sup>®</sup> , considerando-se o diâmetro dos forames em 300 $\mu$ m (grupo C) e medidas realizadas com as limas n <sup>o</sup> 10 e 30.....	76
<b>Tabela-4-</b> Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX <sup>®</sup> e NovApex <sup>®</sup> , considerando-se o diâmetro dos forames em 400 $\mu$ m (grupo D) e medidas realizadas com as limas n <sup>o</sup> 10 e 40.....	77
<b>Tabela-5-</b> Descrição dos valores médios, mínimos, máximos, e desvios padrão para as medidas encontradas com os localizadores apicais eletrônicos.....	78
<b>Tabela-6-</b> Valores médios e desvios padrão (dp) obtidos utilizando-se a lima n <sup>o</sup> 10 nas leituras com os aparelhos Root ZX <sup>®</sup> e NovApex <sup>®</sup> nos forames de diâmetro 100, 200, 300 e 400 $\mu$ m.....	78

**Tabela-7-** *Análise de variância a dois critérios, aplicados aos valores obtidos com a lima nº 10 pelas variáveis aparelhos (Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>) e diâmetros de forames (100µm/200µm/300µm/400µm).....* 79

**Tabela-8-** *Resultados obtidos através de Analise de variância a dois critérios para o aparelho Root ZX<sup>®</sup> comparando-se diâmetros de forames (200µm/300µm/400mm) e lima (10 e correspondente).....* 79

**Tabela-9-** *Resultados obtidos através de Analise de variância a dois critérios para o aparelho NovApex<sup>®</sup> comparando-se diâmetros de forames e lima.....* 79

**Tabela-10-** *Teste de Tukey para confrontação entre os diâmetros dos forames, dos dados obtidos com o Root ZX<sup>®</sup>, utilizando-se a lima nº 10 ( $p < 0,05$ ).....* 80

**Tabela-11-** *Teste de Tukey para confrontação entre os diâmetros dos forames, dos dados obtidos com o NovApex<sup>®</sup>, utilizando-se a lima nº 10 ( $p < 0,05$ ).....* 80

- 
- Tabela-12-** *Teste de Tukey para comparação dos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, das leituras dos valores médios obtidos, com relação ao diâmetro dos forames ( $p=0,05$ ).....* 81
- Tabela-13-** *Valores médios e desvios padrão comparando medições realizadas com a lima nº 10 e com as limas correspondentes aos diâmetros dos forames, utilizando-se os aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e o NovApex<sup>®</sup> .....* 81
- Tabela-14-** *Teste de Tukey para verificar a influência do diâmetro do forame sobre a leitura realizada com o aparelho Root ZX<sup>®</sup> ( $p=0,05$ ) com as limas correspondentes aos diâmetros dos forames.....* 82
- Tabela-15-** *Teste de Tukey para verificar a influência do diâmetro da lima sobre a leitura do aparelho Root ZX<sup>®</sup> ( $p=0,05$ )..* 82

# RESUMO

*"A Odontologia é uma profissão que exige dos que a ela se dedicam:*

*o senso estético de um artista,*

*a destreza manual de um cirurgião,*

*o conhecimento científico de um médico, e*

*a paciência de um monge".*

*Pio XII*

## RESUMO

Este estudo objetivou avaliar a influência do diâmetro do forame e do instrumento endodôntico na leitura odontométrica de dois aparelhos localizadores apicais eletrônicos. Foram utilizados 40 dentes incisivos inferiores, divididos em 4 grupos, de acordo com o diâmetro do forame apical (100, 200, 300 e 400  $\mu\text{m}$ ). Após a abertura coronária desses dentes e o acesso aos canais radiculares, realizou-se a medição do comprimento dos mesmos com auxílio de um microscópio clínico com ampliação de 7,8X, da incisal até que a ponta da lima surgisse no forame apical. Os dentes foram colocados em potes individuais contendo solução de ágar a 1% em solução salina de fosfato tamponado, mantendo-se cerca de 2/3 de suas raízes imersas na solução para que pudesse ser feita a leitura com o *Root ZX*<sup>®</sup> (J.Morita, Japão) e o *NovApex*<sup>®</sup> (Fórum, Israel). Os mesmos foram medidos com limas nº10 até que a distância de 0,5 mm do ápice fosse acusada no display dos aparelhos. Uma outra medida foi realizada nos dentes utilizando-se lima nº10 e limas com diâmetros correspondentes ao diâmetro dos forames (200 $\mu\text{m}$ , 300 $\mu\text{m}$  e 400 $\mu\text{m}$ ). Para a análise estatística foi empregado o teste de Análise de Variância a dois critérios para o confronto global entre os aparelhos e o emprego da lima nº10 em todos os dentes e teste de *Tukey* para as comparações individuais. Os resultados demonstraram diferença estatística na precisão dos dois aparelhos com um resultado mais preciso para o *Root ZX*<sup>®</sup> ( $p < 0,05$ ). Dentes com forame, de menor diâmetro, apresentaram uma medida mais precisa com o localizador apical e dentes com forame de maior diâmetro apresentaram uma maior discrepância na medida. O emprego de limas tipo K nº10 nos dentes com forames de diâmetros maiores apresentaram maior precisão na medição quando comparadas às limas coincidentes aos diâmetros dos forames para o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>. Para o *NovApex*<sup>®</sup> esta correlação só passou a ocorrer a partir da lima nº40.

# 1 - INTRODUÇÃO

*“Os benefícios da instrução nunca são perdidos”*

*Franklin Roosevelt*

# 1 - INTRODUÇÃO

Na endodontia, a determinação do comprimento de trabalho é uma das mais precoces etapas da terapia endodôntica, consistindo o momento em que o dente é mensurado, indicando o limite apical de instrumentação, sendo, portanto, de suma importância para a realização de um bom tratamento endodôntico. Embora o canal radicular principal esteja limitado pelo forame apical, o ponto de menor diâmetro deste canal é usualmente encontrado na constrição apical, no limite CDC. De acordo com RICUCCI; LANGELAND<sup>105</sup> a constrição apical, representa a transição entre o tecido pulpar e o tecido periodontal. Estabelecer o comprimento de trabalho coincidente com esta região do canal radicular é o ideal para o tratamento endodôntico. Segundo INGLE<sup>57</sup>, um comprimento de trabalho estabelecido além dessa região, poderá causar perfuração apical e sobre-instrumentação, com conseqüente sobre-obturação o que poderá provocar dor pós-operatória e, certamente, dificultará o processo de cicatrização. Em contrapartida, um comprimento de trabalho aquém do menor diâmetro poderá levar a uma inadequada limpeza do canal radicular, assim como uma sub-obturação permitindo a infiltração de fluidos para o interior do canal, provocando insucesso no tratamento endodôntico.

KUTTLER<sup>75</sup> reportou que a constrição do canal se dá aproximadamente de 0,5 a 1,0 mm aquém do forame e que, em cerca de 70 % a 80 % dos casos, o forame apical apresenta-se ligeiramente aquém do ápice radicular. Esses estudos foram confirmados por GREEN<sup>45</sup> examinando, em estereomicroscópio, ápices de 400 dentes anteriores. Desta forma, a radiografia nem sempre oferece uma visão real da posição terminal do canal. Isto significa que o comprimento radiográfico do dente pode determinar um comprimento de trabalho incorreto quando comparado com a localização real do forame apical.

Alguns métodos de determinação do comprimento de

trabalho foram descritos e aferidos cientificamente, desde a sensibilidade táctil digital; passando por métodos fundamentados em análises radiográficas que são interpretadas com auxílio de fórmulas matemáticas, escalas, ou apenas de acordo com a interpretação do operador, até métodos eletrônicos. Esses métodos foram utilizados isoladamente ou em conjunto.

Na odontometria tradicional, amplamente difundida e realizada por meio de tomadas radiográficas, na maioria dos casos, o ápice dental radiográfico é considerado referência para se estabelecer o comprimento do dente e, conseqüentemente, o comprimento de trabalho. Os métodos que utilizam interpretações de imagens radiográficas possuem limitações resultantes de fatores como distorções, impossibilidade de visualização do forame e constrição apicais, interferências anatômicas e de instrumentais clínicos, como os grampos, utilizados durante o tratamento endodôntico. Inclusive, se impõe a restrição quanto ao fato de ser uma imagem bidimensional de um objeto tridimensional, além da interpretação subjetiva do operador.

Apesar do método eletrônico de determinação do comprimento de trabalho ter sido inicialmente apresentado por CUSTER<sup>24</sup> no início do século, foi somente no ano de 1962 que SUNADA<sup>119</sup> apresentou um aparelho capaz de realizar a medição eletrônica do comprimento do canal radicular, a partir da indicação do valor da diferença de potencial elétrico entre o conteúdo do canal radicular e o ligamento periodontal.

Os localizadores apicais, baseados no princípio de SUNADA<sup>119</sup>, são aparelhos do tipo resistência, onde trabalham com o registro de que a resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa bucal apresenta um valor constante. Esses aparelhos são denominados de primeira geração. Tais localizadores apicais eletrônicos tiveram a precisão aferida por vários estudos, TENEBBAUM<sup>121</sup> (1967), INOUE<sup>60</sup> (1973), O'NEILL<sup>92</sup>(1974), BRAMANTE; BERBERT<sup>13</sup> (1974), BLANK; TENCA; PELLEU<sup>12</sup> (1975), SEIDBERG<sup>109</sup> *et al* (1975),



BUSCH<sup>18</sup> et al (1976), KAUFMAN<sup>60</sup> (1979), BECKER<sup>7</sup> (1980), CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE<sup>20</sup> (1981), BERMAN; FLEISCHMAN<sup>10</sup>(1984), INOUE; SKINNER<sup>61</sup> (1985), TROPE<sup>127</sup>(1985), ABBOTT<sup>1</sup> (1987), AUN<sup>3</sup> (1988), KAUFMAN; SZAJKIS<sup>67</sup> (1989), FOUAD<sup>38</sup> et al (1990), STEIN<sup>116</sup> et al (1991), WU; SHI; HUANG<sup>134</sup> (1992) que indicaram diferentes índices de sucesso nas medições. A maior desvantagem dos aparelhos fundamentados nesse método, reside no fato das leituras não apresentarem confiabilidade quando o canal apresenta algum tipo de umidade em seu interior. Todos os estudos que exibiram algum índice de sucesso do método foram executados a partir de leituras em canais secos.

Frente à dificuldade de se obter medições precisas em canais úmidos com tais localizadores apicais, em 1965, KONAMURA<sup>74</sup> et al desenvolveram, um novo aparelho para a obtenção do comprimento de trabalho. Mesmo sendo baseado no princípio da resistência elétrica, proposto por SUNADA<sup>119</sup>, esse aparelho diferenciava-se do anterior, pela aplicação de uma corrente elétrica alternada na medição do valor da resistência elétrica do ligamento periodontal. Uma vez aplicado esse tipo de corrente, a resistência elétrica do meio passa a denominar-se impedância, que é a capacidade que os materiais possuem de impedir a passagem da corrente elétrica, sendo medida em ohms( $\Omega$ ).

A diferença entre os localizadores apicais do tipo resistência e os baseados no método da impedância é que, nestes, não há interposição dos pólos positivo e negativo. O eletrodo da lima transmite uma corrente alternada gerada pelo aparelho, que faz com que os pólos positivo e negativo, correspondentes à corrente contínua, se alternem no mesmo eletrodo. As variações nos valores da impedância são captadas pelo eletrodo, justaposto na mucosa bucal, e transmitidas para o aparelho. Essas variações são traduzidas pelo aparelho oferecendo a leitura no visor.

Apesar das evoluções técnicas apresentadas pelos aparelhos de segunda geração, baseados na leitura da impedância, os

mesmos ainda não apresentavam medições precisas em canais contendo soluções condutoras de corrente elétrica.

A imprecisão dos resultados alcançados, até então, pelo método eletrônico, em canais contendo umidade, determinou o desenvolvimento de aparelhos capazes de detectar a posição da constrição apical sob quaisquer condições. Em 1989, YAMAOKA; YAMASHITA; SAITO<sup>135</sup> demonstraram um novo método de medição eletrônica dos canais radiculares a partir da determinação dos valores de resistência elétrica em função de duas frequências de corrente alternada, o que possibilitaria a leitura sob condições de umidade no interior do canal. Vários pesquisadores FRANK; TORABINEJAD<sup>39</sup> (1993), FOUAD; RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993), MAYEDA<sup>83</sup> et al (1993), FELIPPE; SOARES<sup>33</sup> (1994), ARORA; GULABIVALA<sup>2</sup> (1995), CZERW<sup>26</sup> et al (1995), LAUPER; LUTZ; BARBAKOW<sup>77</sup> (1996), PRATTEN; McDONALD<sup>101</sup> (1996), VAJRABHAYA; TEPMONGCOL<sup>131</sup> (1997), DUNLAP<sup>29</sup> et al (1998), OUNSI; HADDAD<sup>93</sup> (1998), PAGAVINO; PACE; BACCETI<sup>95</sup> (1998), WEIGER<sup>132</sup> et al (1999), MARTINEZ-LOZANO<sup>82</sup> et al (2001), JENKINS<sup>62</sup> (2001), MEARES; STEIMAN<sup>86</sup> (2002), WELK; BAUNGARTNER; MARSHAL<sup>133</sup> (2003), avaliaram a capacidade de localização eletrônica do forame apical, utilizando aparelhos do tipo frequência (Apit<sup>®</sup>, Endex Root ZX<sup>®</sup>), em canais contendo líquidos condutores de corrente elétrica, obtendo bons resultados.

Apesar dos inúmeros estudos realizados com esse tipo de aparelho, não foi possível se observar uma uniformidade de resultados em relação ao calibre das limas empregadas nos experimentos, assim como, a relação desse calibre com o diâmetro dos forames apicais na obtenção de resultados fidedignos. Com isso, dúvidas pairam sobre qual o calibre ideal do instrumento a ser utilizado na determinação do comprimento do dente ao se utilizar o método eletrônico, e se esse diâmetro guarda alguma relação com o diâmetro do forame apical.

## **2 -REVISÃO DE LITERATURA**

*“Ainda que chegues a viver cem anos, nunca  
deixes de aprender”*

*Provérbio Russo*

## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade do estabelecimento de um limite ideal de instrumentação e obturação dos canais radiculares é uma constante nas abordagens científicas sobre o tema. Algumas técnicas, descritas ao longo do tempo, tiveram sua precisão e confiabilidade avaliadas em estudos de experimentação e divulgadas por autores que buscam esclarecer sua viabilidade.

As técnicas que utilizam imagens radiográficas para determinação do comprimento do canal radicular têm sido alvo de constantes observações a partir de suas deficiências, muitas delas atribuídas ao fato de serem baseadas em imagens bidimensionais, ou mesmo pela interpretação subjetiva do resultado ou, ainda dependerem de um processamento cuidadoso para oferecer uma imagem de qualidade. A técnica radiográfica de INGLE; BAKLAND<sup>58</sup> é a mais utilizada pelos cirurgiões dentistas para o tratamento endodôntico, contudo, não tem possibilitado um índice de sucesso muito satisfatório, o que conduziu pesquisadores a buscarem alternativas para a determinação do comprimento de trabalho na Endodontia.

A partir de alguns estudos, descobriu-se que existiam dois níveis de resistência elétrica ocorrendo entre a polpa e o ligamento periodontal ocorrendo. Com isto, abriu-se uma linha de investigação sobre esse fenômeno. O forame apical divide, eletricamente, as paredes do canal radicular, que apresentam uma baixa capacidade de conduzir corrente elétrica, dos tecidos periodontais apicais, que, assim como os demais tecidos conjuntivos do organismo, permitem uma maior passagem da corrente elétrica.

Algumas considerações sobre os métodos para detectar essa região que, coincidentemente, localiza-se no forame apical, serão revistas, e o desenvolvimento tecnológico será cronologicamente abordado.

A técnica eletrônica tem sido investigada e muitas considerações emitidas sobre o tema denotam diferentes opiniões à respeito da precisão e confiabilidade dos métodos, nas suas variações (resistência, impedância e

freqüência), e de seus aparelhos.

No estudo apresentado por CUSTER<sup>24</sup>, em 1918, o autor elaborou uma discussão em torno da necessidade da obtenção de uma obturação hermética do canal radicular, evitando a presença de agentes irritantes que pudessem levar à manutenção do processo inflamatório. Segundo a prática vigente, na época, os dentes que apresentavam processos infecciosos deveriam ser extraídos, uma vez que tais focos dentários poderiam se disseminar para o organismo, causando doenças sistêmicas. O autor salientou a necessidade de se obter sucesso no tratamento endodôntico no sentido de preservar os elementos dentários, discorrendo sobre as dificuldades na obtenção do comprimento de trabalho e relatou as diferentes técnicas de obtenção da medida exata do canal radicular. Uma delas, a técnica elétrica, que se baseava na diferença de condutividade elétrica de um canal radicular seco, ou preenchido com líquido não condutor, e dos tecidos além do forame apical. O aparelho utilizado pelo autor constituía-se de um miliamperímetro ligado a uma fonte de corrente contínua e dois eletrodos, um acoplado a uma região próxima ao dente que iria sofrer a medição e outro, em forma de fio de aço, inserido no interior do canal radicular do dente em questão. As leituras eram determinadas a partir da maior variação da agulha do mostrador do aparelho, que indicava quando a ponta do instrumento passava pelo forame, fechando o circuito elétrico.

SUZUKI<sup>120</sup>, em 1942, *apud* SUNADA<sup>119</sup> apresentou um estudo experimental realizado em dentes de cães sobre iontoforese de nitrato de prata, combinado com amônia. Nesse estudo, o autor objetivou estudar a resistividade elétrica da parede dentinária radicular, usando como referência a penetração de solução de nitrato de prata. Os resultados mostraram, por meio de cortes transversais, que a solução penetrava nas paredes do canal radicular numa profundidade uniforme, independentemente da posição do eletrodo negativo. Este fato possibilitou a afirmação de que a resistência elétrica entre o eletrodo inserido no interior do canal, quando atinge o ligamento periodontal apical, e o eletrodo da mucosa bucal, possui um valor constante.

Baseado nos resultados apresentados por SUZUKI<sup>120</sup>, SUNADA<sup>119</sup> em 1962, trabalhando com 124 dentes, apresentou um trabalho onde propunha um novo método para determinação do comprimento do dente durante o tratamento

endodôntico, sem a necessidade de tomadas radiográficas, calculando o valor da resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa bucal. O autor utilizou um aparelho eletrônico para medição da resistência elétrica dos tecidos bucais, constituído basicamente por uma placa metálica de cerca de 5 cm de área, conectada ao pólo negativo de um resistômetro, e uma lima endodôntica fixada ao pólo positivo. Observou que, no momento em que a ponta da lima atingia o ligamento periodontal, indo além do forame apical ou através de uma perfuração na parede dentinária, a resistência à corrente elétrica atingia o valor constante de  $6,5\Omega$ . Baseado nos achados de seu experimento, o autor sugeriu a teoria de que a resistência elétrica entre a mucosa bucal e o ligamento periodontal possui uma relação constante, independente da idade e sexo do paciente e das características anatômicas do dente a ser tratado.

TENEBAUM<sup>121</sup>, em 1967, avaliou o método proposto por SUNADA<sup>119</sup>, em estudo realizado "*in vitro*" e "*in vivo*", de um aparelho constituído por uma pilha como fonte de corrente contínua, um potenciômetro, um miliamperímetro e dois eletrodos, um positivo e outro, negativo. O aparelho foi calibrado a 50  $\mu\text{A}$ , e o eletrodo negativo colocado sobre a mucosa, na região próxima ao ápice radicular. Uma lima, conectada ao eletrodo positivo, foi inserida no interior do canal radicular seco até atingir o forame apical. O estudo "*in vitro*" foi realizado em 50 dentes extraídos, já o estudo "*in vivo*" foi conduzido em 102 condutos de pacientes com idade variando entre 12 e 74 anos. Os resultados tanto dos experimentos "*in vivo*" como "*in vitro*" foram aferidos pela técnica radiográfica. O autor concluiu que no estudo "*in vivo*" o aparelho apresentou acerto na medição em 92,16% dos casos, com uma margem de aproximação de  $\pm 1,0\text{mm}$ .

Utilizando uma corrente de alta frequência para a determinação do comprimento do dente, STOIANOV<sup>117</sup>, em 1968, estudou um aparelho constituído de uma ponte de impedância, um oscilador de frequência variável, um voltímetro de corrente alternada e um aparelho estereotáxico. O estudo foi executado a partir da inserção de uma sonda lisa de aço inox, empregada como eletrodo, no interior do canal. Quando a corrente elétrica alternada era acionada, a mesma seguia dois trajetos diferentes, como se fossem duas resistências ligadas em paralelo. Um trajeto era extra apical, representado por cimento e ligamento periodontal, com uma resistência ôhmica relativamente alta e pouco variável. O outro trajeto, no interior do

canal, era de valor ôhmico mais baixo e variável, onde a resistência variava menos, em função da frequência da corrente medida, por ter um conteúdo de alto teor de água e de eletrólitos dissolvidos no interior do canal. Após a determinação da frequência, o fio era removido do interior do canal radicular, medindo-se a sua extensão de penetração. Os resultados foram agrupados graficamente e a análise dos 100 canais estudados mostrou resultados favoráveis e constantes. Segundo o autor, este método apresentaria, como vantagens, rapidez e segurança sendo, ainda, facilmente aplicável e cômodo para o paciente.

CASH<sup>19</sup>, em 1972, apresentou o Endometer, baseado no princípio eletrônico da resistência elétrica dos tecidos, proposto por SUNADA<sup>118</sup>. O autor relatou um período de utilização clínica do aparelho de 3 anos, apresentando altos índices de sucesso, assim como a possibilidade de diagnosticar molares fraturados após a abertura coronária. Destacou a diminuição do tempo consumido para as leituras do comprimento de trabalho, demonstrando, numericamente, uma economia de mais de 50% nas horas de trabalho.

No ano de 1972, INOUE<sup>59</sup>, observando que médicos realizavam vários diagnósticos por meio da auscultação, realizou alguns experimentos com o Sono-Explorer com o intuito de utilizar-se também da audição, para melhorar a eficiência do diagnóstico na Endodontia. Primeiramente observou que ao acoplar o eletrodo à mucosa bucal, obtinha-se sempre a mesma frequência de som denotando-se, assim, que a mucosa bucal apresentava-se com um consistente grau de condutividade. Quando a agulha de medição tocava um dente úmido com saliva provocava um determinado som, mas quando o mesmo se encontrava seco não havia emissão alguma de som pelo aparelho. O autor também observou que quando a agulha de medição estava no interior do canal emitia um som de baixa intensidade, mas quando essa agulha alcançava o forame apical o som se tornava semelhante ao som quando em contato com a mucosa bucal. A partir dessas observações o autor concluiu que o canal poderia ser medido sem a necessidade de tomadas radiográficas. Poder-se-ia também descobrir perfurações na câmara pulpar.

BRAMANTE; BERBERT<sup>13</sup>, em 1974, avaliaram diferentes técnicas de odontometria, comparando a efetividade entre os métodos radiográficos de BEST<sup>11</sup>, BREGMAN<sup>15</sup>, INGLE<sup>58</sup> e BRAMANTE, e o método proposto por SUNADA<sup>119</sup>. O objetivo

foi verificar a precisão dos resultados obtidos em condições clínicas, com aqueles obtidos “*in vitro*”, após a extração dos dentes. Foram utilizados, no experimento, 224 dentes de 46 pacientes, de ambos os sexos, com indicação prévia de extração por motivos protéticos ou ortodônticos. A análise dos resultados indicou medições mais precisas do comprimento de trabalho pelo método eletrônico, em relação aos métodos de BREGMAN<sup>15</sup> e BEST<sup>11</sup>, apesar do método proposto por SUNADA<sup>119</sup> ter apresentado um alto grau de variabilidade. Os melhores resultados encontrados pelo método eletrônico foram nas raízes palatinas de molares e pré-molares. Os autores destacaram como prováveis causas da imprecisão do método, a presença de umidade no interior dos canais radiculares, diâmetros reduzidos dos mesmos e presença de restaurações metálicas. Observou-se, também, que o método de INGLE<sup>57</sup> apresentou uma maior porcentagem de medições com sucesso.

SEIDBERG et. al<sup>109</sup>, em 1975, realizaram uma avaliação clínica para observar a precisão do Sono-Explorer na determinação do comprimento do canal radicular, comparando-o com o método da sensibilidade táctil-digital. Foram utilizados 100 dentes unirradiculados de pacientes necessitando tratamento endodôntico, onde 50 casos foram medidos com o Sono-Explorer e os demais, pelo método da sensibilidade táctil digital. Os dentes avaliados foram selecionados sem levar em consideração a condição periapical ou o conteúdo encontrado no interior dos canais radiculares (presença ou ausência de tecidos ou fluidos pulpare). A avaliação dos resultados indicou a eficácia do aparelho em apenas 48% dos 50 casos, quando comparado com o ápice radiográfico. Já o método da sensibilidade táctil-digital, atingiu 64% de sucesso, na determinação do comprimento de trabalho. Tomadas radiográficas foram realizadas para a aferição das posições dos instrumentos no interior do canal. Os autores concluíram que apesar de ser válida a utilização de qualquer método que venha diminuir a radiação recebida pelo paciente, durante o tratamento endodôntico, o Sono-Explorer não é confiável para eliminar a tomada radiográfica na terapia endodôntica.

BLANK; TENCA; PELLEU<sup>12</sup>, em 1975, avaliaram a precisão de dois aparelhos, o Endometer e o Sono-Explorer na localização do forame apical. Os experimentos foram realizados em 65 dentes anteriores e posteriores de pacientes com indicação de extração por problemas periodontais ou protéticos, totalizando 103 canais. Após as mensurações, os dentes foram extraídos e o comprimento dos canais



radiculares medido pela visualização direta da ponta do instrumento na saída do forame apical. Os autores destacaram que a utilização do ápice radiográfico como limite de medição do canal radicular não corresponde à real determinação do comprimento do dente, uma vez que o método radiográfico apresenta distorções que levam a uma imprecisa interpretação da posição do forame. As leituras indicaram resultados aceitáveis, em 87% das medições realizadas. Apesar de não haver diferença estatística significativa entre os dois aparelhos, leituras mais consistentes foram obtidas com o Endometer, além de ser um aparelho mais fácil de se utilizar clinicamente.

Para avaliar a eficiência do Sono-Explorer, na determinação do limite apical de instrumentação, BUSCH *et al*<sup>18</sup>, em 1976, realizaram 193 medições em 72 dentes unirradiculados utilizando tal aparelho. Tomadas radiográficas foram realizadas para verificar a precisão do medidor. Os índices obtidos mostraram que sua precisão foi aceitável em 93,3% dos casos dentro de um limite de 0,5mm definido entre o ápice radiográfico para mais ou para menos. Os autores recomendaram a utilização do aparelho para localização do forame apical com base nos bons resultados obtidos no experimento, salientando que os casos que apresentaram maior dificuldade na determinação do forame foram aqueles que possuíam áreas radiolúcidas periapicais, ápices incompletos ou áreas de reabsorção apical. Apesar de não haver diferença estatística significativa entre medições de canais vitais e necróticos, as leituras foram aceitáveis em 95,6% dos casos com polpa vital contra 87,9% dos casos com polpas necróticas.

PLANT ; NEWMAN<sup>99</sup>, também em 1976, avaliaram clinicamente o Sono-Explorer em 32 dentes que estavam previamente com indicação para extração por motivos diversos. A medição foi realizada pelo método eletrônico antes da extração. Após a extração, os dentes foram medidos pelo método direto, pela visualização da ponta do instrumento no forame apical. Em somente dois casos a leitura foi de 0,3mm e 0,5 mm mais curta que o comprimento real do dente, nos demais, a leitura realizada pelo aparelho foi coincidente com o comprimento real do dente.

SUCHDE; TALIM<sup>118</sup>, em 1977, desenvolveram um aparelho para localização do forame apical, denominado Electronic Ohmeter, partindo de

modificações no circuito original dos aparelhos preexistentes. Utilizando corrente elétrica alternada, ao invés de corrente contínua, com a voltagem modulada em 5  $\mu$ A, os autores objetivaram prevenir injúria aos tecidos periapicais. Outra modificação foi a determinação da frequência utilizada para 1 kHz, aumentando, assim, a confiabilidade das leituras. O protótipo foi estudado em 51 dentes anteriores superiores de 43 pacientes e 25 canais radiculares de dentes posteriores de 10 pacientes, com indicação de tratamento endodôntico. Após isolamento absoluto e abertura coronária, os dentes foram preparados biomecanicamente visando permitir a passagem de um cone de prata, funcionando como eletrodo. Os canais foram secos utilizando-se pontas de papel absorvente e procedidas as leituras. A análise da precisão do aparelho foi feita por comparação com tomadas radiográficas do eletrodo em posição no interior do canal radicular. Aceitou-se como medidas precisas e positivas aquelas onde o cone de prata encontrava-se em posições correspondentes ao ápice radiográfico ou 0,5 mm aquém. Outros resultados determinavam falha ou imprecisão na leitura. Em todos os casos de dentes sem lesão periapical, radiograficamente aparente, o resultado foi preciso. Em dentes com lesão periapical, 82,9% obtiveram leituras satisfatórias, ou seja leituras onde a ponta do cone de prata encontrava-se em posições correspondentes ao ápice radiográfico ou 0,5 mm aquém e, 17,1%, forneceram leituras imprecisas. Em 95% dos casos com forames apicais totalmente formados, ocorreram leituras precisas, enquanto que em apenas 63% de dentes portadores de ápices incompletos, o aparelho mostrou precisão. Os autores concluíram que variações nas condições dos tecidos periapicais e ausência de constrição apical, são relevantes na precisão do aparelho.

KAUFMAN; HELING; SECHAIK<sup>66</sup>, em 1979, realizaram um estudo comparativo na determinação do comprimento de trabalho, entre o aparelho Sono-Explorer e o método radiográfico proposto por INGLE; BAKLAND<sup>58</sup>. Para esse estudo foram utilizados 106 canais de dentes anteriores e posteriores de 61 pacientes, com idade variando de 19 a 49 anos. A medição foi realizada durante o tratamento endodôntico. Os resultados obtidos indicaram coincidência de leituras entre os métodos em 48,3% dos casos. Em 34,4%, as leituras do Sono-Explorer foram mais curtas 0,5mm em relação às indicadas pelo método radiográfico. Em 17,3% dos casos, as leituras foram entre 0,5mm a 2mm aquém do ápice radiográfico. Estas diferenças foram interpretadas, pelos autores, como sendo clinicamente aceitáveis, uma vez que o aparelho Sono-Explorer indica leitura do ápice a partir da posição da

constricção apical, de maneira diferente do método radiográfico, que fornece a imagem de duas dimensões da raiz, não determinando com exatidão a posição do forame apical. Os autores concluíram que o Sono-Explorer fornece a posição do forame apical e não o ápice radiográfico.

Em 1980, DAHLIN<sup>27</sup> apresentou o Dentometer, aparelho para localização apical eletrônica que, segundo o autor, diferia dos demais aparelhos fundamentados pelo princípio da resistência elétrica por possuir uma operação de calibragem automática, facilitando o procedimento, e utilização de corrente alternada, incrementando maior precisão à localização do forame apical. O autor indicou o método na localização de exposições pulpares, perfurações por pinos de retenção, perfurações de câmara pulpar e perfurações radiculares. Relatou a ineficácia do aparelho em medir canais de dentes jovens e com forames extremamente amplos. Ressaltou, também, a ineficácia do aparelho quando o canal apresentava umidade em seu trajeto, provocando medidas mais curtas do comprimento de trabalho.

BECKER *et al.*,<sup>7</sup> também em 1980, analisaram comparativamente os métodos eletrônico e radiográfico para medição da extensão dos canais radiculares realizando o experimento em 41 raízes de 24 primeiros molares decíduos de suínos. Os dentes foram divididos em dois grupos de acordo com a extirpação pulpar, onde, no segundo grupo, a extirpação pulpar foi mais vigorosa. As leituras eletrônicas foram realizadas pelo aparelho Forameter após a extirpação pulpar, seguido de tomadas radiográficas e extração do dente. Os resultados obtidos no primeiro grupo foram menos precisos do que no segundo demonstrando a inefetividade maior do aparelho na presença de tecido pulpar. Ambos foram menos precisos do que o método radiográfico.

CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE<sup>22</sup>, igualmente, estudaram o Forameter, em 1981. O objetivo foi avaliar a precisão do aparelho na determinação do comprimento de trabalho numa distância entre 0,5mm a 1,0mm do forame apical. O estudo foi realizado *in vivo* utilizando-se 20 canais de dentes que possuíam indicação para extração. Após isolamento e abertura coronária, os dentes foram irrigados com água destilada e o conteúdo pulpar removido. Uma lima acoplada ao aparelho foi introduzida no canal até que a leitura do mesmo fosse de 0,5mm a 1,0mm aquém do forame apical. Após a fixação da lima em posição com resina composta, duas

tomadas radiográficas (uma pela técnica da bissetriz e outra pela técnica do paralelismo) foram executadas anteriormente à extração. As medidas reais do comprimento do dente foram analisadas microscopicamente. Dos vinte canais, 13 (65%) apresentaram a ponta do instrumento além do forame apical. Em 15% dos casos as leituras foram obtidas num limite de 0,5mm a 1,0mm aquém do forame. Os demais casos apresentavam posições aquém do limite estabelecido. Na análise do método radiográfico, 45% dos casos que indicavam a ponta do instrumento localizando-se aquém do ápice, na realidade, mostravam-se passando além forame apical. Assim o método eletrônico utilizando o Forameter demonstrou ser impreciso em 65% das medições, sendo o método radiográfico insatisfatório em 45% dos casos estudados. Os autores ressaltaram que o fator limitante para o uso do método eletrônico proposto é a impossibilidade de completa secagem dos canais, previamente aos procedimentos de mensuração.

Diante das dificuldades dos aparelhos, até então existentes, em medir canais com umidade o que, provavelmente, provocava discrepâncias em vários estudos realizados com tais aparelhos USHIYAMA<sup>128</sup>, em 1983, desenvolveu um novo método para determinar o comprimento de trabalho de um canal radicular, podendo o mesmo estar preenchido com eletrólitos. Baseado no fenômeno elétrico dos tecidos duros dentais (esmalte, dentina e cimento) apresentarem-se como isolantes elétricos, ao determinar-se a variação do gradiente de voltagem em uma corrente elétrica (através da medição da milivoltagem entre dois eletrodos), a constrição apical seria detectada. O fenômeno se deve ao fato da intensidade de corrente elétrica (voltagem) ser inversamente proporcional ao diâmetro do meio condutor (no caso, o canal radicular). O autor estudou o método a partir de dentes unirradiculados extraídos, determinando as variações do gradiente de voltagem durante o trajeto do canal radicular. Após abertura coronária, os dentes foram fixados de maneira que a raiz permanecesse submersa em solução de NaCl a 0,9%. Posteriormente, os canais foram instrumentados até a lima tipo K nº 25 e, por capilaridade, completados com a mesma solução. Uma corrente elétrica de 10µA foi aplicada e à medida que a ponta do instrumento se aproximava do forame apical, as variações do gradiente de voltagem eram registradas. Como resultado, as variações determinaram uma curva de aumento constante até a região apical. Quando o instrumento ultrapassava a constrição apical ocorria uma queda abrupta nesses valores (de 14µV para 0,4µV). A análise desses dados permitiu ao autor concluir que, mesmo na presença de

exsudação dos tecidos apicais, sangue ou pus no interior do canal, não ocorreria uma alteração na leitura da constrição apical fornecida pelo aparelho conduzindo, então, à correta detecção daquele ponto.

NAHMIAS; AURELIO; GERSTEIN<sup>87</sup>, em 1983, descreveram um método rápido e preciso, segundo eles, para a determinação de perfurações radiculares, com a utilização de um aparelho eletrônico medidor de canais (ECLMD). Os autores descreveram 3 casos clínicos onde o procedimento foi executado com êxito. A técnica recomendava conectar uma lima do tipo K n°10 ao eletrodo do aparelho, inserindo-a no local suspeito da perfuração. Uma variação imediata no valor da resistência elétrica era notada, contrastando com o aumento gradual registrado no display do aparelho, quando da medição do comprimento do dente.

Os mesmos autores<sup>88</sup> apresentaram também, um modelo para estudo e treinamento "*in vitro*", da medição do comprimento dos canais radiculares utilizando-se da técnica eletrônica. O modelo constituía-se de um tubo de polietileno preenchido com ágar a 2% em solução salina tamponada (NaCl, 9g; Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 1,43g; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 0,18g ; H<sub>2</sub>O, 1000ml), no qual era posicionado um dente extraído. O conjunto era refrigerado por duas horas, permitindo que o ágar tomasse consistência sólida. Uma lima era introduzida no interior do canal para se realizar a leitura eletrônica e um fio de aço atuando como o outro eletrodo transpassava a base inferior do tubo de polietileno. O modelo descrito foi indicado para todos os aparelhos fundamentados pelo princípio da determinação da variação da resistência elétrica (no caso de corrente contínua), ou impedância (no caso de corrente alternada).

BERMAN; FLEISCHMAN<sup>10</sup>, em 1984, avaliaram a eficiência do aparelho Neosono-D quanto à determinação do comprimento de canais radiculares em dentes com ápices totalmente formados ou com ápices incompletos. Foram utilizados 29 canais de 21 pré-molares superiores e inferiores, com indicação de extração por razões ortodônticas. Deste grupo de dentes, 24 raízes apresentavam total formação apical e 5 raízes apresentavam-se incompletas. Radiografias pré-operatórias foram realizadas para a determinação do comprimento estimado dos dentes. Após anestesia e isolamento absoluto, procedeu-se a abertura coronária e o tecido pulpar foi parcialmente removido. Os canais foram irrigados com solução salina estéril e cuidadosamente secos com pontas de papel absorvente. A leitura do ponto

correspondente ao forame apical foi executada, e o instrumento, utilizado como eletrodo, fixado cuidadosamente na posição indicada com resina composta autopolimerizável. Após a fixação da lima foi tomada uma radiografia pela técnica do paralelismo. Depois da extração dos dentes, a distância entre a ponta do instrumento, no interior do canal, e a saída do forame apical, foi medida inserindo-se outra lima, conectada a um voltímetro, via retrógrada. Quando os dois instrumentos se tocavam fechava-se o circuito ocorrendo uma leitura de 0 ohm no aparelho. Dos 24 canais com ápices formados, 2 tiveram leituras além do forame apical, e, em 22 canais, as pontas das limas localizaram-se, em média, 0,41mm aquém do forame apical. Nos cinco canais com ápices incompletos, o aparelho determinou leituras mais curtas que o comprimento real do dente (3,2mm em média). Os autores concluíram que este aparelho é confiável em determinar o comprimento de trabalho mantendo tolerâncias clínicas aceitáveis.

USHIYAMA<sup>129</sup>, ainda em 1984, avaliou a precisão do método do gradiente de voltagem, na localização da constrição apical, e estudou o grau de risco do paciente, frente à aplicação de uma corrente alternada de baixa intensidade para a medição eletrônica do canal. O autor utilizou 6 incisivos inferiores de bovinos, preparados e colocados em solução de NaCl a 0,9%, no primeiro experimento. Foram realizados acessos à cavidade pulpar e apenas a polpa coronária removida. Nenhum preparo prévio (remoção da totalidade do tecido pulpar e secagem do canal) foi realizado. As leituras obtidas pela mensuração da variação do gradiente de voltagem foram transferidas para um gráfico. Apenas um caso não possibilitou uma leitura precisa, provavelmente por este dente ter apresentado formação incompleta do forame apical. O segundo experimento, realizado em dentes de cães, monitorando-se as respostas cardíaca e respiratória frente à passagem de corrente elétrica, levou o autor a concluir que a corrente utilizada para se fazer a medição eletrônica é muito fraca para trazer qualquer risco ao paciente.

INOUE; SKINNER<sup>61</sup>, em 1985, avaliaram um novo modelo do Sono-Explorer (Sono-Explorer Mark III), no qual foram introduzidas algumas modificações com relação aos modelos anteriores como, redução de peso, alarme sonoro somente quando a lima atingia o forame apical e o display apresentava-se com apenas 6 divisões. Nos modelos anteriores, os aparelhos possuíam 80 divisões (Sono-Explorer) e 70 divisões (Sono-Explorer Mark-II); simplificou-se, desta forma, a técnica de

obtenção da leitura da constrição apical. Fundamentado no mesmo princípio de operação do Sono-Explorer, o Mark-III foi aferido utilizando-se de 310 canais radiculares de 201 dentes. Após a determinação da marcação do som de referência (sulco gengival) e ajuste do seletor de operação para o grau 4 (correspondente à posição de 0,5mm a 1,0mm do forame apical), os canais foram secos com pontas de papel absorvente e o eletrodo da lima inserido para a medição. Ao coincidir os sons emitidos, uma tomada radiográfica foi realizada com a lima em posição. A distância média entre a ponta da lima e o ápice radiográfico resultou em 0,62mm. Dos resultados obtidos, 57,7% das leituras corresponderam à posição de 0 a 0,5mm aquém do ápice radiográfico; 26,8% posicionaram-se a uma distância de 0,6 a 1,0mm aquém do ápice radiográfico e 15,2% dos casos, de 1,1mm a 3,0mm. Apenas 0,3% das leituras (um caso) mostraram a ponta do instrumento ultrapassando o forame apical. Os autores salientaram tratar-se de um aparelho mais simples de se manusear mantendo uma ótima acuidade, se utilizado corretamente.

Em 1985, TROPE; RABIE; TRONDSTAD<sup>127</sup> realizaram um trabalho descrevendo procedimentos clínicos básicos necessários para a utilização do localizador apical eletrônico assim como avaliaram a precisão deste aparelho sob aqueles procedimentos. Os autores relataram que, condições clínicas de rotina, podem prejudicar o bom funcionamento dos localizadores apicais. Dentes vitais, onde o tecido pulpar deve ser removido antes da medição do canal, assim como um possível sangramento controlado. Nos casos de necrose o exsudato periapical deve ser controlado secando-se o canal com pontas de papel absorvente. Algumas outras causas que também contribuem para a ocorrência de leituras imprecisas foram citadas pelos autores, como a falha na calibração do aparelho, um contato fraco entre a mucosa do paciente e o eletrodo labial. Os estudos foram realizados em 127 canais, independentemente do diagnóstico clínico, onde 36 dentes eram anteriores, 28 pré-molares e 20 molares. O localizador Sono Explorer Mark III foi calibrado de acordo com as especificações do fabricante. Em 90,6% dos casos, as medições se posicionaram entre 0 a 0,5mm do contorno radiográfico do ápice, 3,9% localizaram-se cerca de 1,0mm aquém, 3,1% entre 1,0mm a 2,0mm aquém do ápice radiográfico e apenas 2,4% dos casos ultrapassaram o forame apical. Os autores concluíram que o localizador apical tem seu lugar garantido na prática endodôntica como um método auxiliar do radiográfico, ou em situações especiais onde a radiografia não pode ser utilizada ou a informação obtida com a mesma é inadequada.

Avaliando clinicamente um localizador apical eletrônico, ABBOTT<sup>1</sup>, em 1987, realizou um estudo em 85 canais radiculares (incluindo três dentes com ápices incompletos) comparando a técnica eletrônica com a radiográfica. O comprimento de trabalho não foi realizado na primeira sessão onde os dentes com necrose foram irrigados com solução aquosa denominada Savlon (ICI Austrália Ltd, Melbourne, Vic) e um curativo foi colocado, seguindo as recomendações do fabricante, as quais estipulavam que não deveria existir sangue ou pus no interior do canal. O aparelho utilizado foi o Endo Radar. Em 5 casos onde o tempo de medição foi marcado, a medição eletrônica foi de 1 a 2,5 minutos mais demorada que o radiográfico. Dos resultados obtidos 77,65% das medidas foram iguais nos dois métodos; em 11,76% das medidas eletrônicas estavam aquém da radiográfica; 8,24% apresentaram medidas aquém do forame apical, e finalizando, em 2,35% dos resultados (dois casos) a presença de perfuração radicular lateral. O autor concluiu que existem muitas limitações na utilização desse aparelho e que não deve ser indicado isoladamente como método para determinar o comprimento de trabalho.

HUANG<sup>53</sup>, em 1987, descreveu, com detalhes, o princípio de funcionamento do método de localização apical eletrônica baseado na leitura das variações de resistência elétrica no interior do canal radicular. O autor submeteu o protótipo KGC-1, projeto de sua autoria, a cinco experimentos "*in vitro*", objetivando determinar sua precisão na medição da extensão dos canais radiculares, sob algumas variáveis. No primeiro experimento as variações de corrente elétrica foram determinadas a partir da leitura de um amperímetro, nas posições aquém do forame, no forame e além do forame apical. A análise das medições demonstrou que a ponta da lima no interior do canal radicular indicava valores menores que 40 $\mu$ A. À medida que a lima alcançava as proximidades do forame apical, o valor excedia aos 40 $\mu$ A e, ao passar pelo forame, esse valor aumentava para 50 $\mu$ A. Deste primeiro experimento, o autor concluiu que a leitura do comprimento do canal pode ter resultados precisos quando realizada por esse método "*in vitro*". No segundo experimento, o calibre do forame apical variou entre 0,2mm a 2,5mm de diâmetro. Além das variações no calibre, os dentes tiveram 1/3 de suas raízes imersas em solução salina. Houve uma redução na precisão da leitura do aparelho, determinando a ineficácia de medição quando o canal não se encontrava seco e o calibre do forame excedia 0,2mm de diâmetro. Os resultados desse experimento permitiram concluir que dois fatores



podem influenciar na leitura eletrônica. O primeiro é o calibre do forame apical e o outro é a solução contida no interior do canal. No terceiro experimento, os mesmos dentes, com calibres de forames variados, utilizados no segundo experimento, foram estudados, mantendo os canais secos. Sob essa nova condição, as leituras foram precisas e confirmaram a necessidade da ausência de solução condutora de corrente elétrica no interior do canal radicular, para as medições, sob este princípio. Novamente os dentes, com diâmetro do forame excedendo 0,2 mm, provocaram medições mais curtas. No quarto experimento, 4 dos 6 dentes utilizados no segundo e terceiro experimentos foram reavaliados, modificando-se o calibre do forame, selando-se com cera e criando-se um forame artificial de 0,2mm de diâmetro. As medições resultaram coincidentes com o comprimento real dos dentes. No último experimento, tubos de vidro de diferentes tamanhos e calibres, (de 0,3mm a 0,8mm de diâmetro) foram utilizados, procurando-se imitar as condições das raízes dos dentes. Os mesmos procedimentos do segundo experimento foram repetidos com os tubos de vidro. Quando tubos de pequeno calibre (menor ou igual a 0,4mm de diâmetro) foram avaliados, os resultados coincidiram com os experimentos usando dentes extraídos. As leituras indicavam os mesmos valores de amperagem nas mesmas situações. Esses resultados indicaram que o fenômeno que propicia a leitura dos localizadores apicais que medem a resistência, recai em um processo físico e não de características biológicas como atestava SUNADA<sup>119</sup>. O autor concluiu que, na medição eletrônica, tanto o calibre do forame quanto a presença de solução irrigadora condutora de corrente elétrica no interior do canal radicular, apresentaram-se como fatores limitantes da precisão e confiabilidade do método eletrônico da resistência.

NAHMIAS; AURELIO; GERSTEIN<sup>88</sup>, em 1987, utilizando a mesma metodologia "*in vitro*", preconizada por eles em 1983, analisaram a eficiência de 3 localizadores apicais eletrônicos (Sono-Explorer, C.L. Meter e o Neosono-D). Foram selecionados 60 dentes extraídos unirradiculados e divididos em 6 grupos. Os dentes foram colocados em tubos de polietileno contendo ágar a 2%, em solução salina, de modo a permanecerem com as superfícies radiculares recobertas pela solução. O grupo 1 analisou a eficácia do Sono-Explorer, enquanto que o grupo 2 estudou as leituras do C.L. Meter. Os grupos 3 e 4 analisaram as medições do aparelho Neosono-D, nas suas marcações a 0,0 mm e 0,5 mm (no forame apical e a 0,5mm aquém do forame), respectivamente. Os grupos 5 e 6 avaliaram as medições feitas pelo método radiográfico a 1,0mm aquém do ápice, e no ápice radiográfico,

respectivamente. A análise dos resultados demonstrou que os grupos 3 (Neosono-D) e 6 (interpretação radiográfica ao nível do ápice) indicaram o instrumento passando além do forame apical, enquanto nos demais grupos, o instrumento posicionava-se sempre aquém do forame. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os grupos 1, 2, 4 e 5, mostrando posições que variaram entre 0,336mm a 0,80mm do forame apical. Os autores concluíram que o modelo "in vitro" reproduz fielmente as condições dos tecidos bucais, podendo ser utilizado com o objetivo de avaliar novos aparelhos, além de permitir ao operador familiarizar-se com o aparelho, sem a necessidade de comprometer qualquer tratamento.

AUN; GAVINI; MOURA<sup>4</sup> avaliaram clinicamente o Sono-Explorer Mark III, no ano de 1988. Realizaram medições em 50 dentes com polpa mortificada, totalizando 60 canais radiculares. Com o instrumento posicionado no limite determinado pelo aparelho, realizaram uma tomada radiográfica com a finalidade de aferir a leitura eletrônica. Em 95% dos casos testados, o aparelho foi capaz de realizar a leitura com uma distância oscilando de 0,5mm a 1,5mm entre a ponta do instrumento e o vértice radiográfico da raiz. Em apenas 5% dos casos a ponta do instrumento coincidiu com o vértice radiográfico. Os autores ressaltaram ser o Sono-Explorer Mark III eficiente na determinação do comprimento de trabalho.

No mesmo ano, AUN *et al*<sup>5</sup> fizeram medições com o Endometer em 30 dentes que apresentavam polpa mortificada e prévia indicação de extração. Após obtenção do comprimento dos canais radiculares pelo método eletrônico, os mesmos foram extraídos e mensurados diretamente, introduzindo-se uma lima no canal até sua justaposição ao forame. Os valores indicados pela leitura eletrônica foram comparados com a posição indicada após a extração dos dentes. A análise dos resultados mostrou que, em 93,34% dos casos, as medidas de ambos métodos foram coincidentes, não havendo diferenças estatisticamente significantes.

Baseados no princípio que, quando uma corrente elétrica constante passa pelo interior do canal radicular, a curva de voltagem, obtida nos pontos de medição ao longo do trajeto, é inversamente proporcional ao diâmetro do canal, naquele ponto, USHIYAMA *et al*<sup>130</sup>, em 1988, avaliaram clinicamente o método introduzido pelo autor de localização do forame apical por meio da determinação do gradiente de voltagem. O experimento visava determinar a precisão do método quanto

à capacidade de detectar a constrição apical. Foram empregados 40 dentes unirradiculados onde 35 foram utilizados na localização da constrição apical e os demais para a localização do forame apical. Após anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária, os dentes foram irrigados com NaCl a 0,9% e executada a leitura da variação da voltagem por um protótipo experimental. Uma vez determinado o maior valor de variação, o instrumento era fixado no interior do canal na posição indicada e o dente extraído. Avaliações radiográficas foram realizadas e então, foi aferida a relação entre a ponta do instrumento e a menor constrição do forame apical. Sete dentes apresentaram leituras entre 0,2mm até 1,4mm aquém do ápice radicular, sendo deixados fora da interpretação geral por não apresentarem diâmetro uniforme, bem como constrição apical não definida. Dos 26 restantes, 25 mostraram a ponta da lima a  $\pm 0,5$ mm da constrição apical. Apenas 1 caso indicou leitura a 1,2mm aquém do ápice, provavelmente devido ao fato de ser dente jovem com ápice incompleto. Os autores asseguraram a precisão do método nas condições experimentais descritas, desde que o dente mensurado apresente ápice completamente formado.

BRITO Jr.; BIRAL; VALDRIGHI<sup>14</sup>, em 1989, realizaram um estudo comparativo entre o método eletrônico e o radiográfico nas odontometrias, confrontando com as medidas reais do dente, avaliando com isto o grau de precisão desses métodos. A leitura foi realizada em 77 canais de molares e pré-molares superiores e molares inferiores. O aparelho utilizado para a medição eletrônica foi o PIO (Dentronics All Dental Equipment), a técnica odontométrica por radiografias utilizada foi a de INGLE<sup>57</sup>. Após a extração, os dentes eram medidos introduzindo-se uma lima no interior do canal até que a mesma fosse visualizada no forame apical. Os autores concluíram que o percentual de acerto de ambos os métodos ficou abaixo dos 50%. Observaram que o método eletrônico apresentou uma tendência a fornecer medidas de comprimento dos dentes, menores que as reais. Ao contrário, o método radiográfico mostrou uma tendência de obtenção de medidas maiores que as reais.

No mesmo ano, BERGER; PELISSARI; KROLING<sup>9</sup> testaram a eficiência do Endometer realizando a odontometria em 65 canais de 57 dentes de pacientes jovens e adultos, mas sempre com a rizogênese completa onde o único grupo de dentes não pesquisado foi o dos molares superiores. Todos os dentes receberam uma pequena quantidade de água oxigenada no interior do canal que,

posteriormente, era seco com cones de papel absorvente. O instrumento era, então, introduzido no interior do canal até que as indicações sonora e visual do aparelho mostrassem que o mesmo estava no ápice do dente. Posteriormente, o dente era radiografado com o instrumento no interior do canal e realizada a avaliação dessa radiografia. Os resultados mostraram que, em 70,7% dos casos, o instrumento estava no limite apical ou 1,0mm aquém; em 15,3% o mesmo se encontrava a mais de 1,0mm aquém do vértice radiográfico e, finalmente, em 13,8% o instrumento estava além do vértice radiográfico. Concluíram que, apesar do Endometer ser um aparelho eficiente para a odontometria, o mesmo não é um substituto das técnicas radiográficas, sendo de grande valia nos casos onde a imagem radiográfica não ofereça uma imagem conclusiva para a odontometria.

Para determinar a eficiência e confiabilidade do Dentometer em detectar o comprimento do canal radicular, KAUFMAN; SZAJKIS; NIV<sup>67</sup>, em 1989, realizaram leituras com esse aparelho e o Sono-Explorer. Esses aparelhos possuíam dois tipos de circuito eletrônico diferentes, tendo o primeiro um sistema analógico de indicação da leitura e o segundo, um sistema audiométrico. Ambos foram comparados com o método radiográfico. Para o estudo foram utilizados 44 dentes com 75 canais radiculares de pacientes que possuíam indicação para tratamento endodôntico. Os resultados mostraram que o Dentometer apresentou leituras mais curtas do que o Sono-Explorer numa média de  $0,28 \pm 0,64$ mm onde as diferenças variaram de 1,0mm a 3,0mm. Não foram encontradas diferenças estatísticas entre o Sono-Explorer e o método radiográfico recomendado por INGLE<sup>57</sup> havendo similaridade na leitura do comprimento de trabalho em 86,7% dos casos. Os autores salientaram que, na presença de soluções eletrolíticas no interior do canal, a leitura é obtida muito aquém do limite apical, não devendo, portanto, utilizar esse tipo de aparelho com o canal úmido.

HÜLSMANN; PIEPER<sup>54</sup>, em 1989, executaram seu experimento em 12 pacientes, dos quais utilizaram 16 dentes, totalizando 18 canais, que foram divididos em 2 grupos. Primeiramente, as leituras foram realizadas no início do tratamento de apacificação. Neste grupo, do total de 10 canais 4 possuíam polpa viva e, 6 polpa necrosada. O segundo grupo era composto de 11 canais, dos quais, 2 tinham polpa viva e, 9 necrosada. As medições dos dentes deste grupo foram executadas após tratamento de apacificação, no momento em que os canais

reuniam condições de obturação. Todas as medições foram realizadas sob isolamento absoluto, irrigação com água oxigenada a 3% e completa secagem dos canais com pontas de papel absorvente. As leituras do aparelho foram mais curtas que o comprimento real do dente, variando entre 2 a 5mm do ápice radiográfico, em todos os casos do primeiro grupo. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os casos de polpa viva ou necrótica. O segundo grupo apresentou medições corretas do comprimento de trabalho em todos os casos. Todas as avaliações de posição foram feitas por meio de tomadas radiográficas. Os autores observaram que houve alterações na medição eletrônica quando o diâmetro da constrição apical apresentava-se maior que 0,5mm. As medições influenciadas pelo maior diâmetro apresentaram leituras mais distantes do forame apical.

FOUAD; KRELL.<sup>35</sup>, em 1989, avaliaram "*in vitro*" cinco aparelhos eletrônicos (Exact-a-pex, Endocater, Neosono-D, Apex Finder, Sono-Explorer Mark III), utilizando 20 dentes unirradiculados, com os ápices totalmente formados. Os dentes em questão foram montados no ágar em solução salina a 1%. Os ápices dos dentes imersos no interior do tubo com ágar foram recobertos com fita para que a ponta das limas não fossem visualizadas durante as leituras eletrônicas. Essas leituras foram realizadas com limas nº 20. Os dentes foram divididos em dois grupos onde no grupo A os dentes foram alargados até a lima nº 50 na posição de 0,5mm aquém do comprimento real do dente. Após a realização da patência com a lima nº 10 os dentes foram novamente mensurados com lima nº 40 para o Endocater e lima nº 50 para os demais aparelhos. Em seguida, os dentes foram novamente medidos utilizando-se cones de guta-percha condutores de eletricidade. Para os dentes do grupo B realizou-se a odontometria eletrônica com vários tipos de irrigantes como etanol, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, solução salina, Xilocaína, NaOCl e sangue no interior do canal. Concluíram os autores que não houve diferença significativa entre as medições dos aparelhos mesmo com a utilização da guta-percha eletrocondutora. Nos dentes alargados houve uma ligeira diferença nas medições antes e depois da preparação do canal. As soluções de NaOCl e sangue promoveram medições mais curtas que o comprimento real dos dentes.

Analisando "*in vivo*" os cinco aparelhos (Exact-a-pex, Endocater, Neosono, Apex Finder e Sono-Explorer Mark III), anteriormente estudados "*in vitro*", FOUAD *et al.*<sup>38</sup>, em 1990, utilizaram 20 dentes anteriores unirradiculados de 8

pacientes adultos, com idade variando entre 18 e 73 anos, que tinham extração previamente indicada. Os dentes foram mensurados seguindo os procedimentos, pertinentes a cada aparelho, designados pelos fabricantes; em seguida, foram extraídos para aferição. O comprimento real foi calculado a partir da colocação de uma lima K n° 10 no interior do canal radicular até a visualização da sua ponta na altura do forame apical. Este procedimento foi realizado com o auxílio de um microscópio de dissecação no aumento de 20X. A precisão de indicação do comprimento de trabalho, limitado à 0,5mm aquém do forame apical, variou de 55% a 75%. O fato de todas as medições terem apresentado um baixo índice de sucesso, fez com que a precisão de leitura entre os aparelhos não apresentasse diferença estatisticamente significativa. Nas condições aferidas, os autores recomendaram o uso desses aparelhos apenas para a determinação do comprimento de trabalho provisório, sendo necessária a comprovação radiográfica posterior.

SAITO E YAMASHITA<sup>108</sup>, no ano de 1990, investigaram “*in vitro*” a eficiência do aparelho Apit® com relação à influência do calibre da lima utilizada na medição eletrônica, o diâmetro do forame apical e a natureza do agente irrigante usado. Para isso foram utilizados 15 dentes unirradiculados, onde 5 foram utilizados para o estudo da influência do diâmetro do forame apical, outros cinco para a influência do calibre do instrumento endodôntico e os demais para verificar a influência do líquido irrigante. Para a verificação da influência do diâmetro do forame apical foram padronizados forames com diâmetros de 0,17mm; 0,27mm; 0,42mm; 0,62mm e 0,82mm. Para a medida foi utilizado um instrumento endodôntico n° 15. Para a avaliação da influência do calibre da lima, em dentes com forame de diâmetro 0,42mm foram utilizadas limas endodônticas n° 15, n° 25 e n°40; nos dentes com diâmetro foraminal de 0,62mm acrescentou-se a lima n° 60 às anteriores e para os forames de diâmetro 0,82mm foi realizada a leitura com todas as limas anteriores acrescidas da lima n° 80. Com o objetivo de estudar a influência dos irrigantes foram utilizados : solução salina, NaOCl a 5%, E.D.T.A. a 14% e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3%. Concluíram os autores que o diâmetro do forame apical entre 0,17mm e 0,42mm pouco influenciaram na leitura do aparelho, mas valores maiores que 0,62mm tendem a apresentar leituras mais distantes do forame apical. Com relação ao calibre das limas e os tipos de soluções utilizadas, os autores observaram que não houve interferência nas leituras realizadas.

McDONALD e HOVLAND<sup>85</sup>, no ano de 1990, realizaram um estudo "in vivo" relacionando a constrição apical ao ápice anatômico na utilização do Endocater. Para este estudo foram utilizados 76 canais de 47 dentes previamente agendados para a extração. Apenas dentes com os ápices totalmente formados foram utilizados neste estudo, sendo que os mesmos nunca haviam sofrido intervenção endodôntica. Uma radiografia pré-operatória pela técnica do paralelismo foi realizada. A lima, acoplada ao aparelho, foi introduzida no canal até que o ponteiro marcador do mesmo ficasse na posição vertical indicando a constrição apical. Após a estabilização do ponteiro a lima era fixada com resina fotopolimerizável na câmara pulpar e novamente conferida a marcação com o Endocater. Seguiu-se, então, a extração dos dentes. Posteriormente, foram seccionados no sentido vestibulo lingual, onde sua porção apical, foi analisada por meio de um microscópio óptico com um aumento de 10 vezes. A distância entre a constrição apical e o ápice anatômico, assim como a distância entre o ápice anatômico e a ponta da lima foram medidas. Em 54 casos a ponta da lima estava situada numa distância média de 0,11 mm aquém da constrição apical (variação de 0,0 a 0,29 mm) Em apenas um caso a distância esteve mais distante do forame apical em 0,37 mm. Nos quatro casos restantes a ponta da lima esteve além da constrição apical numa média de 0,63 mm (variação de 0,056 a 1,48 mm). Concluíram os autores que o Endocater é preciso na localização da constrição apical em 93,4%.

Em 1990, STEIN; CORCORAN; ZILLICH<sup>115</sup> realizaram um estudo para examinar se o diâmetro do forame, maior ou menor, influenciava na leitura da distância entre a ponta da lima acoplada ao localizador apical Neosono-D e essas estruturas. Para este estudo o forame maior, forame menor, constrição apical e junção cimento-dentinária foram consideradas como sendo a mesma estrutura. Foram selecionados 47 canais radiculares a partir de 22 pacientes. Após a realização do acesso convencional, uma lima tipo K-Flex nº 15 ou nº 20 acoplada ao localizador eletrônico foi inserida no canal até que a leitura indicasse 0,5mm do forame apical. Quando a leitura no aparelho apontava 0.0 uma radiografia foi realizada. Feito isso, removia-se a lima medindo-a, obtendo, assim, o comprimento do dente. Após a extração do dente a lima era reinserta no canal, naquela medida obtida anteriormente, e fixada com resina composta. Secções transversais de 500µm foram feitas e avaliadas por medições computadorizadas, no sentido de

determinar os diâmetros da constrição apical, do forame apical e a posição da ponta do instrumento. Os resultados apresentaram a ponta do instrumento localizando-se além da junção cimento-dentina-canal em 16 dos 47 canais (34% dos casos). Os 31 casos remanescentes apresentaram leitura aquém da junção cimento-dentinária (66%), mostrando o instrumento posicionado aquém da junção CDC, num limite variando de 0,05mm a 2,39mm. Medidas relacionadas ao forame maior apresentaram 8% de leituras além do forame apical, variando de 0,07mm a 0,67mm. Em 92% das medições deste grupo a ponta da lima esteve aquém da abertura foraminal posicionando dentro da porção cementária ou dentinária do canal. Os autores concluíram que, quanto mais calibroso for o forame apical maior a discrepância da leitura.

No sentido de avaliar a capacidade de localização eletrônica da constrição apical, STEIN *et al*<sup>16</sup>, em 1991, estudaram "*in vivo*" o Neosono-D, aparelho baseado no princípio da medição da impedância por ajuste na frequência. Foram utilizados, para o experimento, 47 dentes unirradiculados de 22 pacientes, indicados previamente para extração, sendo 39 com vitalidade pulpar e 8 não vitais. A lima fixada ao eletrodo foi introduzida, no canal radicular, até a leitura da posição 0,5mm aquém do forame apical. Após extração do dente, a lima foi reposicionada na medida indicada pelo aparelho, fixada com resina composta e analisada microscopicamente, a fim de possibilitar a verificação da relação entre a ponta do instrumento e a constrição apical. O aparelho determinou medições na junção cimento-dentina (0,763mm aquém do forame apical) em 68% dos casos. Em 94% dos casos o aparelho determinou leituras que ficaram aquém do forame apical.

Realizando uma revisão da literatura sobre as técnicas de determinação do comprimento de trabalho, relacionando algumas desvantagens dos métodos radiográficos, KATZ; TAMSE; KAUFMAN<sup>63</sup>, em 1991, analisaram os métodos eletrônicos disponíveis. Os autores discorreram sobre a imprecisão dos aparelhos presentes no mercado, especialmente quando executada a leitura em canais preenchidos por líquidos condutores de corrente elétrica ou tecido pulpar. As vantagens do método eletrônico em relação ao radiográfico foram discutidas, destacando-se: a eliminação da radiação ionizante recebida pelo paciente; a precisão de localização quanto a posição do forame apical; o tratamento endodôntico em pacientes grávidas; a redução do tempo de trabalho e a redução dos custos do



tratamento. Os autores concluíram afirmando que, conhecidas as vantagens e limitações do método, os localizadores apicais eletrônicos adquiriram um lugar definitivo na terapia endodôntica.

Em 1991, EZURA; MIZUNUMA<sup>32</sup> compararam 3 localizadores apicais com princípios de funcionamento diferentes. O primeiro baseado no método de detecção do gradiente de voltagem (preconizado por USHIYAMA<sup>128</sup>), onde se observa a localização de uma variação brusca na densidade de corrente elétrica, correspondente ao ponto da constrição apical, detectada por um eletrodo no interior do canal. O segundo aparelho (Apit<sup>®</sup>), baseado na medição da variação de dois valores de impedância, a partir de duas frequências. O terceiro aparelho (Endodontic Meter S-II), baseado na medição da variação da resistência elétrica, utilizando corrente contínua, aplicada ao canal radicular (princípio de SUNADA<sup>118</sup>). Foram utilizados 47 canais de 17 molares superiores extraídos, fixando a porção coronária em resina e deixando a porção radicular submersa em solução salina. Após as medições, foram feitas secções transversais com intervalos de 200µm, a partir dos ápices radiculares. A análise dos resultados mostrou que, quando o método do gradiente de voltagem do primeiro aparelho indicava o ápice, a ponta do instrumento localizava-se a 0,04mm da constrição apical. O Apit<sup>®</sup> forneceu leituras referidas ao mesmo ponto a 0,46mm. Quando o Endodontic Meter indicava a constrição apical, a ponta da lima localizava-se 0,82mm além da constrição apical. Os autores concluíram que o método do gradiente de voltagem e o Apit<sup>®</sup> foram mais precisos e confiáveis na obtenção da posição da constrição apical, nas condições avaliadas.

WU; SHI; HUANG<sup>134</sup>, no ano de 1992, realizaram um estudo clínico e outro laboratorial para analisar a influência do diâmetro do forame apical, em relação às leituras obtidas com um tipo de localizador apical eletrônico. No estudo clínico foram utilizados 20 dentes unirradiculados indicados para extração por motivos periodontais. As medições realizadas com o Dental Sono-Explorer Tipo Y-III foram comparadas com a obtenção direta do comprimento dos dentes após a extração. Os resultados obtidos pelo experimento clínico mostraram leituras, na posição de -0,5mm a + 0,5mm do ápice anatômico, em 77,5% dos casos analisados. Utilizando-se uma variação de limite para mais ou menos 2,0mm da junção dentina-cimento, ocorreu 100% de acerto nas medidas indicadas pelo aparelho. Os autores concluíram que o diâmetro do forame apical foi um dos mais importantes fatores a exercer influência

sobre a precisão na leitura do aparelho.

Em 1992, McDONALD<sup>84</sup> sugeriu uma classificação dos localizadores apicais eletrônicos, baseando-se nos princípios de funcionamento, como localizadores apicais do tipo resistência, tipo impedância e do tipo frequência. Os nomes dos aparelhos disponíveis comercialmente foram listados de acordo com sua classificação e os resultados dos estudos "*in vivo*" relacionados e discutidos, segundo a metodologia de aferição, grau de precisão e confiabilidade da técnica.

Em um estudo comparando a precisão de quatro modelos de localizadores apicais eletrônicos (Endex, Exact-a-pex, Sono Explorer Mark III e Neosono-D) FOUAD; RIVERA; KRELL<sup>37</sup>, em 1993, realizaram experimentos no sentido de avaliar a influência da presença de umidade no interior do canal, do tipo de agentes irrigantes e do diâmetro do forame apical, sobre a leitura desses aparelhos. Os autores utilizaram 60 dentes unirradiculados extraídos e armazenados em solução de timol a 1%. Os dentes foram divididos em 2 grupos, sendo o grupo A, constituído por aqueles cujos forames não permitiam a passagem de uma lima do tipo K n° 30, sendo, designado grupo do forame apical estreito. A patência para este grupo foi checada com uma lima n°10. Para o grupo B, foram destinados dentes cujos forames permitiam a passagem da ponta de uma lima tipo K n° 30 até 2 a 3mm de sobre-extensão, com o mínimo de pressão, sendo denominado grupo do forame apical amplo. Os dentes agrupados foram preparados desgastando-se a porção coronária até atingir a câmara pulpar e colocados em tubos, onde as raízes permaneciam submersas em ágar a 1%, em solução salina de fosfato tamponado. Após medições com os diferentes aparelhos, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre as leituras dos mesmos, com os canais secos ( $p < 0,05$ ). Quando usados agentes irrigantes (etanol, xilocaína 2% e hipoclorito de sódio a 2,6%), o Endex apresentou índices aceitáveis de precisão na determinação do comprimento de trabalho dos dentes do grupo B. Quando os canais mensurados apresentavam-se preenchidos com os vários líquidos testados, os resultados não apresentaram diferenças significantes entre os aparelhos, na leitura. Os autores concluíram que apenas o Endex<sup>®</sup> apresentou condições de medição dos canais contendo soluções condutoras de corrente elétrica. Os resultados indicaram uma diminuição na precisão de leitura quando o forame apical apresentou diâmetro maior que 0,42mm, indicando valores menores que o comprimento real do dente.

FRANK; TORABINEJAD<sup>39</sup>, em 1993, estudaram "*in vivo*" a precisão de medição eletrônica do Endex, na presença de agentes irrigadores. Os autores realizaram leituras de 185 canais em 99 dentes com indicação de tratamento endodôntico, comparando os resultados com o método radiográfico. As medições foram realizadas por 10 operadores, ressaltando-se o detalhe de ser a primeira vez que os mesmos tinham contato com a técnica. Após a obtenção das medidas com o Endex, tomadas radiográficas foram realizadas com a lima no interior do canal, seguida da interpretação feita por um operador independente. Os resultados da comparação dos métodos apontaram as leituras do Endex, localizando-se a  $\pm 0,5$ mm do limite indicado pela interpretação radiográfica como ideal, em 89,64% dos casos. Em 2,7% das leituras aferidas pelo aparelho, a medida ficou a 1,0mm além do comprimento interpretado radiograficamente; 1,08% estiveram posicionados 2mm além da medida radiográfica. Das leituras onde a ponta da lima se posicionou mais coronalmente, 4,86% foram a 1mm, 1,08% a 1,5mm e 0,54% estiveram a 2mm aquém do comprimento radiográfico. Os autores indicaram a precisão do método sob as condições clínicas de umidade no interior do canal radicular, destacando que a localização apical eletrônica tem seu lugar definitivo na realização da terapia endodôntica.

Em 1993, KAUFMAN; KATZ<sup>65</sup> estudaram "*in vitro*", a eficiência do Root ZX<sup>®</sup> em canais retos, curvos e com forame amplo. Foi avaliada, também, a influência de soluções irrigadoras no interior do canal, sobre a capacidade de medição do aparelho. Foram utilizados 60 dentes extraídos, divididos em 3 grupos. O primeiro grupo foi composto de dentes com raízes retas; o segundo de dentes com raízes curvas e o terceiro grupo, de dentes com o forame alargado até o diâmetro equivalente à base da guia de penetração da lima tipo K n° 80. Os comprimentos reais dos dentes foram obtidos a partir da inserção de uma lima tipo K n° 10 até a sua visualização no forame apical. Foram realizadas três medições com o aparelho para cada dente (canal seco, com solução salina e com NaOCl a 5%) sendo o comprimento de trabalho limitado a 0,5mm aquém do forame. A análise dos resultados demonstrou que a presença das diferentes soluções irrigadoras (solução salina e hipoclorito de sódio a 5%) não prejudicou a leitura do aparelho. Os canais retos e curvos forneceram o mesmo índice de precisão nas medições executadas. No grupo dos dentes com o forame alargado, o aparelho determinou um

comprimento de trabalho, em média, 1,0mm menor que o comprimento real previamente determinado. Obtiveram resultados, em média, 1,42mm aquém do forame apical em solução salina, e 1,38mm aquém do forame em solução de hipoclorito de sódio. Os autores concluíram que o *Root ZX* é confiável em canais retos e curvos, na presença ou não de soluções irrigantes.

CHRISTIE; PEIKOFF; HAWRISH<sup>21</sup>, em 1993, publicaram uma narrativa histórica sobre os localizadores apicais eletrônicos, desde sua primeira menção em 1918 por CUSTER<sup>24</sup>, até os aparelhos de terceira geração (método da frequência), mostrando a evolução técnica dos mesmos. Os autores detalharam cinco casos clínicos em que foi utilizado o *Root ZX*<sup>®</sup> na obtenção do comprimento de trabalho. As medições foram aferidas por tomadas radiográficas dos instrumentos em posição e após a obturação dos canais. Os autores concluíram que a utilização dos localizadores apicais eletrônicos de terceira geração aumenta a segurança da instrumentação dos canais radiculares, uma vez que permite a monitoração da posição do limite apical de instrumentação. Ressaltaram, ainda, que leituras em canais, cujo diâmetro do forame, excede ao do instrumento nº 25, podem determinar comprimentos de trabalho mais curtos do que o real.

DONNELLY<sup>28</sup>, em 1993, apresentou uma nova opção para o conteúdo eletrolítico no modelo de demonstração da técnica eletrônica de localização apical. O modelo proposto substitui o ágar por gelatina comercial sem açúcar e solução de cloreto de sódio a 0,9% como solução tamponada. O autor comparou os custos da proposta original de ágar salino tamponado feita por AURELIO; NAHMIA; GERSTEIN<sup>5</sup> com a gelatina, e apresentou um teste de viabilidade do método, além da maior facilidade de encontrar esses materiais.

Realizando um estudo “in vitro” para comparar o comprimento real dos dentes, ao comprimento obtido eletronicamente com o aparelho Neosono-D, antes e após a instrumentação dos canais, RIVERA; SERAJI<sup>106</sup>, no ano de 1993, utilizaram 30 dentes unirradiculados com os ápices completamente formados. Os dentes foram divididos em dois grupos de 15 elementos cada. Neste estudo, foram realizadas, medições para comparar a acuidade do aparelho em canais instrumentados e não instrumentados. Os resultados da comparação do comprimento real do dente e a medição eletrônica antes da instrumentação demonstraram que 63% das medições

eletrônicas foram maiores, 23% foram iguais e 13% foram mais curtas que o comprimento real do dente. Após a instrumentação observou-se que 30% dos valores foram maiores que o comprimento real do dente, e 70% foram mais curtos

Em 1993, HEMBROUGH *et al*<sup>60</sup> testaram a eficiência do aparelho Sono-Explorer Mark III, comparando suas leituras com o método radiográfico. Foram selecionados 14 pacientes adultos com idade entre 47 e 75 anos, com 26 molares superiores previamente indicados para extração. As medidas do aparelho eram consideradas consistentes, quando, no marcador, o ponteiro estivesse no centro da escala indicando, com isto, uma distância de 0,5mm do forame apical. O método radiográfico alcançou 92,3% de acertos, na raiz distovestibular e o método eletrônico 69,2%. Na raiz palatina, o método radiográfico obteve índices de leitura onde a ponta da lima esteve a uma distância de  $\pm 0,5$ mm do ápice anatômico em 84,6% dos casos, contra 76,9% do Sono-Explorer Mark III. Os autores concluíram que os resultados desfavoráveis, em torno das leituras realizadas pelo aparelho, indicam que o localizador apical deve ser utilizado em casos específicos, acreditando ser, ainda, indispensável a utilização de radiografias durante o tratamento endodôntico.

No mesmo ano MAYEDA *et al*<sup>83</sup> analisaram "in vivo" a influência do conteúdo do canal radicular (polpa viva ou necrótica) na precisão das leituras obtidas com o Endex. Foram selecionados 19 pacientes com 33 dentes indicados para extração. Os dentes foram avaliados radiograficamente, sendo utilizados apenas dentes unirradiculados com ápices completamente formados e sem presença de imagens radiolúcidas apicais ou reabsorções apicais externas. Após os exames clínicos diagnosticou-se que 17 dentes estavam vitais e 16 com necrose pulpar. Determinada a leitura eletrônica, utilizando-se a demarcação ápice como limite apical e fixação do instrumento no interior do canal, os dentes foram extraídos e analisados microscopicamente, após o desgaste de parte da porção final da raiz, expondo a lima e o ápice. Os resultados indicaram medições em um limite variando desde 0,71mm, aquém do forame apical, até 0,5mm, além do forame, para casos de polpa viva (média de 0,057mm). Nos casos de necrose, os valores variaram de 0,86mm, aquém do forame apical, a 0,43mm, além do forame (média de 0,11mm). Não houve diferença significativa nos resultados apresentados nas aferições entre polpa viva e necrótica. Os autores salientaram a precisão do aparelho nas condições

estudadas, ressaltando a necessidade de avaliação radiográfica, conjuntamente com o método eletrônico, para que se tenha uma medida ideal do comprimento de trabalho.

RAMOS; BERNARDINELI<sup>103</sup> estudaram, em 1994, a influência do diâmetro do forame apical na precisão de leitura do aparelho Apit<sup>®</sup>. Foram utilizados, no experimento, 90 dentes unirradiculados extraídos de humanos, montados em um meio de ágar salino tamponado a 1%. Os dentes foram preparados e agrupados, segundo a padronização do calibre do forame apical, executada a partir da passagem pelo forame apical de uma lima tipo K n° 30, para o grupo dos dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,32\text{mm}$ ; n° 50, para o grupo dos dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,52\text{mm}$  e, n° 70, para o grupo dos dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,72\text{mm}$ . A base da guia de penetração do instrumento, passando pelo forame aproximadamente 1mm, determinou o calibre padronizado do forame. O alarme sonoro do aparelho foi desligado, mediante testes preliminares que apontaram a imprecisão deste parâmetro de localização do comprimento de trabalho. As medições foram realizadas introduzindo-se a lima conectada ao eletrodo, até a posição indicada pelo fabricante do aparelho como sendo a aproximadamente 1mm aquém do forame, correspondente à localização da agulha na marcação central do visor do aparelho. Em se obtendo esta leitura, o instrumento foi fixado em posição, e medida a distância entre a ponta da lima e o forame apical, pela verificação direta, desgastando-se uma das paredes radiculares externas da porção apical, e aferindo a medida entre a ponta do instrumento e o forame com um paquímetro. Os resultados indicaram que as leituras nos dentes dos grupos de diâmetros de forame  $\pm 0,32\text{mm}$  e  $\pm 0,52\text{mm}$  estabeleceram comprimentos médios de trabalho a 0,46 mm e 0,52mm, respectivamente, aquém do forame, não havendo diferença estatisticamente significativa nos valores dos dois grupos. Os dentes com forames padronizados em  $\pm 0,72$  mm de diâmetro, indicaram leituras médias a 1,61 mm do forame apical. Todos os casos estudados apresentaram leituras variando entre o forame apical e 1,9 mm aquém do mesmo.

Introduzindo um aparelho eletrônico baseado no princípio da detecção do forame apical pelo método da frequência, KOBAYASHI; SUDA<sup>72</sup>, em 1994, apresentaram testes "*in vitro*" e "*in vivo*" do Endodontic Meter SII. No primeiro experimento foram montados dentes extraídos em um recipiente contendo soro

fisiológico, realizando-se, então, medições de impedância ao longo dos canais radiculares contendo diferentes soluções irrigadoras. As soluções testadas foram peróxido de hidrogênio a 3%, cloreto de sódio a 0,9% e hipoclorito de sódio a 1,0%. As frequências de corrente elétrica aplicadas na mensuração foram 0,4, 1,5 e 10kHz. Os valores foram medidos por um impedômetro (Impedance Analyser), acoplado a uma lima tipo K nº 10 introduzida no canal radicular. Apesar de diferentes valores de impedância para cada tipo de eletrólito utilizado, a razão calculada entre frequências aplicadas mostrou uma variação uniforme até um ponto aproximadamente a 1,0mm aquém do forame apical. Neste ponto houve um decréscimo da impedância, até o limite do forame apical, em todas as situações estudadas. No segundo experimento, “*in vivo*”, medições da impedância, a partir de diferentes valores de frequência, foram executadas em pacientes durante o tratamento endodôntico, utilizando-se o peróxido de hidrogênio a 3% e hipoclorito de sódio a 1,0% como soluções irrigadoras. Os valores obtidos mostraram que o efeito da diminuição da impedância, causado pela presença da solução de hipoclorito de sódio, foi minimizado calculando-se a razão entre os dois valores de impedância a partir de frequências diferentes. Como a parede do canal apresenta uma capacitância muito menor que o forame apical, o quociente das duas impedâncias aproxima-se do valor  $1\Omega$ , quando a ponta da lima inserida está a uma certa distância do forame apical, e diminui consideravelmente quando está na constrição apical. O aparelho apresentado baseia-se na detecção desta variação de capacitância.

CHONG; PITT FORD<sup>20</sup>, em 1994, analisaram os meios de determinação do limite de trabalho, discorrendo sobre algumas desvantagens da técnica radiográfica. Reportaram sobre dificuldades do método, dentre as quais: interpretação duvidosa da posição da constrição apical; distorções resultantes da técnica da bisettriz; interposições de estruturas anatômicas no trajeto da passagem do feixe de raios-X; necessidade de nova tomada radiográfica quando o instrumento estiver longe do ápice radiográfico, necessitando um novo posicionamento; ausência de padronização na qualidade da imagem. Discorreram sobre as vantagens da utilização dos localizadores apicais eletrônicos como possuir uma leitura instantânea, podendo ser repetida quantas vezes forem necessárias, sem causar efeitos danosos ao paciente. Os autores destacaram a técnica de utilização do Root ZX<sup>®</sup>, recomendando que os operadores entendam o princípio de operação dos aparelhos eletrônicos, baseados neste método, e os fatores que possam afetar sua

precisão de leitura. Dentre estes fatores, a utilização de meios condutores, como irrigantes no interior do canal radicular, durante as leituras, é desaconselhada, uma vez que melhores resultados foram obtidos em canais secos. Complementaram, ainda, que a remoção de restaurações metálicas e a utilização de instrumentos endodônticos com cabo plástico são detalhes necessários para o estabelecimento da precisão da leitura. Concluíram, entretanto, que as radiografias, por si só, talvez sejam insuficientes para verificação da constrição apical, assim como os localizadores não substituem totalmente o uso de radiografias.

Objetivando analisar "*in vitro*" a eficiência do localizador apical eletrônico Apit<sup>®</sup>, FELIPPE; SOARES<sup>33</sup>, em 1994, realizaram três experimentos em 350 dentes extraídos, unirradiculados, colocados em caixas plásticas com solução salina isotônica. Medidas reais do comprimento do dente foram obtidas por meio da visualização da extremidade de uma lima tipo K nº 15 no forame apical. O experimento foi conduzido em 3 fases: 1- para determinar a localização do forame apical. 2- determinar a distância entre a ponta do instrumento e o forame apical, no momento em que o aparelho acusava um som intermitente. 3- avaliar a influência do calibre da lima empregada na obtenção das medidas. O primeiro experimento consistia na colocação do instrumento até a emissão de um aviso sonoro constante, e delimitação da agulha do visor na linha vermelha do aparelho, correspondente à posição ápice. Os resultados mostraram que 96,5% das medições encontravam-se no forame apical ou a 0,5mm aquém de sua posição. No segundo experimento, 60 dentes foram aleatoriamente escolhidos e executadas medições até o aviso sonoro intermitente, indicando a posição de aproximadamente a 1,0mm aquém do forame apical. Em 68,3% dos casos, a ponta do instrumento localizava-se a exatamente 1,0mm do forame apical. Na condição de avaliar a influência do calibre do instrumento nas medições eletrônicas, o terceiro experimento comparou medições executadas com instrumentos de calibre semelhante ao diâmetro anatômico do forame e limas K número 15, constatando que não houve diferença significativa entre as duas medições. Baseados nos resultados, os autores relataram ser o Apit<sup>®</sup> um aparelho que, seguramente, determina um nível ideal para a instrumentação do canal.

CZERW; FULKERSON; DONELLY<sup>25</sup> apresentaram, em 1994, um estudo "*in vitro*" sobre a precisão de um modelo de demonstração de operação dos métodos de medição apical eletrônica. Os autores descreveram a montagem do



modelo, utilizando dentes extraídos unirradiculados com ápices completamente formados imersos em gelatina misturada a soro fisiológico. Após abertura coronária e remoção do conteúdo do canal radicular, os canais radiculares foram secos e medidos utilizando-se os aparelhos Exact-A-Pex e Foramatron IV. Os valores obtidos foram comparados à determinação real do comprimento de trabalho, pela visualização de uma lima tipo K nº 10 saindo no forame apical. A análise dos resultados mostrou total coincidência entre as medidas indicadas pelos aparelhos e a medida real do dente, demonstrando que o modelo apresentado permite a precisão nas medições dos localizadores apicais, em laboratório.

NISHIYAMA *et al*<sup>90</sup>, em 1994, avaliaram clinicamente a eficiência do Apit<sup>®</sup> na determinação do comprimento de trabalho. Foram utilizados 60 dentes que estavam com indicação de tratamento endodôntico. As medições foram realizadas em casos de biopulpectomia e necropulpectomia com e sem lesão. Inicialmente os canais foram preenchidos com hipoclorito de sódio a 1%, para então, proceder-se às medidas com o aparelho. O instrumento endodôntico era acoplado ao aparelho e, então, introduzido no interior do canal até o ponteiro do visor do aparelho se localizar na porção central. Neste momento, o instrumento endodôntico era mantido em posição para que fossem realizadas as tomadas radiográficas pela técnica periapical da bisetriz. Nas imagens radiográficas eram realizadas as medidas das distâncias entre o ápice radicular e a ponta do instrumento com o objetivo de avaliar a precisão do aparelho. Para os casos de biopulpectomia a precisão do aparelho foi de 94,7% e a ponta do instrumento em todos os casos permaneceu a 1,0mm aquém do ápice radiográfico. Nos casos de necropulpectomia sem lesão o instrumento se manteve a 1,0mm do ápice em 91,3% dos casos e em 8,7% esteve entre 1,0mm e 2,0mm aquém. Para os casos de necropulpectomia com lesão em 83,3% dos casos a ponta do instrumento esteve a uma distância de até 1,0mm do ápice radiográfico, em 11,1% ficou entre 1,0mm e 2,0mm e, em apenas 5,6%, a ponta da lima manteve-se distante 2,0mm do ápice radiográfico. Com os resultados obtidos os autores concluíram ser o Apit<sup>®</sup> um aparelho eficiente, determinando uma confiabilidade em torno de 98,3%.

PALLARÉS; FAUS<sup>96</sup> testaram, em 1994, dois localizadores apicais eletrônicos (Endocater e Odontometer), baseados no princípio da impedância, em dentes indicados para extração por razão protética ou periodontal seguindo alguns critérios como: coroas sem a presença de grandes restaurações, raízes sem

curvaturas excessivas, que pudessem dificultar o acesso da lima ao ápice e, dentes com ápices totalmente formados. O estudo foi realizado a partir da medição de 34 molares (20 molares superiores e 14 inferiores), perfazendo um total de 116 canais. Após os procedimentos de anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária, os canais foram submetidos às medições, inicialmente, sem a remoção do conteúdo do canal radicular. Posteriormente, removeu-se esse conteúdo, irrigou-se com NaOCl a 0,5% e secou-se os canais para, novamente serem medidos com os dois aparelhos. Os dados foram tabulados e analisados. Ambos aparelhos denotaram uma queda significativa na precisão da medição na presença do conteúdo pulpar no canal radicular. Em condições favoráveis (canal seco), os aparelhos obtiveram marcas de precisão a  $\pm 0,5$ mm do forame apical em 89,6% dos casos, para o Endocater, e 84,8%, para o Odontometer. Na presença do conteúdo do canal radicular, o Endocater demonstrou precisão numa margem de 88,37% dos casos; já o Odontometer apresentou uma precisão de 79,3%. Os autores também observaram que uma quantidade maior de resultados precisos ocorreu em canais mais amplos e retos.

Ainda, em 1994, COUTINHO; SIQUEIRA<sup>23</sup> avaliaram “*in vivo*” a eficiência do Apit<sup>®</sup>. Para este estudo, utilizaram 40 dentes unirradiculados com indicação de extração, sendo que 20 dentes apresentavam-se com vitalidade pulpar e os outros com polpa necrosada. Todos os dentes apresentavam raízes completamente formadas, a coroa estava, pelo menos, em estado razoável de aproveitamento e o forame apical permitia a passagem de um instrumento endodôntico de calibre nº10, fator indispensável, segundo os autores para a sensibilização do aparelho. Realizada a medida eletrônica, os dentes foram extraídos, e os resultados obtidos, comparados com o comprimento real dos mesmos. Dentro de um limite de variação de 0 a 0,3 mm aquém do ápice radicular as medidas coincidiram em 100% dos casos, levando os autores a concluir que o localizador apical Apit<sup>®</sup> não mostrou alteração nos resultados entre polpa viva e necrosada, sendo de grande auxílio no tratamento endodôntico, principalmente em pacientes onde a tomada radiográfica se torna dificultada.

GUTMANN; LEONARD<sup>49</sup>, em 1995, discutiram alguns fatores relevantes nas técnicas de determinação do comprimento de trabalho pelos métodos radiográfico e eletrônico. Assinalando alguns detalhes a respeito da configuração da

construção apical, os autores apontaram as dificuldades de localização desse ponto quando se utiliza apenas o parâmetro radiográfico. No sentido de superar os problemas oriundos da técnica radiográfica, relataram o desenvolvimento da técnica eletrônica, ressaltando a precisão e confiabilidade do método. Complementaram o estudo destacando que reabsorções apicais, provenientes de lesões apicais inflamatórias, podem comprometer a eficiência do método, devido à destruição da construção apical. Nestes casos, recomendaram a junção dos métodos radiográfico, eletrônico e a sensibilidade tátil do operador, no intuito de encontrar a posição ideal do limite apical de instrumentação.

KOBAYASHI<sup>71</sup>, em 1995, analisou a evolução dos métodos de medição eletrônica dos canais radiculares, relatando o desenvolvimento dessas técnicas, mostrando as vantagens e desvantagens, características de cada aparelho, assim como os princípios de funcionamento utilizados pelos mesmos, iniciando pelo método da resistência proposto por SUNADA<sup>119</sup>. Alguns detalhes sobre a técnica operatória dos aparelhos baseados na frequência foram comentados, principalmente na utilização clínica do Apit<sup>®</sup> e Root ZX<sup>®</sup>. O autor salientou que, nos casos onde há presença de canais laterais amplos, as medidas poderão ser influenciadas, demarcando um comprimento de trabalho mais curto. Nos casos de dente com ápice incompletamente formado, recomendou a técnica radiográfica, dada a impossibilidade de mensuração eletrônica. Foram, ainda, descritas aplicações do Root ZX<sup>®</sup> adaptado à unidade ultra-sônica (Solfy ZX) e a um protótipo de micro-motor elétrico com redução de velocidade para técnica de instrumentação mecanizada rotatória.

ARORA; GULABIVALA<sup>2</sup>, em 1995, realizaram um estudo “*in vivo*” com a finalidade de avaliar a precisão de medição de dois modelos de localizadores apicais eletrônicos, baseados em princípios diferentes. Estudaram igualmente, a influência das condições do conteúdo do canal radicular. Os aparelhos avaliados foram o RCM Mark, baseado no princípio da resistência, e o Endex baseado no princípio da frequência. Para esse experimento, foram utilizados dentes com indicação prévia de extração por motivos ortodônticos, periodontais ou protéticos, perfazendo um total de 61 canais. Após receberem os procedimentos básicos de anestesia, isolamento e abertura coronária, os dentes foram submetidos às medições sob diferentes condições do conteúdo pulpar (polpa vital e sangramento, polpa

necrosada, presença de pus e/ou outro exsudato, e canais preenchidos com solução de hipoclorito de sódio ou com água destilada). Os resultados obtidos com o Endex indicaram uma precisão na localização do forame apical ( $\pm 1,0\text{mm}$ ) em 94,4% dos casos com polpa viva e 81,8% dos casos de necrose. Quanto ao conteúdo do canal radicular a precisão foi de 100% dos casos com presença de pus e/ou exsudato, 100% dos casos com presença de hipoclorito de sódio ou água destilada totalizando, no geral, uma média de acerto em 93,4% dos casos. O aparelho RCM Mark II foi preciso na localização do forame apical ( $\pm 1,0\text{mm}$ ) em 68,9% dos casos. Na presença de hipoclorito de sódio, as aferições precisas do RCM Mark II aconteceram apenas em 20% dos casos, demonstrando uma grande alteração na qualidade da leitura deste aparelho quando na presença de substâncias eletrolíticas. Os autores apontaram o Endex como sendo mais preciso na localização eletrônica do forame apical, comparado ao RCM Mark II, sugerindo a utilização do método eletrônico conjuntamente com o método radiográfico para determinação do forame apical.

Analisando "*in vitro*" alguns tipos de localizadores apicais eletrônicos, CZERW *et al*<sup>6</sup>, em 1995 realizaram experimentos para determinar a precisão na determinação do forame apical dos aparelhos Digipex III, Apex Finder, Neosono-MC Plus (baseados no princípio da resistência) e *Root ZX*<sup>®</sup> (baseado no princípio da frequência). Foram utilizados 30 dentes anteriores unirradiculados. Na primeira parte do experimento, os dentes foram montados no modelo de gelatina e os aparelhos foram testados sem a presença de umidade. Não houve diferença estatisticamente significativa entre as medidas obtidas com o Digipex III e o *Root ZX*<sup>®</sup>, em relação ao comprimento real do dente. Utilizando os parâmetros aceitáveis clinicamente, os aparelhos Apex Finder e Neosono-MC Plus apresentaram medições incorretas em 16,6% e 10% dos casos, respectivamente. Na segunda parte do experimento, estudou-se a capacidade de mensuração do Exact-a-plex (modelo baseado no princípio da resistência) sob condições de presença de água destilada no interior do canal. Os resultados mostraram que não houve alteração na precisão de leitura deste aparelho na presença de umidade. Os autores ressaltaram que o *Root ZX*<sup>®</sup> apresentou uma leitura mais confiável, em relação aos demais localizadores testados.

Ainda em 1995, SOUSA NETO *et al*<sup>12</sup> realizaram uma avaliação clínica do Apit<sup>®</sup> para determinação da odontometria em 170 pacientes que se apresentaram na clínica da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - USP, perfazendo um total

de 282 canais. O aparelho foi utilizado de acordo com as instruções do fabricante e com o acompanhamento de um de seus representantes que orientou os profissionais no correto uso do mesmo, por meio de vários experimentos preliminares "in vivo". Ao serem realizadas as medições, obteve-se 98,5% de sucesso na odontometria eletrônica confirmado pelo exame radiográfico. O comprimento de trabalho foi considerado como preciso quando a lima estava situada a 1,0 mm aquém do ápice radicular. Os autores concluíram que o Apit<sup>®</sup> é eficiente, prático e rápido para determinar o comprimento de trabalho, desde que o operador seja treinado para tal e esteja atento aos fatores que possam alterar a medição eletrônica. Relataram também, que a odontometria eletrônica facilita a determinação da medida dos dentes que apresentam ápices com dificuldade de visualização radiográfica, assim como, diminui as tomadas radiográficas necessárias para o tratamento endodôntico.

FUSS, ASSOLINE, KAUFMAN<sup>40</sup>, no ano de 1996, conduziram um estudo para avaliar a precisão de dois localizadores apicais (Sono Explorer Mark III e Endex) quanto às suas capacidades de localizarem perfurações radiculares, comparando-os com tomadas radiográficas. Para o referido trabalho foram utilizados 32 dentes humanos extraídos onde os canais foram instrumentados até a lima nº 45 e a patência realizada com a lima nº 15 evitando, com isto, o bloqueio do forame apical com raspas de dentina. As raízes foram, então, perfuradas artificialmente no terço médio. As tomadas radiográficas foram divididas em dois grupos. No grupo A o feixe de raios X passava no sentido do longo eixo da perfuração no dente a 0° e 25° e no grupo B a 90° e 115°. Reproduzindo o posicionamento clínico das perfurações no sentido vestibular ou lingual para o grupo A e mesial ou distal para o grupo B. As radiografias foram avaliadas por dois endodontistas. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os dois localizadores apicais na presença de solução de NaOCl. Entretanto, em solução salina ou canais secos houve diferença estatisticamente significativa entre os aparelhos, com resultados melhores para o Sono Explorer Mark III. Radiograficamente os resultados mostraram que o primeiro avaliador diagnosticou perfurações no grupo A entre 36% a 45% e 85% a 88% no grupo B e o segundo avaliador entre 35% e 40% e 91% a 93%, respectivamente, ocorrendo diferença estatística entre os grupos ( $p < 0,05$ ). Concluíram, os autores, que os localizadores apicais são eficientes para localização de perfurações radiculares. Já o método radiográfico não é tão confiável em diagnosticar perfurações radiculares.

Ressaltaram ainda, que mais estudos, principalmente “*in vivo*”, devam ser feitos para se confirmar estes resultados.

PRATTEN; McDONALD<sup>101</sup> compararam, em 1996, a capacidade de localização da constrição apical entre os métodos radiográfico e eletrônico (Endex). O estudo foi realizado em cadáveres, posicionando-se uma lima endodôntica no canal radicular, conectada ao localizador apical, até que o mostrador do aparelho indicasse a posição “ápice”. Em seguida, foram realizadas três tomadas radiográficas, em diferentes angulações. Os dentes foram extraídos após a fixação das limas na posição indicada, e avaliados microscopicamente. Durante a avaliação microscópica, para a localização da constrição apical subtraíu-se 0,5mm da leitura do localizador apical, como recomendado pelo fabricante. Os resultados apontaram diferença estatisticamente significativa entre os dois métodos avaliados, indicando que o método eletrônico mostrou maior índice de precisão. Os autores destacaram que os resultados do estudo da precisão de localizadores apicais eletrônicos em cadáveres não devem ser extrapolados para uma situação clínica, uma vez que há diferenças de valores de resistência elétrica entre os tecidos vivos e os fixados.

LAUPER; LUTZ; BARBAKOWN<sup>77</sup>, em 1996, compararam dois localizadores apicais eletrônicos, baseados em princípios diferentes, ou seja, o Apit<sup>®</sup> (frequência) e o Odontometer (impedância), quanto à capacidade de determinação do forame apical. As medições foram realizadas em 22 dentes (13 incisivos, 1 pré-molar e 8 molares) com indicação de extração por motivos ortodônticos ou periodontais, totalizando 30 canais. Desses, 27 responderam positivamente aos testes de sensibilidade e 3 não o fizeram. Primeiramente, foi obtido o valor correspondente à mensuração com o Odontometer (canal seco) e, posteriormente, com o Apit<sup>®</sup> (canal preenchido com NaOCl a 1%). Para cada aparelho aferido, foi utilizada uma lima tipo K nº 10 ou nº 15 que era, então, fixada à câmara pulpar com resina acrílica. O conjunto lima-resina acrílica era, posteriormente, removido para que o mesmo dente fosse utilizado com o outro aparelho. Após a extração dos dentes, o complexo lima-resina acrílica correspondente ao aparelho estudado era reinserido na cavidade pulpar até a correta adaptação no dente, determinando o comprimento de trabalho pré-estabelecido. Uma das paredes do canal radicular, no terço apical, foi delicadamente desgastada até expor a lima e sua posição em relação ao forame apical. Assim, a mensuração da distância entre a ponta da lima e o forame foi

realizada. Os resultados obtidos mostraram medidas médias com o Apit<sup>®</sup> a 0,14mm ( $\pm 0,27$ mm), além do forame apical, e com o Odontometer a 0,36mm ( $\pm 0,71$ mm), aquém do forame apical. Apesar do Apit<sup>®</sup> apresentar leituras posicionadas, mais freqüentemente, além do forame apical (70% contra 36,6% do Odontometer), este aparelho apresentou uma variação menor nas leituras. Com este resultado, os autores concluíram que o Apit<sup>®</sup> apresentou uma capacidade de determinação do forame apical mais confiável que o Odontometer.

KATZ; MASS; KAUFMAN<sup>64</sup>, em 1996, estudaram "*in vitro*" a precisão de localização eletrônica do forame apical propiciada pelo aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>, em dentes decíduos. Vinte molares decíduos recém extraídos foram montados em alginato usando um modelo desenvolvido pelos autores para a aferição. O comprimento real foi determinado por meio da observação da passagem de um instrumento pelo forame apical. As medições foram realizadas utilizando, como marcação, o ponto correspondente a 0,5mm aquém do limite apical. Cada dente foi medido variando-se o conteúdo do canal. As variáveis foram: canais secos, com solução de NaOCl a 2,6% ou, com solução de NaCl a 0,9%. Os resultados indicaram que as medições com o *Root ZX*<sup>®</sup> foram similares ao comprimento real do dente, com uma variação de 0,5mm nos dois meios estudados. Os autores concluíram que "*in vitro*" o aparelho apresentou condições de medição em dentes decíduos, necessitando testes "*in vivo*" para completa comprovação da viabilidade clínica do método.

SHABAHANG; GOON; GLUSKIN<sup>111</sup> avaliaram em 1996, a eficiência do *Root ZX*<sup>®</sup> "*in vivo*", utilizando 26 dentes unirradiculados com vitalidade pulpar e extração indicada. Após as medições, os dentes foram extraídos com os instrumentos fixados, em posição, e a relação entre a ponta da lima inserida e a posição do forame apical observada por meio de microscopia eletrônica. Utilizando o ponto relativo a 0,5mm aquém do forame apical, o *Root ZX*<sup>®</sup> indicou, precisamente, a posição do forame em 17 canais (65,4%). A posição aquém do forame foi encontrada em um caso (3,8%) e, além do forame, em 8 canais (30,8%). Analisando os resultados obtidos e, considerando-se uma margem clínica de erro, a partir de uma posição localizada a  $\pm 0,5$ mm do forame apical, o índice de acerto do aparelho foi de 96,2%.

Sob o questionamento se o diâmetro das limas influenciariam as

medições dos localizadores apicais NGUYEN *et al*<sup>89</sup>, no ano de 1996, realizaram um estudo com o *Root ZX*<sup>®</sup>. Este estudo tinha como objetivo avaliar se o localizador mantinha sua confiabilidade em canais com o forame apical alargado. Ampliados até o diâmetro de 600µm, os canais foram mensurados com limas de nº 10 e nº 60. Utilizaram 21 dentes unirradiculados com ápices totalmente formados e com curvatura entre 20° e 30°. Os dentes foram primeiramente medidos visualmente com a lima nº 10 até que a ponta da mesma fosse observada no forame apical, obtendo-se assim o comprimento real do canal. Para a medição eletrônica os dentes foram inseridos em alginato. Então, os dentes foram medidos com o *Root ZX*<sup>®</sup> utilizando-se também a lima nº 10. As medidas foram realizadas com os canais secos. Três medições eletrônicas foram realizadas e um valor médio foi anotado sendo, portanto, este valor denominado comprimento inicial do dente. Após esta leitura, os canais foram ampliados por meio de um sistema rotatório alargando-se até o limite da constricção apical com o instrumento de diâmetro nº 60. Então, os canais foram medidos novamente com limas nº 10 e nº 60 (FL10 e FL60). Os resultados mostraram que, na média, o comprimento inicial do dente foi 0,45 mm mais curto que o comprimento real do dente (desvio padrão ±0,33). As diferenças entre FL10 e FL60 quando comparadas ao comprimento inicial do dente não foram estatisticamente significantes. Concluíram os autores que, num canal ampliado, onde uma lima se ajusta ao mesmo, e uma lima consideravelmente mais fina, as mesmas apresentam resultados semelhantes, na leitura com o *Root ZX*<sup>®</sup>.

No sentido de determinar a variação da impedância em pontos pré-determinados do canal radicular, na presença de diferentes agentes irrigantes, PILOT; PITTS<sup>98</sup> apresentaram, em 1997, um estudo avaliando "*in vivo*" dentes com indicação de tratamento endodôntico. Após a determinação do comprimento do dente pelo método eletrônico e radiográfico, uma série de limas foi posicionada em comprimentos variando de 3mm aquém a 2mm além do ápice radicular. Valores de impedância foram medidos em cada nível por um processador digital de sinais elétricos, variando-se a frequência e o tipo de solução irrigadora no canal radicular (RC Prep; álcool isopropílico, solução de E.D.T.A. a 14,45%, soro fisiológico, hipoclorito de sódio a 5,25% e canal seco). Não houve diferença estatisticamente significativa na variação da impedância, a partir de valores de frequências diferentes. A maior variação na impedância ocorreu à aproximadamente 0,25mm aquém do forame apical, sendo que líquidos condutores de corrente elétrica proporcionaram menores mudanças na



impedância do que soluções não condutoras. Destacou-se a importância da variação dos valores de impedância sob diferentes condições, sendo este fenômeno responsável pela demarcação do ponto mais próximo ao forame apical, onde os procedimentos operatórios de instrumentação e obturação deverão ser limitados. Soluções apresentando boa condutibilidade elétrica possibilitam um maior contato com os tecidos periodontais apicais, levando a uma variação mínima da impedância. Os autores sugeriram que novas medições fossem realizadas, utilizando a extração posterior dos dentes, para uma avaliação mais precisa da localização do forame apical.

No ano de 1997, KOBAYASHI; YOSHIOKA; SUDA<sup>73</sup> apresentaram um novo aparelho denominado Tri Auto-ZX<sup>®</sup>. Este aparelho é constituído por um micro-motor elétrico destinado à instrumentação dos canais radiculares a partir da utilização de limas de níquel-titânio em baixa rotação (240 a 280 rpm). Possui também um módulo interno acoplado que permite a mensuração eletrônica do canal, de maneira similar ao *Root ZX*<sup>®</sup>. Desta forma, o Tri Auto-ZX<sup>®</sup> permite, durante o preparo do canal radicular, monitorar o limite apical de instrumentação. O aparelho possui um sistema auto-reverso que permite, também, a reversão do movimento rotatório da lima quando a mesma atinge o ápice radicular. Os autores descreveram as características do equipamento testado em dentes extraídos montados em um modelo experimental.

Ainda no ano de 1997, VAJRABHAYA, TEPMONGKOL<sup>131</sup> avaliaram “*in vivo*” a precisão do *Root ZX*<sup>®</sup> em pacientes que tinham agendado a extração de dentes por motivos de doenças periodontais ou ortodônticos. Foram utilizados, nesse estudo, 20 dentes unirradiculados. Os pacientes foram anestesiados e, após a extirpação pulpar, os canais foram irrigados com solução salina. O excesso de solução da câmara pulpar foi removido com uma bolinha de algodão. A medição com o aparelho foi realizada com limas nº 15 e ou nº 25, dependendo do diâmetro do forame apical. As limas, acopladas ao aparelho, eram inseridas no canal até o display digital mostrar 0,5mm. As mesmas foram fixadas com resina fotopolimerizável e, então, os dentes foram cuidadosamente extraídos. A distância entre a ponta da lima e o forame apical foi medida com o auxílio de um microscópio óptico após o desgaste da porção apical dos dentes. As medições eram consideradas aceitáveis quando essa medida estava entre 0,0mm e 1,0mm aquém do forame. Medições, além do forame, em 0,5mm ou mais curtas que 1,0mm foram consideradas inaceitáveis. Uma

amostra foi perdida durante o processo de desgaste da porção apical. Dos 19 casos, 15 (78,94%) estiveram numa média de 0,2mm aquém do forame apical, 3 casos (15,78%) tiveram leitura coincidente com o forame e apenas um (5,26%) teve a ponta da lima além do forame apical em 0,1mm . Os autores concluíram que o *Root ZX*<sup>®</sup> pode determinar o forame apical, mas não a constrição apical. Apesar do *Root ZX*<sup>®</sup> ter apresentado uma precisão de 94,72%, os autores não excluíram a necessidade das tomadas radiográficas para fornecer informações da morfologia do canal e, também, das estruturas anatômicas adjacentes.

PAGAVINO; PACE; BACCETTI<sup>95</sup>, em 1998, avaliaram “*in vivo*” o localizador apical *Root ZX*<sup>®</sup> com relação à precisão na localização do forame apical. Foram utilizados 29 dentes, com vitalidade pulpar, de pacientes com agendamento para extração. As coroas dentais sofreram desgaste em grande extensão para que o acesso ao canal radicular fosse facilitado, a entrada do canal radicular foi alargada com brocas de Gates-Glidden. Após esses procedimentos os canais foram irrigados com solução de hipoclorito de sódio a 2,5% removendo-se, em seguida, o excesso do líquido irrigador por meio de aspiração. A seguir limas endodônticas de calibres variando do nº 0,8 a nº 15 foram introduzidas no canal radicular. Foram registradas, as medidas eletrônicas, de acordo com as recomendações do fabricante. As limas foram introduzidas no canal até que a inscrição “APEX” aparecesse no display do aparelho. Após a indicação do alcance do forame apical as limas foram fixadas com resina fotopolimerizável e, em seguida, seus cabos foram cortados. Após a extração dos dentes, seus ápices foram observados e fotografados por meio de estereomicroscopia com um aumento de 40x. Posteriormente, as raízes foram preparadas para serem estudadas por meio de microscopia eletrônica de varredura. Os dentes foram classificados em dois grupos. No Grupo A (15 dentes), o forame apical parecia estar localizado seguindo o longo eixo do dente. No grupo B (14 dentes), o forame apical encontrava-se desviado desse eixo. Com um nível de tolerância de  $\pm 0,5$  mm a média de precisão clínica do *Root ZX*<sup>®</sup> foi de 82,75%. Com um nível de tolerância de  $\pm 1,0$  mm, foi encontrada uma precisão de 100% nas amostras. O erro na medição foi significativamente menor nos casos com forame apical seguindo o longo eixo do dente (Grupo A). Os autores recomendaram que, após o display apontar “APEX”, a lima seja recuada para o interior do canal em cerca de 0,5mm a 1,0mm.

Objetivando comparar a precisão de localização da constrição apical pelo método eletrônico, em casos de polpa viva e necrótica, DUNLAP et al<sup>29</sup>, em 1998, avaliaram o *Root ZX*<sup>®</sup> em 29 dentes cuja extração estava indicada por razões protéticas ou periodontais, totalizando 35 canais. Uma vez obtida a leitura na posição ápice, deslocava-se o instrumento até o visor assinalar a posição constrição. A aferição do método foi realizada a partir da fixação da lima em posição, extração do elemento dentário e visualização da posição da ponta do instrumento em relação à posição da constrição apical. Relacionando-se a distância da ponta da lima com a constrição apical, essa distância foi menor que 0,25mm em 18 casos (52,9%); distância menor que 0,50mm em 28 casos (82,3%); e menor que 0,75mm em 32 casos (94,1%). Em dentes com polpas vitais as leituras estiveram posicionadas aquém ou coincidentemente na constrição apical em 52,9% dos casos, já nos casos de polpas necróticas esta porcentagem foi de 23,5%, não sendo esta diferença estatisticamente significativa. Em duas medições, de casos com polpa necrótica, houve um posicionamento do instrumento endodôntico 1,5mm além da constrição apical. Os autores relacionaram estes casos ao fato desses elementos dentários apresentarem imagens radiolúcidas características de lesão periapical, sugerindo a ausência de constrição apical nesses dentes e, portanto, dificultando a obtenção da leitura eletrônica. Concluíram, baseados nos resultados, que o *Root ZX*<sup>®</sup> foi preciso sob o ponto de vista clínico em 94% dos casos estudados, sendo que não houve diferença estatística nas leituras entre os casos de polpa necrótica ou viva.

Para avaliar a confiabilidade das mensurações indicadas pelo Endex em comparação ao método táctil digital e o método radiográfico, OUNSI; HADDAD<sup>93</sup>, em 1998, utilizaram os métodos em 37 dentes unirradiculados extraídos. As coroas foram cortadas na junção amelocementária. Inicialmente, a técnica da sensibilidade táctil digital foi a primeira a ser realizada para evitar possível perda da anatomia apical devido à passagem repetitiva dos instrumentos. O top de silicone era estabilizado, a lima removida do interior do canal e medida. A segunda fase do experimento constituiu-se da medição eletrônica, com o comprimento do canal sendo limitado quando a agulha do visor do aparelho alcançava a demarcação “ápice”. Como última fase do experimento, executava-se uma tomada radiográfica pela técnica do paralelismo no sentido vestibulo-lingual, colocando a fonte de raios X a 25 centímetros, e a película radiográfica a dois milímetros do dente a ser examinado. As medições encontradas pelos métodos foram comparadas com a determinação do

comprimento real do canal radicular, realizada por meio da visualização direta de uma lima nº 15 no forame apical. O método táctil digital obteve 43,38% de precisão na detecção do forame apical. Os resultados obtidos pelo método radiográfico alcançaram 97,06% de precisão, enquanto que o método eletrônico obteve 84,56% de acerto na determinação do forame ( $\pm 0,5\text{mm}$ ). Os autores atribuíram o alto índice de sucesso do método radiográfico à facilidade das tomadas radiográficas "*in vitro*", muito mais precisas que as executadas clinicamente .

Com o intuito de comparar o tamanho real do dente, com o tamanho obtido com a leitura eletrônica promovida pelo *Root ZX*<sup>®</sup>, OUNSI; NAAMAN<sup>94</sup>, em 1999, realizaram um estudo *in vitro* utilizando-se de 39 dentes unirradiculados, extraídos, com os ápices totalmente formados. A determinação do comprimento real do dente foi obtida visualmente por meio da observação da ponta de uma lima nº 15 no forame apical. Com o objetivo de facilitar o acesso ao canal radicular as coroas foram removidas na junção cimento-esmalte. Para a medição eletrônica os dentes foram colocados em gel, como descrito por DONELLY<sup>28</sup>. Durante a medição os canais foram mantidos úmidos com hipoclorito de sódio a 5,25%. Foram realizadas medições quando o mostrador digital estava mostrando a marca de 0,5mm aquém do ápice e, também, quando o indicador do painel estava registrando "APEX". Ambas as medidas foram comparadas ao comprimento real do dente. Concluíram, os autores, que o *Root ZX*<sup>®</sup> não deve ser usado como indica o fabricante, em alcançar o ápice e recuar 0,5mm para o interior do canal. Segundo os autores, o aparelho apenas detecta o forame apical e não a posição de 0,5mm aquém do forame. Salientaram, ainda que o clínico deveria alcançar a marca "ápice" no aparelho durante a medição eletrônica, remover a lima do interior do canal, para então subtrair 0,5 ou 1,0mm de acordo com o seu desejo.

Comparando dois localizadores apicais, com relação à capacidade dos mesmos em localizar, precisamente, a constrição apical na presença de vários fluidos no interior do canal radicular WEIGER *et al*<sup>132</sup>, em 1999, desenvolveram um estudo "*in vitro*", utilizando os aparelhos *Root ZX*<sup>®</sup> e o *Apit*<sup>®</sup>, realizando a medição em 46 dentes unirradiculados. A patência dos forames foi cuidadosamente checada com uma lima nº 06 onde o comprimento do canal foi definido como a distância entre o platô incisal até o forame apical. Tal limite era aquele em que a lima era visualizada no forame com o auxílio de uma lupa. Os canais foram preenchidos com três tipos de irrigantes:

NaOCl a 1%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3% e NaCl a 0,9%. Os dois aparelhos demonstraram, na leitura medidora "APEX", que os valores das medições da posição da constrição apical diferiam na presença de NaOCl ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Concluíram que, sob as condições deste estudo, o *Root ZX*<sup>®</sup> proporcionou medições mais precisas, na presença de NaOCl.

No ano de 1999, IBARROLA *et al*<sup>55</sup> desenvolveram um estudo para determinar se a realização de desgaste dentinário nos terços cervical e médio dos condutos radiculares, previamente à medição com localizador apical eletrônico, melhoraria a eficiência do mesmo. O aparelho utilizado foi o *Root ZX*<sup>®</sup>. Trinta e dois canais foram divididos em dois grupos (1 e 2). O grupo controle (grupo1) não foi manipulado antes da medição eletrônica. O desgaste nos terços cervical e médio nos canais (grupo 2) foi realizado com instrumento rotatório Profile<sup>®</sup> taper .04. Os resultados mostraram que o grupo 2 apresentou uma diferença estatisticamente significativa quando comparado ao grupo controle (p=0,015). Concluíram os autores, que os resultados mais consistentes obtidos com o *Root ZX*<sup>®</sup> deram-se quando desgastes prévios dos terços cervical e médio dos condutos radiculares foram realizados.

FOUAD; REID<sup>36</sup>, no ano de 2000, realizaram um estudo comparando dentes nos quais foram realizados tratamentos endodônticos, tendo sido obtida a odontometria pelos métodos radiográfico e eletrônico. Foram utilizados 58 canais de 36 dentes de pacientes da clínica de Endodontia onde os estudantes da graduação participaram deste estudo. Inicialmente foi realizada a odontometria de todos os canais, usando radiografias pré-operatórias e medições eletrônicas. Ficou estipulado que os estudantes deveriam determinar o comprimento de trabalho pelo método eletrônico ou radiográfico, distribuído ao acaso. Estudantes e instrutores não sabiam qual método foi o escolhido. Após o término dos tratamentos endodônticos, os dentes foram radiografados e as obturações de canais foram consideradas aceitáveis quando estavam no intervalo entre 0,0 e 2,0 mm aquém do ápice radiográfico. Num grupo de três dentes não foi possível realizar a medição eletrônica devido à obstrução dos canais, sendo os mesmos excluídos do estudo. Concluiu-se que, nos casos em que foram feitas as odontometrias utilizando-se do método eletrônico, os resultados foram melhores. Apesar de não ser estatisticamente significativa (p=0,07) o número de radiografias utilizadas no tratamento foi menor no grupo em que foi utilizado o localizador apical eletrônico ( *Root ZX* )

Com o intuito de comparar “*in vivo*” a eficácia do localizador eletrônico Justy II com o método radiográfico, em determinar o comprimento de trabalho durante o tratamento endodôntico, MARTINEZ *et al*<sup>1</sup>, em 2000, realizaram um estudo em 35 dentes com 52 canais radiculares onde 11 deles apresentavam imagem radiolúcida periapical. As limas tipo K, acopladas ao aparelho eram introduzidas no interior do canal até que o ponteiro atingisse o centro da zona amarela, indicando a constrição apical. O limitador de penetração era, então, ajustado na região escolhida e uma tomada radiográfica era realizada. Foram consideradas corretas as medidas que estavam entre 0,5mm a 1,0mm aquém do ápice radiográfico. Os resultados obtidos indicaram 63,5% dos casos onde houve coincidência entre as medidas eletrônicas e radiográficas; em 15,4% as medidas eletrônicas foram menores que as radiográficas em média de -0,5mm a -1,0mm e, em 21,1% dos casos, as medidas com o localizador apical foram maiores que as radiográficas. Concluíram que os localizadores eletrônicos apicais permitem uma medida objetiva do canal radicular mas não substituem totalmente as radiografias.

Num trabalho de avaliação clínica da eficácia de um localizador apical, em relação à técnica radiográfica, FERREIRA *et al*<sup>4</sup>, no ano de 2000, avaliaram o Apit<sup>®</sup> 5 utilizando-se de 225 dentes, sendo que 103 eram anteriores, 90 pré-molares, e 32 molares, totalizando 348 condutos, dos quais, 140 tinham vitalidade pulpar, e 208 apresentavam-se com necrose. Destes, 147 apresentavam lesões periapicais. Os resultados obtidos demonstraram que, em 94,2% dos casos de biopulpectomia houve concordância do comprimento estabelecido quando comparado à imagem radiográfica. Já, nos casos de polpa necrosada na presença ou não de lesão, observou-se uma concordância do resultado em 96,3%. Concluíram, os autores, que os localizadores apicais auxiliam, durante o tratamento endodôntico, na determinação do comprimento de trabalho, diminuindo o tempo de tratamento e a quantidade de radiografias tiradas.

Com o intuito de estudar uma diminuição da dose de radiação ionizante ao paciente que sofre uma intervenção endodôntica, no ano de 2000, SAAD; AL-NAZHAN<sup>107</sup> realizaram um estudo onde combinaram a técnica de um localizador eletrônico apical (*Root ZX*<sup>®</sup>) e o sistema digital de imagem (*RadioVisioGraphy-RVG*). Este estudo foi conduzido em 14 pacientes que sofreriam

intervenção para tratamento endodôntico. Os dentes eram medidos inicialmente utilizando-se o *Root ZX*<sup>®</sup>. O sistema RVG era utilizado para verificar a prova do cone e a obturação final. Os pacientes tiveram seus tratamentos acompanhados entre 6 e 18 meses e os resultados foram satisfatórios em todos os casos, verificando-se uma boa vantagem da associação do sistema RVG com localizador eletrônico.

MARTÍNEZ-LOZANO *et al*<sup>22</sup>, em 2001, compararam dois métodos radiográficos (filme convencional e radiografia digital), com um localizador eletrônico apical (*Apit*<sup>®</sup> EM-S3). Para este estudo, foram utilizados 28 canais radiculares pertencentes a 20 dentes humanos extraídos. Foi feita uma comparação entre a medição do comprimento de trabalho obtido com os dois métodos radiográficos e um localizador apical eletrônico. O método eletrônico foi satisfatório em 67,8% dos casos, já os métodos radiográficos apresentaram uma porcentagem de 50,6% para o digital e 61,4% para o convencional. Concluíram, os autores, que nenhum dos métodos foi totalmente satisfatório em estabelecer o comprimento de trabalho, e também, não houve diferença estatística entre os métodos investigados.

ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>30</sup>, em 2001, obtiveram resultados de um estudo onde avaliaram a freqüência de sobre-instrumentação em dentes nos quais radiografias demonstravam que o comprimento de trabalho estava entre 0 a 2,0mm mais curto que o ápice radiográfico. Foram utilizados 91 dentes entre pré-molares, molares e incisivos, totalizando 196 canais. Dentes com reabsorção apical visível foram excluídos. Os resultados mostraram que, para os dentes anteriores, não houve nenhum caso onde a lima ultrapassou o forame apical. Em dentes pré-molares a freqüência de medida que esteve além do forame apical foi de 51% e nos molares esta freqüência foi de 22%. Concluiu-se que, radiograficamente, um comprimento de trabalho apresentando-se entre 0 e 2,0mm do ápice radiográfico, não garante que a instrumentação além do forame apical será evitada.

Com o objetivo de avaliar a precisão do *Root ZX*<sup>®</sup>, na presença de várias soluções irrigantes, utilizadas no tratamento endodôntico, JENKINS *et al*<sup>22</sup> no ano de 2001, realizaram um trabalho “*in vitro*” no modelo preconizado por DONNELLY<sup>28</sup>. Foram utilizados 30 dentes unirradiculados. O comprimento real do dente foi medido visualizando-se a lima no forame apical com o auxílio de um microscópio clínico. Os irrigantes testados foram: Lidocaina a 2%, hipoclorito de

sódio a 5,25%, RC Prep, E.D.T.A., água oxigenada a 3% e o Peridrex (Clorhexidina a 12%). Não houve diferença estatística entre os produtos testados. Os autores confirmaram as declarações do fabricante de que o *Root ZX*<sup>®</sup> é um aparelho versátil e preciso na determinação eletrônica do comprimento de trabalho com os mais variados tipos de agentes irrigantes, utilizados na endodontia.

HILÚ<sup>51</sup>, em 2001, realizou um estudo “*in vivo*” para a determinação do comprimento de trabalho, comparando-se os métodos radiográfico e eletrônico. Para tal, o autor utilizou 97 condutos radiculares, onde, o diagnóstico era de 60 polpas vitais, 21 não vitais e 16 retratamentos. Não se levou em consideração o sexo ou idade do paciente, mas apenas que os ápices estivessem totalmente formados. O aparelho utilizado para a medição eletrônica foi o Foramatron IV. As leituras eram consideradas quando a ponta do instrumento utilizado para realizar a medição eletrônica indicava estar a 1,0mm aquém do ápice radiográfico, com uma tolerância de  $\pm 0,5$ mm. Em todos os casos os canais foram irrigados com NaOCl a 2,5%. Dos resultados obtidos 54,64% foram considerados aceitáveis, não havendo diferenças estatísticas entre as polpas vitais, não vitais e retratamentos. Concluiu, o autor, ser aconselhável a tomada radiográfica para a confirmação do comprimento de trabalho, deixando apenas o método eletrônico para situações duvidosas, sendo portanto, um complemento auxiliar dos outros métodos.

ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>31</sup>, no ano de 2002, realizaram um estudo da capacidade do *Root ZX*<sup>®</sup> em evitar a sobre instrumentação em dentes pré-molares, após a radiografia de determinação do comprimento de trabalho. Foram utilizados 30 pré-molares, selecionados em função da ausência de reabsorção apical visível e presença de forame apical que permitisse, pelo menos, a passagem de uma lima nº 06, totalizando 43 canais. O comprimento do dente era medido, introduzindo-se uma lima nº 06 no interior do canal até que a mesma fosse visualizada no forame apical com o auxílio de um estereomicroscópio em aumento de 15 vezes. A determinação do comprimento de trabalho pelo método radiográfico foi feita com o auxílio de um dispositivo onde cada dente foi radiografado três vezes, sendo uma pré-operatória pela técnica do paralelismo, outra com uma lima nº 10 ou nº 15 no interior do canal a uma distância de 2,0mm menor que o comprimento da primeira radiografia e uma final, com o comprimento real de trabalho. A medição eletrônica foi realizada com o dente colocado em solução de NaCl a 0,9%. Quando o display



apontava para uma distância do ápice de 0,5mm a lima era estabilizada para a medição. Foram realizadas duas medições com um intervalo de 16 horas entre as mesmas, não havendo diferença estatística entre ambas. Ressaltaram, os autores, que as medições realizadas radiograficamente tiveram um número maior de medidas além do forame apical, quando, comparadas à medição eletrônica. Concluíram que houve benefício em se associar a leitura eletrônica com a medida radiográfica.

TINAZ *et al*<sup>126</sup>, em 2002, apresentaram um trabalho “*in vitro*” objetivando avaliar o efeito da experiência do operador e do preparo do terço coronário do canal na precisão dos resultados de três diferentes modelos de localizadores apicais. As medições eletrônicas, realizadas com os aparelhos Root ZX<sup>®</sup>, Bingo 1020 e Apex Finder, foram realizadas em modelos experimentais, onde os dentes ficaram montados em recipientes plásticos preenchidos com alginato recém manipulado. Havia três níveis de operadores: um já acostumado a realizar medições eletrônicas, outro já familiarizado com esse tipo de aparelho e um iniciante. Foram utilizados, 39 dentes unirradiculados, dos quais as coroas foram removidas na junção cimento-esmalte para facilitar o acesso ao canal radicular, e os forames apicais foram padronizados com a lima nº 20. Inicialmente os espécimes foram medidos separadamente por cada operador com determinado aparelho, seguindo as instruções dos fabricantes. Após cada operador realizar a leitura eletrônica com os três aparelhos os canais tiveram seus terços coronários preparados com instrumento rotatório de níquel-titânio. Houve uma nova medição após o preparo. Os resultados demonstraram que o Bingo 1020 e Apex Finder tiveram uma precisão de leitura maior, enquanto os canais não tiveram seus terços coronários preparados, ao contrário do Root ZX<sup>®</sup>. Concluíram que, se os aparelhos forem utilizados de acordo com as especificações do fabricante, experiência não é um fator necessário para utilizar os localizadores apicais eletrônicos.

No mesmo ano, TINAZ *et al*<sup>124</sup>, apresentaram um novo modelo, simples e de baixo custo para ser utilizado no ensino de demonstração e do manuseio dos localizadores apicais eletrônicos. Para tal, foram utilizados 3 dentes unirradiculados que foram armazenados em solução de formol a 10%. A medição eletrônica foi realizada com o Root ZX<sup>®</sup>. Os dentes foram inseridos em um manequim de acrílico. O fundo do manequim foi preenchido com alginato fazendo com que os forames apicais dos dentes entrassem em contato com o mesmo. O alginato foi colocado em excesso na sua porção inferior para que o eletrodo labial pudesse ser

inserido em seu interior agindo, dessa forma, como a mucosa bucal. Os forames apicais dos dentes haviam sido padronizados com diâmetros 0,25mm, 0,30mm e 0,45mm. Os autores observaram que o modelo se manteve estável por várias horas e ofereceu resultados consistentes. Concluíram que o modelo é de grande utilidade no ensino do manuseio dos localizadores apicais, mas não recomendaram a utilização deste modelo para pesquisas.

Ainda, em 2002, TINAZ *et al*<sup>125</sup> apresentaram um estudo sobre o efeito do Hipoclorito de Sódio (NaOCl) em várias concentrações na precisão da leitura do *Root ZX*<sup>®</sup>, em determinar o comprimento de trabalho. Foram utilizados 50 dentes humanos unirradiculados, os quais, foram divididos em cinco grupos. As coroas dos dentes foram seccionadas a 2 mm da junção cimento-esmalte. Como solução irrigante foi utilizado o NaOCl em concentrações de 5,25%, 2,65%, 1% e 0,5%. Para o grupo controle foi utilizada água destilada. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística entre os grupos, onde os autores concluíram que o *Root ZX*<sup>®</sup> pode ser utilizado, com sucesso, na terapia endodôntica.

Realizando um estudo “*in vitro*”, onde a medição do comprimento de trabalho com o *Root ZX*<sup>®</sup> era feito em dentes com reabsorções radiculares simuladas, GOLDBERG *et al*<sup>43</sup>, no ano de 2002, utilizaram 50 dentes unirradiculados com ápices totalmente formados onde a reabsorção apical foi simulada utilizando-se de uma broca carbide esférica nº 3. Para a medição do comprimento real do canal radicular uma lima nº 15 foi inserida no mesmo até sua visualização no forame apical, dessa medida subtraiu-se 0,5mm e anotou-se em fichas para comparação com a medida eletrônica. Para a medição eletrônica, a lima era introduzida no canal até o display do aparelho indicar a posição “APEX” e, então, recuada para a posição de 0,5mm e 1,0mm aquém do ápice. A medição eletrônica e manual foram realizadas separadamente por três operadores distintos. Os resultados obtidos demonstraram diferenças estatísticas entre os operadores A e B e entre A e C ( $p < 0,001$ ) mas não significativa entre B e C ( $p < 0,01$ ). A média, para o desvio das medidas visuais diretas dos canais foi de -0,46mm, -0,68mm e -0,60mm para os operadores A, B e C, respectivamente. Concluíram que as diferenças estatísticas entre os operadores poderia ser devido à variação na habilidade e experiência no manuseio do aparelho. Concluíram que o *Root ZX*<sup>®</sup> pode ser utilizado confiavelmente nas medições de dentes com reabsorção apical.

Neste mesmo ano, GRIMBERG *et al*<sup>46</sup>, realizando um estudo em pacientes que tinham seus dentes agendados para extração, avaliaram a performance do Tri Auto ZX, um aparelho desenvolvido para a utilização com instrumentos rotatórios de Ni-Ti. Vinte e cinco dentes, entre incisivos e caninos de pacientes entre 22 e 60 anos de idade foram utilizados. As medições foram realizadas com limas nº 15 e a utilização do aparelho seguiu as instruções do fabricante. Foram realizadas várias medições: uma medição eletrônica (EL), na qual a lima foi introduzida no canal até que o led do aparelho, determinando a posição de 0,5mm acendesse; outra utilizando-se instrumentos rotatórios até o momento em que ocorria o reverso automático do aparelho (ARL) e a medição manual após a extração do dente (AL) pela visualização da ponta da lima nº 15 no forame apical. Os resultados obtidos demonstraram que EL foi coincidente ao ARL em todos os casos. Quando comparados AL com EL e ARL os resultados obtidos coincidentes entre os três foi de 40% dos casos. Nos demais, 60% AL acusou uma medida mais longa em 56% dos casos ( $\pm 0,5\text{mm}$ ) e em apenas 4% dos casos AL foi mais curta que EL ou ARL ( $\pm 0,5\text{mm}$ ) com diferença média sendo de  $-0,23\text{mm} \pm 0,32\text{mm}$  ( $p < 0,05$ ). Concluíram os autores que, o Tri Auto ZX previne a sobre instrumentação.

BRUNTON; ABDEEN; MACFARLAIN<sup>16</sup>, em 2002, investigaram se o uso do localizador apical associado à tomada radiográfica na determinação do comprimento de trabalho, resultaria numa redução da exposição aos raios X dos pacientes que se submetem à terapia endodôntica. Utilizaram 50 dentes unirradiculados (caninos e incisivos), os quais foram divididos, aleatoriamente, em dois grupos de 25 dentes cada. No Grupo B o comprimento de trabalho foi determinado pela tomada radiográfica associada à leitura eletrônica e no grupo A apenas pela tomada radiográfica. Pelo método radiográfico era considerado o comprimento de trabalho, a medida de 1,0mm aquém do ápice radiográfico. Se a lima ficasse posicionada 3,0mm aquém do ápice radiográfico uma nova radiografia era realizada. Após as medições eletrônica e radiográfica os dentes foram seccionados e medidos com auxílio de uma régua milimetrada. Para o grupo A, 14 radiografias foram refeitas e para o grupo B não houve necessidade de realizar novas tomadas radiográficas, ocorrendo uma diferença estatística significativa ( $p < 0,001$ ). Os resultados relataram que o localizador apical foi preciso em determinar o comprimento de trabalho a uma distância de 0,5mm do forame apical em 11 dentes

(44% dos casos). Por outro lado, em 15 dentes (60% dos casos) utilizando-se apenas a tomada radiográfica, tiveram o comprimento de trabalho a 0,5mm do forame apical. Concluíram os autores que os localizadores apicais associados às tomadas radiográficas são de grande auxílio aos clínicos, principalmente àqueles com menos experiência.

OISHI *et al*<sup>91</sup>, em 2002, investigaram a possibilidade de se detectar as constrictões apicais de canais radiculares usando um localizador apical. De um grupo de 771 dentes com 1416 canais, em apenas 70 canais não foi possível realizar a penetração da lima em toda sua extensão. Esses setenta canais foram selecionados, sendo que terceiros molares e dentes com ápices incompletos não faziam parte dos mesmos. Baseados em análises radiográficas, os dentes utilizados foram divididos em 3 grupos: GRUPO A (constricção nos 3,0 mm do ápice radiográfico - 23 canais). GRUPO B (não constricto nos 3,0 mm do ápice radiográfico - 28 canais). GRUPO C (constricto em mais de 3,0 mm aquém do ápice radiográfico - 19 canais). Os canais foram preenchidos com NaOCl a 6%. A lima foi introduzida no canal até a porção mais apical que a mesma pudesse atingir. Então acoplava-se a lima ao analisador de impedância e, posteriormente, ao *Root ZX*<sup>®</sup> e as medições das impedâncias eram realizadas e anotadas. Houve uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos A e B. Os autores concluíram que o *Root ZX*<sup>®</sup> não é somente efetivo para detectar a localização do forame apical, mas também é útil para detectar a constricção do canal radicular.

POMMER; STAMM; ATTIN<sup>100</sup>, no ano de 2002, realizaram um estudo "*in vivo*" determinando o comprimento dos canais radiculares. Utilizaram o Apex Finder, tanto em canais que se encontravam em estado de necrose, como de vitalidade pulpar ou após a desobturação de casos já tratados. De um total de 107 dentes foram realizadas as medidas com o localizador em 171 canais. Desses, 104 eram vitais, os demais não, dos quais 19 eram casos de retratamentos. Realizada a odontometria com o aparelho, uma radiografia era tirada para que, posteriormente, fosse realizada a medida entre a ponta do instrumento e o ápice radiográfico. Em 86% dos dentes avaliados a ponta da lima, como indicava o aparelho eletrônico, estava localizada entre 0,5mm e 1,5mm aquém do ápice radiográfico; para 5,8% dos casos a localização do instrumento estava entre 1,5mm e 2,0mm aquém do ápice radiográfico e, em 6,4% a ponta da lima estava a mais de 2,0mm. O Apex Finder demonstrou ser

mais preciso para determinar a constrição apical em canais vitais (93,9%), do que em canais necróticos (76,6%). Em canais desobturados a porcentagem de acerto foi de 68,4%. Os autores concluíram que o Apex Finder é altamente confiável em determinar a leitura do comprimento do canal tanto em dentes vitais como não vitais.

Com a intenção de comparar dois aparelhos localizadores apicais de terceira geração e ambos com o método radiográfico, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE<sup>68</sup> realizaram, no ano de 2002, um estudo em 120 dentes humanos multi e unirradiculados extraídos. Nos casos dos dentes multirradiculados, apenas um canal era escolhido aleatoriamente. Foram divididos, também, aleatoriamente, em 2 grupos de 60 dentes. Para realizar a medição eletrônica os dentes foram inseridos em caixas plásticas com alginato, cada caixa comportava 10 dentes. Um grupo foi medido primeiramente pelo Root ZX<sup>®</sup> e em seguida pelo Bingo 1020, sendo os resultados anotados. O outro grupo foi medido com o Bingo 1020 e, posteriormente, pelo Root ZX<sup>®</sup>. Cada dente foi medido 3 vezes com cada aparelho, e uma média foi tirada dando o resultado final da medição pelos localizadores apicais. Após a terceira medida a lima foi deixada no interior do canal para a realização da tomada radiográfica. Seguindo-se à tomada radiográfica os canais foram instrumentados até a lima nº40. Os dentes, divididos em 6 grupos, foram novamente medidos com vários tipos de irrigantes no interior do canal (Xilol, Clorexidina a 0,2%, E.D.T.A. a 17%, NaOCl a 3%, Solução salina e canais secos). Para cada irrigante, 10 dentes foram medidos com o Root ZX<sup>®</sup> e 10 com o Bingo 1020. Os resultados demonstraram que não existiu diferença na ordem de utilização dos aparelhos. Concluíram, os autores, que o conteúdo do canal influenciou na leitura dos aparelhos (foram mais próximas do comprimento real do dente com solução salina e E.D.T.A.) não existindo uma diferença clinicamente significativa, e que, medidas eletrônicas são mais próximas do comprimento real do dente do que as radiográficas.

LEE *et al*<sup>78</sup>, no ano de 2002, apresentaram um novo circuito designado a realizar uma compensação automática para os possíveis erros nas medidas dos localizadores apicais, frente aos vários tipos de soluções eletrolíticas. Em estudos anteriores, os autores observaram tendências de existir medições mais curtas nos casos onde se utilizavam soluções altamente eletrocondutoras e, por outro lado, medições mais longas nos casos onde as soluções existentes no interior do canal eram pouco condutoras de eletricidade. Foram testados clinicamente trinta e um

canais, de pacientes que tinham extração agendada por motivos periodontais ou ortodônticos. As limas endodônticas foram inseridas nos canais até que o aparelho indicasse o sinal “ÁPICE”. As limas foram, então, imobilizadas com cimento de ionômero de vidro e os dentes extraídos. Após a extração, a porção apical da raiz foi desgastada para a observação da posição da ponta da lima em relação ao forame e à junção canal-dentina-cimento com o auxílio de um microscópio clínico. Essas distâncias foram medidas e avaliadas estatisticamente. Os resultados mostraram que as distâncias estavam, em média, -0,13mm aquém do forame (com uma variação de -1,28 e +0,46mm) e, quando a união canal-dentina-cimento foi detectada, a distância média foi de +0,18mm (com uma variação de -0,98 e +0,65mm) mm da união CDC. Dos 31 espécimes, apenas em 14 podia-se, ao microscópio, detectar o limite CDC. Os autores não observaram diferenças estatísticas nas leituras realizadas entre forames apicais amplos ( $\geq 250\mu\text{m}$ ) e forames apicais com diâmetros menores ( $< 25\mu\text{m}$ ).

MEARES, STEIMAN<sup>86</sup>, em 2002, querendo observar se a solução de hipoclorito de sódio influenciava na leitura do *Root ZX*<sup>®</sup>, realizaram um estudo em 40 dentes pré-molares humanos com ápices totalmente formados. Os dentes foram montados em um dispositivo plástico onde as raízes foram submersas em solução salina para que houvesse a transmissão da corrente elétrica para a leitura do localizador apical. Foram realizadas leituras sem NaOCl, com NaOCl a 2,125% e NaOCl 5,25%. Na leitura do *Root ZX*<sup>®</sup> a 0,5mm do ápice os resultados mostraram uma precisão de 81% sem NaOCl, de 83% com NaOCl a 2,125% e finalmente 85% com NaOCl a 5,25%. Concluíram que o *Root ZX*<sup>®</sup> não é afetado quando da utilização do NaOCl.

WELK; BAUNGARTNER; MARSHAL *et al*<sup>133</sup>, em 2003, compararam dois modelos de localizadores apicais, tipo duas frequências (*Root ZX*<sup>®</sup>) e cinco frequências (Endo Analyzer Model 8005) sob condições clínicas. Para verificar se existia consistência nas medições entre modelos similares, cada dente foi medido com 4 aparelhos de cada modelo. Participaram deste estudo 7 pacientes adultos com idade entre 37 e 82 anos de idade, perfazendo um total de 32 dentes indicados para extração. Metade da porção coronária dos dentes foi removida facilitando o acesso ao canal e permitindo uma superfície plana para o apoio do limitador de penetração de silicone. A porção coronária dos canais foi preparada com brocas de Gates-Glidden de nº 2 a nº 4 e Orifice Shaper<sup>®</sup> nº 50 a nº 30. Após as mensurações, as

limas foram fixadas com cimento de ionômero de vidro, e os dentes extraídos. Para conferir a posição das limas, com relação ao forame apical a porção final das raízes foi cortada no seu longo eixo em cerca de 4,0mm, formando um plano onde a visualização era checada com o auxílio de um microscópio clínico. Em 90,7% dos casos, o forame menor foi detectado com o *Root ZX*<sup>®</sup> ( $\pm 0,5\text{mm}$ ) e 34,4% com o *Endo Analyser Model 8500*. A distância média entre a ponta da lima e o forame menor estava em média de 0,19mm para o *Root ZX* e 1,03mm para o *Endo Analyser Model 8500*. Os autores puderam concluir que a utilização dos localizadores apicais eletrônicos é confiável em determinar o comprimento de trabalho na endodontia e que o *Root ZX*<sup>®</sup> foi capaz de localizar o forame menor com maior frequência que o *Endo Analyser Model 8500*.

Devido ao surgimento de instrumentos manuais confeccionados em ligas de Níquel-Titânio THOMAS; HARTWELL; MOON<sup>122</sup>, no ano de 2003, utilizando o *Root ZX*<sup>®</sup>, realizaram um estudo com o propósito de determinar se havia alguma alteração na medição eletrônica quando eram utilizados instrumentos manuais confeccionados de aço inox ou de NiTi e rotatórios de NiTi num mesmo dente. Realizaram o estudo num grupo de 20 dentes unirradiculados com ápices totalmente formados. Utilizando-se dos instrumentos citados, com calibres variando entre os nº 20, nº 25 e nº 30; cada dente foi medido três vezes e a medida final foi considerada a média destas três medições. Segundo os autores, ocorreram diferenças estatisticamente significantes entre os 12 grupos, ( $p < 0,0001$ ), mas a maior dessas diferenças (0,11mm) não foi considerada clinicamente significativa para alterar a medição do comprimento de trabalho.

Em 2004, AZABAL; GARCIA-OTERO; de la MACORRA<sup>6</sup> realizaram um estudo para verificar a eficiência do *Justy II* em medir a posição de fraturas horizontais e verticais simuladas em dentes extraídos, e comparar com a medida real das mesmas. Para isto, foram utilizados 62 dentes extraídos sem reabsorções radiculares visíveis nem fraturados. No grupo “H” fraturas horizontais incompletas foram simuladas utilizando-se um disco com espessura de 0,2mm, cortando a raiz, no sentido horizontal até a exposição do canal radicular. Após a medição eletrônica as raízes foram cortadas no nível da fratura e o comprimento real foi medido com uma lima nº 10. Para os dentes do grupo “V” a simulação de uma fratura vertical foi realizada fazendo-se um corte no sentido vertical da raiz, mas, expondo-se o canal

radicular apenas na porção coronária da mesma. Os resultados demonstraram que em 74,2% das fraturas horizontais o Justy II teve uma precisão exata, em 19,2% esta precisão mostrou uma discrepância de 0,5mm. Nas fraturas verticais ocorreu uma discrepância para menos de 7,5mm na média. Concluiu-se que o aparelho é confiável em medir a distância de fraturas horizontais, o que não ocorre na determinação de fraturas verticais.

No mesmo ano, HOER, ATTIN<sup>52</sup> realizaram um estudo a fim de avaliar a eficiência de dois localizadores apicais de terceira geração em determinar a constrição apical ou a área entre o forame maior e o forame menor sob condições clínicas. Para este estudo, foram incluídos 42 pacientes que estavam agendados para a extração de dentes por motivos periodontais, cirúrgicos ou ortodônticos, perfazendo um total de 79 dentes e 93 canais. Com o aparelho Justy II foram medidos 51 canais. Os 42 canais restantes medidos com o ENDY 5000. Após as medições, as porções apicais das raízes foram desgastadas para a visualização em microscópio óptico. Dos casos medidos pelo Justy II, 82,4% estavam no intervalo localizado entre a constrição apical e o forame, e a maior distância da ponta da lima até o forame maior foi de 4,5mm. Para este mesmo intervalo o ENDY 5000 teve uma precisão de 81% onde a maior distância entre a ponta da lima e o forame foi de 3,5mm. Conclui-se que ambos são capazes de identificar o intervalo da constrição apical ao forame com um alto grau de sucesso.

KIM; LEE<sup>70</sup> fizeram, no ano de 2004, uma revisão sobre os localizadores apicais eletrônicos, desde o seu surgimento, até a evolução dos vários tipos de localizadores apicais. Realizaram um levantamento dos principais trabalhos executados com esses aparelhos. Descreveram trabalhos correlacionando a influência dos vários tipos de irrigantes sobre a acuidade dos localizadores eletrônicos apicais, assim como o efeito da condição pulpar sobre a leitura dos mesmos. Dentre os trabalhos citados, os autores fizeram, também, uma revisão onde avaliaram o efeito da influência do diâmetro do forame sobre a precisão da leitura dos aparelhos, assim como, a influência de reabsorções apicais presentes em alguns dentes, sobre estas leituras. Os autores explanaram também, sobre os trabalhos que consideram a capacidade de detecção de perfurações radiculares. Trabalhos relatados neste artigo demonstram que a leitura realizada pelos localizadores apicais eletrônicos, com instrumentos endodônticos fabricados com vários tipos de ligas



metálicas não sofrem interferência. Dentre as considerações clínicas, os autores relataram que a tomada radiográfica não deve ser eliminada durante a odontometria, principalmente nos casos onde existir uma instabilidade no sinal do aparelho, como em casos de ápices incompletos, cáries muito extensas e grandes restaurações metálicas.

Também em 2004, LUCENA-MARTIN *et al*<sup>60</sup> realizaram um estudo comparativo da precisão de três localizadores apicais. Os aparelhos utilizados foram o Justy II, Root ZX<sup>®</sup> e o Neosono Ultima EZ. Foram utilizados 20 dentes humanos unirradiculados extraídos por problemas periodontais, sem fraturas e com os ápices totalmente formados. As medições foram realizadas por dois diferentes operadores, sendo que um terceiro operador realizou a leitura do comprimento real do dente, por meio da inserção de uma lima nº 15 no canal até o aparecimento da mesma no forame apical. As medidas obtidas, em milímetros, realizadas eletronicamente foram anotadas em diferentes tabelas mantendo, assim, a individualidade dos resultados. Resultados que ficaram além do forame apical foram considerados positivos. Leituras que ficaram aquém do forame apical denominaram-se negativas e leituras coincidentes eram consideradas leituras corretas. Tais resultados demonstraram que leituras positivas foram de, no máximo, 5% para os três localizadores, com ambos os operadores. Os localizadores foram capazes de localizar o forame apical em cerca de 80% a 90%. Outro ponto concluído pelos autores foi de que, se os localizadores eletrônicos apicais forem utilizados de acordo com as orientações dos fabricantes, não é necessário uma experiência prévia para que se tenha bons resultados na obtenção do comprimento de trabalho.

Neste mesmo ano, GORDON e CHANDLER<sup>44</sup> realizaram uma revisão em 113 artigos escritos na língua inglesa sobre os localizadores apicais eletrônicos. Os autores fizeram um levantamento dos trabalhos realizados que falavam desde a importância da necessidade de se obter o comprimento de trabalho na Endodontia, da necessidade do conhecimento da anatomia do forame apical, das limitações encontradas durante o acesso ao canal para a realização da medida do comprimento de trabalho, até a evolução dos vários aparelhos surgidos no mercado. Relataram, também, a importância da radiografia pré-operatória, apesar dos localizadores apicais eletrônicos terem demonstrado ser um instrumento de grande precisão na determinação do comprimento de trabalho. Salientaram sobre as metodologias dos

trabalhos realizados “*in vivo*” e “*in vitro*”. Dos trabalhos “*in vitro*” os autores descreveram sobre os métodos encontrados para simular a eletrocondutividade dos tecidos vivos (alginato, gelatina, ágar ou solução salina). Dissertaram sobre a evolução dos localizadores apicais eletrônicos, relacionando os trabalhos realizados com o tipo de aparelho utilizado, sendo de primeira, segunda ou terceira geração. Nesta revisão citaram outras utilidades dos localizadores apicais eletrônicos, como determinação de perfurações radiculares, de fraturas radiculares, de reabsorções, assim como, possíveis problemas associados na utilização desses aparelhos. Concluíram que nenhuma técnica individual é totalmente satisfatória na determinação do comprimento de trabalho em Endodontia. O limite canal-dentina-cemento é o ponto ideal para a preparação e obturação do canal, e este ponto não pode ser visualizado radiograficamente. Os localizadores apicais eletrônicos de última geração podem determinar esta posição com uma acuidade de 90% ou mais, mas mesmo assim, possuem algumas limitações. A associação de ambas as técnicas pode ajudar os praticantes da Endodontia a alcançarem resultados previsíveis.

GARCIA<sup>42</sup>, avaliou “*in vivo*” a precisão de um novo aparelho eletrônico na determinação do comprimento de trabalho, no ano de 2004. Este aparelho de terceira geração foi o *NovApex*<sup>®</sup>. Para o referido, foram utilizados 67 canais radiculares, sendo que 42 casos eram de polpa vital e 25 de polpa necrótica. Os dentes foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5%. O preparo do terço cervical foi realizado com brocas Gates-Glidden números 1 e 2. A odontometria foi realizada de acordo com as instruções do fabricante. Uma vez obtida a medida com o localizador apical eletrônico, foi realizada uma tomada radiográfica, com a lima em posição, pela técnica da bisettriz. As medições foram consideradas aceitáveis quando a ponta da lima estava situada a 0,5 mm do ápice radiográfico com uma tolerância de ( $\pm 0,5$ mm). Dos 67 casos avaliados foram observadas medições aceitáveis em 92,5% dos casos, porém, em 7,5% dos casos as medições não foram aceitáveis. Das leituras não aceitáveis, 80% se encontravam além do forame apical. Não foram observadas diferenças estatísticas entre polpas vitais e polpas necróticas. Concluiu o autor que, apesar dos resultados obtidos indicarem o *NovApex*<sup>®</sup> como um dispositivo eficiente na determinação do comprimento de trabalho, a radiografia é imprescindível no tratamento endodôntico para a observação das estruturas anatômicas adjacentes, do calibre do conduto, sua direção, curvatura e posição. .

## 3 - PROPOSIÇÃO

*“Quem é generoso ao aprender, é generoso ao ensinar; mas nunca terá que exceder nessa generosidade, pretendendo ensinar antes de haver aprendido”*

*González Pecotche*

### **3 - PROPOSIÇÃO**

O objetivo desta pesquisa foi verificar "*in vitro*" a possível influência do calibre do instrumento endodôntico, e do diâmetro do forame apical sobre a leitura odontométrica realizada com dois localizadores apicais eletrônicos: *Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup>.

## 4- MATERIAL E MÉTODOS

*“A verdade é dura como o diamante e delicada  
como a flor do pessegueiro”*

*Gandhi*

## **4 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 - Seleção e preparo dos dentes**

O projeto de pesquisa foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru-USP, recebendo parecer favorável para sua realização (anexo 2).

Foram selecionados quarenta dentes humanos incisivos inferiores unirradiculados extraídos, provenientes do arquivo de dentes da disciplina de Endodontia, do departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Bauru – USP. Esses dentes apresentavam-se com raízes íntegras, retas e com os ápices totalmente formados. As raízes dos dentes foram limpas com a eliminação de cálculos, utilizando-se um aparelho de ultra-som da marca ENAC<sup>®</sup> (Osada- Japão). Foi observado, também, a não existência de fraturas nas raízes. Os dentes foram mantidos em solução de Formol a 10 % até o momento de sua utilização quando, então, foram lavados abundantemente em água corrente.

O acesso coronário foi realizado com ponta diamantada FG 1014 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) e nos dentes em que a distância mesiodistal da coroa era menor, utilizaram-se pontas diamantadas FG 1012. Para a remoção do teto da câmara pulpar e a realização da forma de contorno, foram utilizadas pontas diamantadas tronco-cônicas sem ponta ativa FG 3082, em alta rotação. Executado o acesso ao canal radicular, a exploração inicial do canal foi feita com limas tipo K nº 10 e nº 15 (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suíça). Removeu-se o conteúdo pulpar dos canais, mantendo-se uma distância de aproximadamente 5,0 mm aquém do ápice sem alterar a anatomia interna na porção mais apical do canal.

A porção incisal dos dentes foi aplainada fazendo-se um desgaste com uma politriz circular modelo DP 9A (Panambra - São Paulo-Brasil) para que, no momento da medição, o limitador de penetração de silicone mantivesse um

assentamento ideal nessa superfície, ocorrendo com isso, uma boa estabilidade no posicionamento do mesmo, para uma correta leitura. Os dentes foram então numerados recebendo números de 1 a 40. Posteriormente, os dentes foram medidos de sua porção incisal até o forame apical com o auxílio de uma lima tipo K nº 10, munida de limitador de penetração de silicone, onde, a mesma com movimentos de cateterismo, era introduzida no interior do canal até que sua extremidade fosse visualizada na saída do forame apical. Essa visualização foi feita com o auxílio de um microscópio óptico cirúrgico DF Vasconcelos, modelo M 900 (São Paulo- Brasil) com um aumento de 7,8X. Quando a ponta da lima era visualizada no forame apical, o limitador de penetração era estabilizado na borda incisal de cada dente. A lima era então retirada do canal e medida com o auxílio de uma régua milimetrada (ARCH-Japão) com subdivisões em 0,5mm, determinando com isto, o comprimento do canal radicular. Estas medidas foram anotadas em ficha.

## 4.2 - Grupos experimentais

Os 40 dentes selecionados, já numerados, foram divididos em 4 grupos de 10 espécimes cada, e os grupos foram formados em função do diâmetro anatômico foraminal: (D.A.)

**Grupo A:** dentes com forame apical com o diâmetro anatômico de 100  $\mu\text{m}$  (correspondendo à lima nº 10)

**Grupo B:** dentes com forame apical com o diâmetro anatômico de 200  $\mu\text{m}$  (correspondendo à lima nº 20)

**Grupo C:** dentes com forame apical com o diâmetro anatômico de 300  $\mu\text{m}$  (correspondendo à lima nº 30)

**Grupo D:** dentes com forame apical com o diâmetro anatômico de 400  $\mu\text{m}$  (correspondendo à lima nº 40)

Para a obtenção dos diâmetros anatômicos pré-estabelecidos, os dentes dos grupos A, B, C e D tiveram os diâmetros de seus forames apicais anatômicos medidos e, quando necessário, alargados com limas tipo K (Maillefer, Ballaigues, Suíça). Assim, os dentes do grupo B tiveram seus forames alargados até a

lima do tipo K nº 20, os do grupo C receberam o mesmo procedimento até a lima tipo K nº 30, e os dentes do grupo D até a lima tipo K nº 40.

Após os dentes terem sido medidos visualmente, realizou-se o preparo do terço médio e cervical dos canais radiculares com o uso de instrumentos rotatórios. Os mesmos foram preparados utilizando-se um contra ângulo com redução, acoplado a um micromotor elétrico Endomate<sup>®</sup> (NSK-Nakanishi-INC., Japão) e instrumentos rotatórios de NiTi do tipo Orifice Shaper<sup>®</sup> (Maillefer Dentsply, Ballaigues, Suíça) taper .04 e .06 com movimentos curtos de penetração e remoção. Durante essa etapa, tomou-se o devido cuidado para que o instrumento não avançasse até a porção apical do dente, evitando com isso, uma alteração da anatomia interna desta porção do canal.

Durante o preparo os canais eram irrigados com hipoclorito de sódio a 1% (Pharmacia Specifica-Bauru-Brasil) a cada troca de instrumento.

### **4.3 - Modelo experimental**

Foi preparada uma solução de ágar a 1 % em solução salina de fosfato tamponado (8,0 gr de cloreto de sódio; 0,2g de cloreto de potássio; 1,15 g de fosfato dissódico; 0,2g de fosfato potássico e 1 litro de água destilada), Essa solução depois de preparada, foi vertida em recipientes plásticos de polietileno de alta densidade (PEAD). Esses recipientes, nada mais eram que embalagens plásticas de filmes fotográficos, onde os mesmos tiveram o tamanho reduzido em aproximadamente 1/3 da altura. Na tampa dos recipientes, foram realizados dois furos, um no centro para a colocação do dente, e outro posicionado na lateral, para colocação do clipe labial do aparelho localizador. O conjunto foi, então, refrigerado por 2 horas para que ocorresse a geleificação total do ágar. Após essa geleificação, os dentes foram colocados nos recipientes de tal forma que suas porções radiculares ficassem submersas no ágar.

### **4.4 - Determinação eletrônica do comprimento de trabalho**

Na seqüência, os 40 dentes foram mensurados eletronicamente utilizando-se os aparelhos NovApex<sup>®</sup>-**Figura 1** (Fórum Engineering Technologies -



Rishon Lezion - Israel) e *Root ZX*<sup>®</sup>- **Figura 2** (J. MORITA, MFG Corp., Kyoto– Japão) e Um clipe labial foi imerso na solução de ágar, lateralmente ao dente a ser mensurado. As limas utilizadas na medição dos canais foram conectadas ao outro eletrodo do aparelho.

Para a medição com o localizador apical eletrônico, os canais foram preenchidos com solução de hipoclorito de sódio a 1 % (Farmácia Specifica-Bauru-Brasil) e o excesso de solução, presente na câmara pulpar, foi removido com algodão hidrófilo. A lima utilizada na medição era introduzida no interior do canal radicular, sendo movida lentamente no sentido apical até que o indicador, (display digital para o *Root ZX*<sup>®</sup> e led para o *NovApex*<sup>®</sup>) dos aparelhos indicasse que sua extremidade estivesse a 0,5 mm do forame apical (no *Root ZX*<sup>®</sup> até a Barra Indicadora da Constrição Apical). Uma vez determinada a leitura no aparelho, o limitador de penetração de silicone, previamente inserido no instrumento, era estabilizado na borda incisal do dente e a lima era, então removida do interior do dente, realizando-se a medida da distância da extremidade da lima, ao limitador de penetração com auxílio de uma régua milimetrada. Todos os dentes, independente do grupo, foram medidos, inicialmente, utilizando-se a lima tipo K nº 10. A medição para o grupo B foi realizada usando-se a lima nº 20 (além da nº 10 já utilizada); os dentes do grupo C foram medidos com a lima nº 30 (além da nº 10) e para o grupo D, ocorreu a medição com a lima nº 40 (além da lima nº 10). Todas as medidas foram anotadas em ficha.

Para a comparação da eficiência dos aparelhos utilizou-se a análise de variância a dois critérios e, para comparações múltiplas o Teste de Tukey

Em todos os testes foi adotado nível de significância de 5% ( $p=0,05$ )



Fig. 1 - Momento da medição eletrônica com o aparelho NovApex®



Fig.2 - Momento da medição eletrônica com o aparelho Root ZX®

# 5-RESULTADOS

*“O equilíbrio deveria ser a base de todos os atos humanos no mundo”*

*Confúcio*

## 5 - RESULTADOS

As medidas e a média (em milímetros) obtidas a partir da medição do comprimento do canal dos dentes, primeiramente, visualizando-se a ponta da lima no forame apical, e em seguida, pela medição eletrônica utilizando os localizadores apicais eletrônicos *Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup> e, de acordo com o calibre das limas e os diâmetros dos forames, estão expressos nas **Tabelas de 1 a 4**.

Na **Tabela 5** encontram-se as médias e desvios padrão obtidos pelo teste de Análise de Variância, bem como, os valores mínimos e máximos encontrados com os localizadores utilizados (*Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup>), nas leituras realizadas com as limas n<sup>os</sup> 10, 20, 30 e 40.

No **Gráfico 1** estão representadas as distancias médias, em relação ao forame apical, das leituras realizadas com os dois aparelhos utilizando-se a lima n<sup>o</sup>10 e as limas de calibres correspondentes com os diâmetros dos forames. Pela análise desse gráfico pode-se verificar que o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup> não apresentou medições além do forame apical, porém o mesmo não ocorreu com o *NovApex*<sup>®</sup>.

A **Tabela 6** acolhe as médias e os desvios padrão das medidas (em mm) obtidas com as leituras realizadas com a lima n<sup>o</sup> 10, com os dois aparelhos nos quatro diferentes grupos (diâmetro de forame).

Já na **Tabela 7** estão dispostos os valores encontrados, pela comparação global, pela aplicação da análise de variância a dois critérios, aos valores obtidos com a lima n<sup>o</sup> 10, pelas variáveis aparelhos (*Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup>) e diâmetros de forames. Constatou-se que houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ).

Nas **Tabelas 8 e 9** estão disposto os resultados obtidos com a aplicação do teste da análise de variância a dois critérios, aos dados obtidos com o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>, comparando-se diâmetros de forames (200 $\mu$ mm, 300 $\mu$ m,

e 400µm) e calibres das limas nº 10 e coincidentes (20, 30 e 40).

Nas **Tabelas 10 e 11** encontram-se os confrontos individuais, pelo Teste de *Tukey*, entre os diferentes diâmetros de forames, nas leituras realizadas com a lima nº 10, com os aparelhos *Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup>, respectivamente. Com o *Root ZX*<sup>®</sup> evidenciou-se diferença estatisticamente significativa entre o diâmetro de 400µm, para com os de 200µm e 100µm. Com o *NovApex*<sup>®</sup> não foram observadas diferenças estatísticas significantes.

A **Tabela 12** acolhe os valores médios obtidos com a aplicação do Teste de *Tukey*, para a comparação das leituras propiciadas pelos aparelhos quando se considerou os diâmetros dos forames. Foi detectada diferença significativa estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

Na **Tabela 13** estão os valores médios e desvios padrão quando comparadas as medições realizadas com a lima nº 10 e com as limas correspondentes aos diâmetros dos forames, utilizando-se os dois aparelhos, nos canais dos grupos B, C e D.

Como se observou diferença para as leituras realizadas com o *Root ZX*<sup>®</sup>, considerando-se os diâmetros dos forames e os calibres das limas correspondentes, o Teste de *Tukey* foi aplicado aos valores obtidos quando considerados os diâmetros 200mm, 300mm e 400µm e gerou a **Tabela 14**. Os resultados evidenciaram haver diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) quando considerado o diâmetro de 400µm.

A **Tabela 15** acolhe o resultado de Teste de *Tukey*, aplicado, para verificar a influência do calibre da lima sobre a leitura realizada com o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>. Verificou-se haver diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os valores obtidos com a lima nº 10 e as limas que coincidiam com os diâmetros dos forames.

No **Anexo 1** estão dispostas as medidas (extensões) globais obtidas com a medição visual, utilizando-se da ajuda do microscópio e com as leituras proporcionadas pelos aparelhos *Root ZX*<sup>®</sup> e *NovApex*<sup>®</sup>, considerando-se

os diâmetros dos forames apicais de todos os dentes e os diversos calibres das limas utilizadas para as leituras.

No **Gráfico 2** observam-se as distâncias médias em relação ao forame apical, das leituras realizadas com o *Root ZX*<sup>®</sup>, com lima nº 10 e limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames.

**Tabela 1** - Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, considerando-se diâmetro do forame em 100 $\mu$ m (grupo A) e as medidas realizadas com a lima n<sup>o</sup> 10.

Dente	Comprimento no microscópio	Root ZX <sup>®</sup> Lima 10	NovApex <sup>®</sup> Lima 10
1	23,0	22,5	23,0
2	18,0	17,5	18,0
3	21,5	21,5	21,5
4	22,0	21,5	21,5
5	21,0	20,5	21,0
6	19,0	18,5	19,0
7	23,0	22,5	23,0
8	22,0	21,0	21,0
9	21,0	20,5	21,0
10	20,5	20,5	21,0
<b>Média</b>	21,10	20,65	21,00

**Tabela 2** - Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, considerando-se o diâmetro dos forames em 200 $\mu$ m(grupo B) e as medidas realizadas com as limas n<sup>o</sup> 10 e n<sup>o</sup> 20.

Dente	Comprimento no microscópio	Root ZX <sup>®</sup>	Root ZX <sup>®</sup>	NovApex <sup>®</sup>	NovApex <sup>®</sup>
		Lima 10	Lima 20	Lima 10	Lima 20
11	16,0	16,0	15,5	17,0	16,0
12	19,5	19,0	18,5	20,0	19,5
13	19,0	19,0	19,0	20,0	19,5
14	18,0	17,5	16,5	18,0	18,0
15	17,0	16,5	16,5	17,0	17,0
16	20,0	19,0	19,5	20,0	20,0
17	20,0	19,5	19,5	21,0	20,5
18	21,0	20,5	19,5	21,0	21,0
19	21,0	20,0	19,5	20,5	20,5
20	20,0	19,0	19,0	19,5	19,5
<b>Média</b>	<b>19,15</b>	<b>18,60</b>	<b>18,30</b>	<b>19,40</b>	<b>19,15</b>



**Tabela 3** - Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, considerando-se o diâmetro dos forames em 300 $\mu$ m (grupo C) e as medidas realizadas com as limas n<sup>o</sup> 10 e n<sup>o</sup> 30.

Dente	Comprimento no microscópio	Root ZX <sup>®</sup> Lima 10	Root ZX <sup>®</sup> Lima 30	NovApex <sup>®</sup> Lima 10	NovApex <sup>®</sup> Lima 30
21	18,0	17,5	17,5	18,5	18,5
22	22,0	21,0	20,5	22,0	21,5
23	19,5	18,5	18,5	19,5	19,5
24	21,0	20,5	20,0	21,0	21,0
25	23,0	22,5	22,0	23,0	23,0
26	22,0	21,5	21,0	22,5	22,0
27	18,0	17,0	17,0	18,0	18,0
28	19,0	18,0	18,0	19,0	19,0
29	21,5	20,5	20,5	21,5	21,5
30	18,5	18,0	17,5	18,5	19,0
<b>Média</b>	<b>20,25</b>	<b>19,50</b>	<b>19,25</b>	<b>20,35</b>	<b>20,30</b>

**Tabela 4** - Valores individuais das medidas reais (microscópio) e das oferecidas pelos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, considerando-se o diâmetro dos forames em 400 $\mu$ m (grupo D) e medidas realizadas com as limas n<sup>o</sup> 10 e n<sup>o</sup> 40.

Dente	Comprimento microscópio	Root ZX <sup>®</sup>	Root ZX <sup>®</sup>	NovApex <sup>®</sup>	NovApex <sup>®</sup>
		Lima 10	Lima 40	Lima 10	Lima 40
31	22,0	21,0	21,0	22,0	22,0
32	20,5	20,0	19,5	20,0	20,0
33	22,0	21,0	20,0	22,0	22,0
34	20,0	19,0	18,5	19,5	19,5
35	17,5	16,5	15,5	17,0	17,0
36	20,5	19,5	19,0	20,5	20,5
37	23,5	22,5	22,0	23,0	23,5
38	19,5	18,0	18,0	20,5	19,0
39	21,5	20,5	20,0	21,5	21,5
40	19,0	18,0	17,5	18,5	19,0
<b>Média</b>	20,60	19,60	19,10	20,45	20,40

**Tabela 5** - Descrição dos valores médios, mínimos, máximos, e desvios padrão para as medidas encontradas com os localizadores apicais eletrônicos em mm.

Variável	Número de espécimes	média	valores mínimos	valores máximos	desvio padrão
Root L 10	40	-0,69	-1,50	0,00	0,35
Root L 20	10	-0,85	-1,50	0,00	0,53
Root L 30	10	-1,00	-1,00	-0,50	0,21
Root L 40	10	-1,50	-2,00	-0,50	0,38
Nova L 10	40	0,02	-1,00	1,00	0,45
Nova L 20	10	-0,02	-0,50	0,50	0,33
Nova L 30	10	0,05	-0,50	0,50	0,28
Nova L 40	10	-0,20	-0,50	0,00	0,26

Obs- Os valores negativos indicam valores aquém do forame apical

**Tabela 6** - Valores médios e desvios padrão (dp) das diferenças entre a ponta da lima e o forame apical obtidos utilizando-se a lima nº 10 nas leituras com os aparelhos Root ZX® e NovApex® nos forames de diâmetro 100, 200, 300 e 400µm.

Diâmetro forame	Root ZX®		NovApex®		Número de espécimes
	média	dp	média	dp	
100µm	-0,45	0,28	-0,10	0,39	10
200µm	-0,55	0,34	0,25	0,56	10
300µm	-0,75	0,26	0,10	0,21	10
400µm	-1,00	0,19	-0,15	0,47	10

**Tabela 7** - Análise de variância a dois critérios, aplicada aos valores obtidos com a lima nº 10 pelas variáveis aparelhos (Root ZX® e NovApex®) e diâmetros de forames (100µm/200µm/300µm/400µm)

Efeito	gl	QM	Erro gl	Erro qm	F	p
Forame	3	0,53746	36	0,182986	2,9372	0,046255*
Aparelho	1	10,01112	36	0,077097	129,8507	0,000000*
Interação-	3	0,28613	36	0,077097	3,7112	0,020058*

• - Diferença estatisticamente significativa (p<0,05)

**Tabela 8** - Resultados obtidos por meio da Análise de variância a dois critérios para o aparelho Root ZX® comparando-se diâmetros de forames (200µm/300µm/400mm) e lima (10 e correspondente).

Efeito	gl	QM	Erro gl	Erro qm	F	p
Forame	2*	1,4615*	27*	0,1473*	9,9184*	0,0006 *
Lima	1*	1,2615*	27*	0,0641*	19,659*	0,0001 *
Interação	2	0,1505	27	0,0641	2,3454	0,1150 ns

**Tabela 9** - Resultados obtidos por meio da Análise de variância a dois critérios para o aparelho NovApex® comparando-se diâmetros de forames e lima.

Efeito	gl	QM	Erro gl	Erro QM	F	p
Forame	2*	0,45266	27*	0,18591	2,4349	0,1066 ns
Lima	1*	0,20416	27*	0,08472	2,4098	0,1322 ns
Interação	2	0,06667	27	0,08472	0,7896	0,4654 ns

ns- diferença estatisticamente não significativa

**Tabela 10** - Teste de Tukey para confrontação entre os diâmetros dos forames, dos dados obtidos com o Root ZX<sup>®</sup>, utilizando-se a lima n<sup>o</sup> 10 ( $p < 0,05$ )

Diâmetro Forame	Média
100µm	-0,45 <sup>b</sup>
200µm	-0,55 <sup>b</sup>
300µm	-0,75 <sup>ab</sup>
400µm	-1,00 <sup>a</sup>

**Obs-** Grupos com letras iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si. Valores negativos representam leituras aquém do forame apical

**Tabela 11** - Teste de Tukey para confrontação entre os diâmetros dos forames, dos dados obtidos com o NovApex<sup>®</sup>, utilizando-se a lima n<sup>o</sup> 10 ( $p < 0,05$ )

Diâmetro Forame	Média
100µm	-0,10 <sup>a</sup>
200µm	0,25 <sup>a</sup>
300µm	0,10 <sup>a</sup>
400µm	-0,15 <sup>a</sup>

**Obs-** Grupos com letras iguais não possuem diferença estatisticamente significativa entre si. Valores negativos representam leituras aquém do forame apical

**Tabela 12** - Teste de Tukey para comparação dos aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup>, das leituras dos valores médios obtidos, com relação ao diâmetro dos forames ( $p=0,05$ )

Diâmetro Forame	Root ZX <sup>®</sup>	NovApex <sup>®</sup>	p
100 $\mu$ m	-0,45	-0,10	<0,05 *
200 $\mu$ m	-0,55	0,25	<0,05 *
300 $\mu$ m	-0,75	0,10	<0,05 *
400 $\mu$ m	-1,50	-0,15	<0,05 *

\* - Diferença estatisticamente significativa ( $p<0,05$ )

Valores negativos representam leituras aquém do forame apical

**Tabela 13** - Valores médios e desvios padrão comparando medições realizadas com a lima nº 10 e com as limas correspondentes aos diâmetros dos forames, utilizando-se os aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e o NovApex<sup>®</sup>

Diâmetro forame	Root L 10		Root Lima correspondente		NovAp L 10		NovAp Lima correspondente		Número de espécimes
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp	
200 $\mu$ m	-0,55	0,34	-0,85	0,48	0,25	0,56	-0,00	0,29	10
300 $\mu$ m	-0,75	0,26	-1,00	0,21	0,10	0,21	0,05	0,28	10
400 $\mu$ m	-1,00	0,19	-1,50	0,38	-0,15	0,47	-0,20	0,26	10

Valores negativos representam leituras aquém do forame apical

**Tabela 14** - Teste de Tukey para verificar a influência do diâmetro do forame sobre a leitura realizada com o aparelho Root ZX<sup>®</sup> ( $p=0,05$ ) com as limas correspondentes aos diâmetros dos forames.

Diâmetro Forame	Média
200 $\mu$ m	-0,85 <sup>a</sup>
300 $\mu$ m	-1,00 <sup>a</sup>
400 $\mu$ m	-1,50 <sup>b</sup>

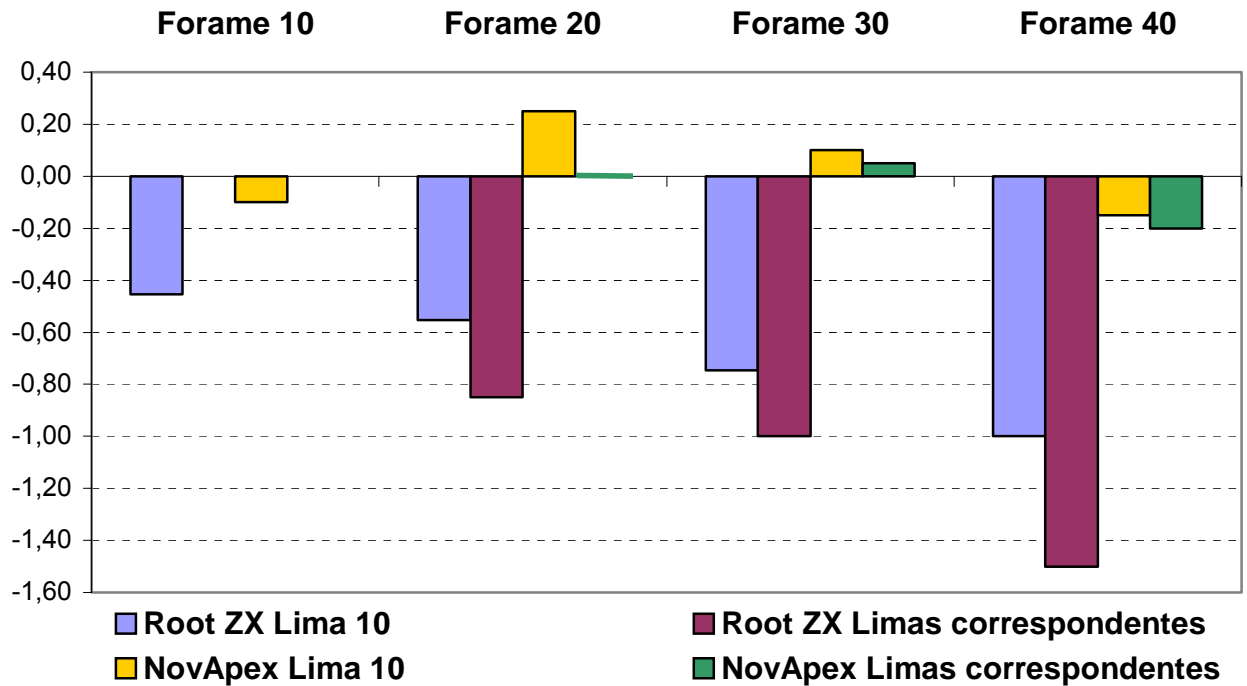
**Obs-** Grupos com letras iguais não possuem diferença estatisticamente significante entre si.  
Valores negativos representam leituras aquém do forame apical

**Tabela 15** - Teste de Tukey para verificar a influência do calibre da lima sobre a leitura do aparelho Root ZX<sup>®</sup> ( $p=0,05$ )

Lima	Média das leituras
10	-0,75*
Correspondente	-1,10*

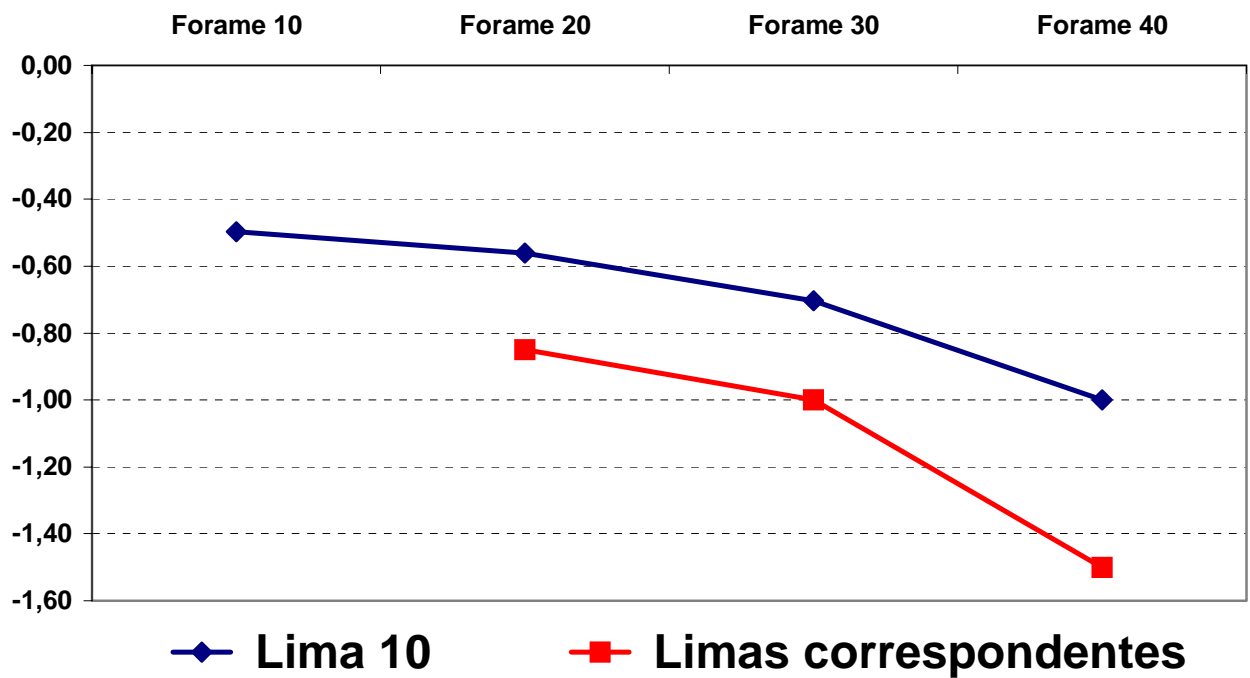
• - Diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ )

Valores negativos representam leituras aquém do forame apical



**Gráfico 1** – Representação gráfica dos valores médios das distâncias, em relação ao forame apical, das leituras realizadas com o Root ZX® e NovApex® com a lima nº 10 e as limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames





**Gráfico 2** Representação gráfica dos valores médios das distâncias, em relação ao forame apical, das leituras realizadas com o Root ZX® com a lima nº 10 e limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames.

## 6 - DISCUSSÃO

*“A partir do momento em que me outorgo o direito exclusivo de ter razão, usurpo uma função que pertence à Divindade”*

*Gandhi*

## 6 - DISCUSSÃO

### 6.1 - Discussão da Metodologia

O objetivo principal deste estudo foi avaliar se o calibre do instrumento endodôntico teria alguma influência sobre a leitura dos aparelhos *Root ZX*® e *NovApex*® quando utilizados para a odontometria eletrônica, de dentes com forames apicais de diferentes diâmetros.

Foram utilizados quarenta dentes incisivos centrais inferiores extraídos permitindo uma quantidade de dez espécimes para cada grupo. Tais dentes foram mantidos em solução de formol a 10%, até o momento de sua utilização, em concordância com os estudos de TIDMARSH<sup>123</sup> (1985), NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996), SHABAHANG; GOON; GLUSKIN<sup>111</sup> (1999) proporcionando uma hidratação e estabilização estrutural dos mesmos.

Para a realização das leituras, os dentes foram imersos em meio ágar em solução tamponada. A utilização dos incisivos centrais inferiores deveu-se ao fato desses dentes apresentarem, em grande porcentagem, apenas um canal radicular, com um forame apical de pequeno diâmetro, permitindo a padronização dos mesmos, a partir do diâmetro de 100µm. Analisando a porção apical de 400 dentes, dos quais, 200 eram incisivos inferiores GREEN<sup>45</sup>, em 1956, por meio de estereomicroscopia, verificou que esse grupo de dentes possui, em média, um diâmetro de forame apical bastante constrito.

A padronização dos forames foi realizada inicialmente com instrumentos endodônticos a partir do nº 10 em movimento de cateterismo até atingir-se o forame apical. Então, os dentes foram divididos em 4 grupos de 10 elementos cada, mantendo-se 10 dentes com o forame com diâmetro de 100µm e, nos 30 dentes restantes foram realizados movimentos de cateterismo e alargamento até atingir-se os diâmetros que

se desejou obter, ou seja: 200µm, 300µm e 400µm. Não houve a preocupação em manter-se a constrição apical, pois, de acordo com, KUTTLER<sup>75</sup> (1955), GUTMAN; LEONARD<sup>49</sup> (1995) a determinação da constrição apical nem sempre é possível em todos os dentes.

GUTMAN; LEONARD<sup>49</sup> (1995) denominaram a constrição apical de forame menor, o que no nosso entender, não seria uma denominação correta, visto que aquele ponto não é um forame e sim o menor diâmetro do canal.

Procurou-se executar a abertura coronária de maneira natural, pois, acreditamos que, num tratamento endodôntico, todas as fases estão interligadas, onde uma etapa ulterior pode ser influenciada positiva ou negativamente pela etapa anterior, apesar de autores como FOUAD RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993) terem simplesmente desgastado as coroas dentárias, até que ocorresse a exposição da câmara pulpar, sem que fossem observados os princípios da abertura coronária para se obter o acesso ao canal radicular.

Considerando-se a explanação anterior, neste estudo, optou-se por manter as coroas dentárias para uma melhor simulação das condições clínicas, em concordância com os estudos de JENKINS *et al*<sup>62</sup> (2001), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>31</sup>(2002), GOLDBERG<sup>44</sup> *et al* (2002), KAUFMAN; KEILA; YOSPHE<sup>68</sup> (2002), POMMER; STAMM; ATTIN<sup>100</sup> (2002). Assim, os procedimentos de abertura coronária foram realizados de acordo com os padrões normais, apesar de alguns autores como KOBAYASHI; SUDA<sup>72</sup> (1994), OUNSI; HADDAD<sup>93</sup> (1998), OUNSI; NAAMAN<sup>94</sup> (1999), WEIGER *et al*<sup>135</sup> (1999), TINAZ; ALAÇAM; TOPUZ<sup>125</sup> (2002), THOMAS; HARTWELL; MOON<sup>122</sup> (2003), AZABAL; GARCIA-OTERO; de la MACORRA *et al*<sup>6</sup>(2004) terem realizado a eliminação das coroas dentárias na união cimento-esmalte, para facilitar o acesso ao canal radicular.

Quando se fala em comprimento do dente, comprimento do canal radicular e comprimento ou extensão de trabalho, há necessidade de que alguns detalhes, muito sutis, sejam comentados.

Normalmente, se considera como comprimento do dente aquela extensão que vai desde a borda incisal ou ponta de cúspide até o ápice radicular do mesmo. Já, o comprimento do canal radicular é aquela extensão correspondente à cavidade pulpar radicular, ou seja, a extensão que vai desde o assoalho da câmara pulpar, seja real ou virtual, até o forame apical. Na maioria das vezes, o forame apical não coincide com o ápice radicular. Já o comprimento ou extensão de trabalho, normalmente, é considerado como a distância que vai desde a borda incisal ou ponta de cúspide até o limite CDC.

Quando se faz a odontometria radiográfica a medida é baseada na porção mais coronária e no ápice radiográfico. A medida eletrônica se baseia no ponto de saída do canal (forame apical). São coisas distintas. O termo odontometria significa a medida do dente. Conductometria seria a medida do conduto. Contudo, para se ter a medida do conduto, tem-se que eliminar a coroa e medi-lo até o forame. Assim, ao se manter a coroa a medida obtida congrega as extensões da raiz e da coroa. Todavia, para facilitar a explanação e não pairar dúvidas, neste, trabalho optamos por chamar de comprimento do canal, toda a extensão, desde a borda incisal até o forame apical.

A superfície incisal dos dentes foi aplainada em concordância com estudos realizados por WU; SHI; HUANG<sup>134</sup>(1992), CZERW *et al*<sup>25</sup> (1994), JENKINS<sup>62</sup> (2001) permitindo uma melhor superfície de apoio ao limitador de penetração de silicone, facilitando sua estabilização e, com isso, uma leitura mais confiável do comprimento do canal radicular. O comprimento real do canal (visual), medido desde a ponta da lima até o limitador de penetração, foi realizado com o auxílio de uma régua metálica graduada em 0,5mm em consonância ao estudo de TIDMARCH *et al*<sup>123</sup> (1985). As medições das extensões obtidas com as leituras eletrônicas foram realizadas seguindo-se o mesmo procedimento. GARCIA *et al*<sup>41</sup>

verificaram que as medições, em radiografias, das limas endodônticas do tipo K números 10 e 15 obtidas com régua e paquímetro, não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

O comprimento real do canal foi determinado visualmente pela passagem de uma lima nº 10 pelo canal até que sua extremidade fosse visualizada no forame apical com o auxílio de um microscópio óptico, de acordo com os trabalhos de FOUAD *et al*<sup>38</sup> (1990), SAITO; YAMASHITA<sup>108</sup> (1990), RIVERA; SERAJI<sup>106</sup> (1993), CZERW; FULKERSON; DONNELLY<sup>28</sup> (1994), JENKINS *et al*<sup>62</sup> (2001), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>31</sup> (2002), THOMAS; HARTWELL; MOON<sup>122</sup> (2003).

A utilização do microscópio possibilitou que se determinasse, com bastante precisão, a coincidência da extremidade da lima com o término do canal cementário ou forame apical. Sem a utilização do microscópio essa determinação fica bastante dificultada. Assim, o microscópio foi de importância capital para esta etapa deste estudo.

Os canais foram alargados até o seu terço médio utilizando-se o *Orifice Shaper*<sup>®</sup> .04 e .06 em concordância com IBARROLA *et al*<sup>56</sup> (1999) JENKINS *et al*<sup>62</sup> (2001), TINAZ *et al*<sup>126</sup> (2002) WELK; BAUMGARTNER; MARSHALL<sup>133</sup> (2003) que observaram uma leitura mais precisa dos localizadores apicais no grupo de dentes onde se realizava prematuramente o alargamento dos terços médio e cervical do canal. Este preparo prévio faz com que se tenha menos interferência no trajeto do canal radicular, fazendo com que a lima alcance o forame apical mais facilmente. Outros autores utilizaram, em seus estudos, as brocas de Gates-Glidden para o desgaste da porção coronária do canal radicular objetivando o preparo do terço cervical e médio como MAYEDA *et al*<sup>83</sup> (1993), RIVERA; SERAJI<sup>106</sup> (1993), PAGAVINO; PACE; BACCETTI<sup>95</sup> (1998), BRUNTON; ABDEEN; MACFARLANE<sup>16</sup> (2002), OISHI *et al*<sup>91</sup> (2002), HOER; ATTIN<sup>52</sup> (2004). A opção pelos rotatórios foi também, devido ao fato desses instrumentos reduzirem a quantidade de raspas de dentina extruídas apicalmente, quando comparado com a instrumentação

manual, pela técnica escalonada regressiva, de acordo com REDDY; HICKS<sup>104</sup> (1998).

O modelo experimental utilizado, neste estudo, foi escolhido baseando-se nas considerações de FOUAD; KRELL<sup>35</sup> (1989), que sugeriram modificações propostas no estudo de NAHMIAS; AURELIO; GERSTEIN<sup>87</sup> (1983). Para tal, os autores realizaram experimentos com diferentes concentrações de ágar. Utilizando a concentração de ágar a 2%, como proposto por AURELIO; NAHMIAS; GERSTEIN<sup>87</sup> (1983), as leituras obtidas por FOUAD; KRELL<sup>36</sup> (1989) foram além do comprimento real do canal. Tal ocorrência foi atribuída à alta concentração de ágar, em virtude da mesma promover a criação de espaços vazios na região periapical, não entrando em íntimo contato com a dentina radicular dificultando, assim, a leitura pelo aparelho. Quando a concentração de ágar foi de 0,2% as leituras obtidas estiveram aquém do comprimento real do canal, provavelmente, segundo os autores, pela penetração do ágar no interior do canal. Este fato promoveria uma condutividade elétrica antes de se alcançar o forame apical. Concentrações entre 0,8% e 1,0% possibilitaram leituras consistentes. Assim optou-se pela utilização da solução de ágar a 1%, tamponada.

Numa adaptação do trabalho de MEARES; STEIMAN<sup>86</sup> (2002), os potes foram preenchidos com ágar a 1% em solução tamponada e mantidos sob refrigeração por duas horas para que pudessem, então, ser utilizados. Após este período, os dentes foram imersos no ágar, até que, pelo menos dois terços de suas raízes ficassem cobertas pelo ágar, segundo os trabalhos de FOUAD; RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993), RIVERA; SERAJI<sup>106</sup> (1993), RAMOS; BERNARDINELI<sup>103</sup> (1994).

O preenchimento dos canais com solução de hipoclorito de sódio a 1% (solução de Milton) e a remoção do excesso da solução com bolinhas de algodão hidrófilo, seguiu orientações de TINAZ *et al*<sup>126</sup> (2002) WELK; BAUNGARTNER; MARSHAL<sup>133</sup>(2003), HOER; ATTIN<sup>52</sup> (2004). A eliminação do excesso da solução objetivou eliminar erros na medição eletrônica. GROSSMAN<sup>47</sup> fez menção à solução de hipoclorito de sódio,

sob várias concentrações, e seu uso na Endodontia. BERBERT; BRAMANTE; BERNARDINELI<sup>8</sup>, LASALA<sup>76</sup> ressaltaram a importância do hipoclorito de sódio como coadjuvante nos procedimentos de instrumentação dos canais radiculares, indicando a concentração de 1% (solução de Milton) como sendo eficiente, para tais manobras, em casos de necropulpectomia. Assim, a presença do hipoclorito de sódio no interior do canal radicular, principalmente nos casos de necropulpectomia, já durante a odontometria, seria algo importante. Dessa maneira ele foi utilizado já que JENKINS *et al*<sup>62</sup> (2001), não encontraram diferença estatisticamente significativa das leituras realizadas com o *Root ZX*<sup>®</sup> na presença de vários irrigantes, dentre eles a solução de hipoclorito de sódio.

Os aparelhos utilizados foram o *Root ZX*<sup>®</sup> (J.Morita, Japão) e o *NovApex*<sup>®</sup> (Forum, Israel), ambos de terceira geração. O *Root ZX*<sup>®</sup> opera com duas frequências a partir de uma corrente elétrica alternada e calcula a razão entre as duas impedâncias relativas a essas frequências (uma alta de 8 kHz e uma baixa de 0,4 kHz). Possui calibragem automática e pode ter como eletrodos limas endodônticas bastante finas como, por exemplo, limas tipo Kerr n° 08. Seu mostrador é digital de cristal líquido colorido. A leitura do medidor reproduz o caminhar do instrumento através do canal radicular. Segundo o fabricante, quando a leitura no medidor indica 0,5 significa que a ponta da lima está próxima ao forame apical, numa média de 0,2 a 0,3 mm além da constrição apical, em direção ao ápice. Neste ponto, a figura do canal radicular presente no painel do aparelho começa a piscar e o alarme muda o som.

O *NovApex*<sup>®</sup> (Forum, Israel) é um aparelho introduzido recentemente no mercado, suas dimensões são reduzidas. Para o seu sistema de leitura é utilizado um display gráfico com *leds* coloridos. Dois *leds* com o formato de setas indicam a progressão do instrumento endodôntico no interior do canal, até atingir a posição apical do mesmo onde, nesse momento, outros três *leds* indicam a posição do instrumento em 1,0mm, 0,5mm e ápice. Segundo o manual do fabricante, o *NovApex*<sup>®</sup> detecta automaticamente o início das medições, testando o contato



elétrico e a condutividade do canal radicular. Havendo um bom contato, dois bips consecutivos serão ouvidos indicando o ciclo normal de medição com a luz verde no início do canal se acendendo. O fabricante relata que, para se obter medidas precisas, o instrumento endodôntico deve ser compatível com a dimensão do canal. Um alarme sonoro intermitente é acionado concomitantemente aos *leds* de 1,0 mm e 0,5 mm. Ao atingir o forame apical um alarme contínuo é disparado. Para a realização deste estudo, quando utilizado o aparelho *NovApex*<sup>®</sup>, foi utilizada a leitura de 0,5mm mostrada pelo mesmo.

Em 1987, HUANG<sup>53</sup> apresentou um trabalho onde mostrava que o princípio de leitura dos localizadores apicais poderia ser explicado apenas por princípios elétricos e físicos, ao contrário da teoria das características biológicas apresentada por SUNADA<sup>119</sup> (1962). Mesmo não invalidando a teoria de SUNADA<sup>119</sup>, HUANG<sup>53</sup> percebeu que não era necessário a presença do ligamento periodontal para se realizar as leituras com os localizadores apicais. Com isto, tornou-se possível à realização de pesquisas "*in vitro*", sem a necessidade da presença do ligamento periodontal, utilizando-se apenas de modelos experimentais como os apresentados por NAHMIAS; AURELIO; GERSTEIN<sup>87</sup> (1983), DONELY<sup>28</sup> (1993), CZERW<sup>26</sup> et al (1995), TINAZ *et al*<sup>126</sup>. (2003).

Estudos realizados por KUTLER<sup>75</sup> (1955), GREEN<sup>45</sup> (1956), PALMER<sup>97</sup> (1971), BURCH; HULEN<sup>17</sup> (1972), permitem deduzir que, dificilmente, as radiografias oferecem uma clara visão da porção terminal do canal radicular, uma vez que esses estudos demonstraram que o forame apical se abre em cerca de 50% a 80% dos casos, excentricamente ao ápice radicular. KUTLER<sup>75</sup> reportou que apenas 20% dos forames apicais se localizam coincidentemente com o ápice anatômico dos dentes. Assim, muitas vezes, a medição eletrônica pode determinar uma distância que pode ser considerada grande em relação ao ápice radiográfico, porém, ideal em relação ao forame. Ainda, em seu estudo, KUTLER<sup>75</sup> concluiu que a constrição do forame apical apresenta-se imediatamente antes ao início da formação cementária, onde dista do forame apical em média de 524µm a 659µm. Com base nessas observações optou-se, neste

trabalho por utilizar a indicação de 0,5mm aquém do forame apical considerando esta região como a constrição apical. A utilização desta indicação dos aparelhos são coincidentes com os trabalhos de FOUAD *et al*<sup>38</sup>(1990); SHABAHANG; GOON; GLUSKIN<sup>111</sup> (1996), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>31</sup> (2002); GOLDBERG *et al*<sup>43</sup> (2002), GRIMBERG *et al*<sup>46</sup> (2002), TINAZ *et al*<sup>125</sup> (2002) e WELK; BAUNGARTNER; MARSHAL<sup>133</sup>(2003).

Após a realização do trabalho de AURELIO; NAHMIA; GERSTEIN<sup>5</sup> (1983) onde os mesmos apresentaram um modelo “*in vitro*” para a utilização e familiarização dos localizadores apicais eletrônicos em laboratório, houve um crescente número de trabalhos “*in vitro*”, fazendo com que esses aparelhos pudessem ser melhor avaliados.

Concordando com NAHMIA; AURELIO; GERSTEIN<sup>88</sup> (1987) acreditamos serem os estudos “*in vitro*” fundamentais para a obtenção de alguns dados experimentais, porém os resultados não podem ser extrapolados para as condições clínicas, pois, embora tenhamos condições de simulação do ligamento periodontal, outras variáveis de ordem biológica podem alterar os resultados, nos trabalhos “*in vivo*”.

A avaliação do mecanismo de evolução dos localizadores apicais tem sido descrita com maior intensidade nos últimos anos e, para isso, os pesquisadores utilizam, tanto pesquisas “*in vivo*” como “*in vitro*” e, em alguns casos, a associação de ambas.

Algumas formas de pesquisas mais utilizadas são as realizadas comparando-se as medições eletrônicas com tomadas radiográficas BRAMANTE; BERBERT<sup>13</sup> (1974), KAUFMAN; HELING; SECHAIK<sup>66</sup> (1979), ABBOT<sup>1</sup>(1987), AUN; GAVINI; MOURA<sup>4</sup> (1988), FRANK; TORABINEJAD<sup>39</sup> (1993), KAUFMAN; KATZ<sup>65</sup> (1993), PRATTEN; McDONALD<sup>101</sup> (1996). Outra situação de pesquisa bastante utilizada é aquela “*in vivo*” onde se tem pacientes com indicação para extração de um ou mais dentes. Faz-se a medição eletrônica desses dentes e, após a extração dos mesmos, mede-se o comprimento real, comparando ambas as medidas ou, verificando a distância entre a ponta da lima e o forame

apical, RAMOS; BERNARDINELLI<sup>103</sup> (1994), NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996), PAGAVINO; PACE; BACCETTI<sup>95</sup> (1998).

Para a medição eletrônica com o *Root ZX*<sup>®</sup>, a escolha do limite para a penetração da lima foi a Barra indicadora da constrição apical, de acordo com a informação obtida no manual de operação do aparelho. Esta escolha foi concorde com os trabalhos de NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>32</sup>(2002), TINAZ; ALAÇAM; TOPUZ<sup>124</sup> (2002) TINAZ *et al*<sup>125</sup> (2002), WELK; BAUMGARTNER; MARSHAL<sup>133</sup> (2003) sendo este o limite ideal para a realização da instrumentação e obturação do canal radicular, numa concordância uníssona dos autores, desde os estudos de GROVE<sup>48</sup> (1929). Nessas condições esperava-se que as medidas oferecidas pelas leituras com o aparelho estivessem, segundo o fabricante, a uma distância variando de 0,2 a 0,3 mm além da constrição apical em direção ao forame. Não há dúvidas que estas distâncias foram variáveis, considerando-se tanto os calibres dos instrumentos como os diâmetros dos canais.

## 6.2 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma análise detalhada dos resultados deste trabalho permite deduzir que, em relação à precisão de leitura, o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup> foi mais preciso que o *NovApex*<sup>®</sup>. De acordo com os estudos de GROVE<sup>48</sup>, a constrição apical é a região onde o tecido pulpar termina e o tecido periodontal começa, portanto, o tecido conjuntivo da porção cementária não é pulpar. Nesse propósito, o ponto ideal, acordado entre a unanimidade dos autores, para a instrumentação e obturação dos canais, situa-se no limite CDC, o qual, é o ponto de maior constrição do canal. Verificando a **Tabela 5** e o **Gráfico 1** podemos visualizar que, apesar de existir uma menor variação nas leituras com o *NovApex*<sup>®</sup>, este aparelho proporcionou algumas leituras além do forame apical, o mesmo não acontecendo com o *Root ZX*<sup>®</sup> que manteve as leituras sempre no interior

do canal radicular. Desde os estudos de KUTTLER<sup>75</sup> (1955) ficou demonstrado que o forame apical não é coincidente com o ápice radiográfico em cerca de 80% dos casos. Seguindo os princípios biológicos da preservação dos tecidos periapicais durante o tratamento endodôntico segundo LEONARDO; LEAL<sup>79</sup> (1998), deve-se preparar um batente apical em um local que não cause danos aos tecidos periapicais favorecendo, assim, a regeneração desta área após o tratamento. SELTZER; BENDER; TURKENKOPF<sup>110</sup> (1963) demonstraram que a obturação do canal deve limitar-se à região da constrição apical aumentando, assim, os índices de sucesso do tratamento endodôntico. Diante disso, deve-se considerar como melhor opção de um aparelho, aquele que mantenha suas leituras até o limite do canal radicular dentinário, ou seja, o limite CDC, ou no mínimo, não ofereça leituras além do forame apical.

Em relação ao *Root ZX*<sup>®</sup>, os resultados observados neste trabalho estão acordantes com os de NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996), STEFFEN; SPLIETH; BEHR<sup>114</sup> (1999), que não obtiveram leituras além do forame apical. Todavia, não estão em concordância com os resultados de SHABAHANG; GOON; GLUSKIN<sup>111</sup> (1996), OUNSI; NAAMAN<sup>94</sup> (1999), WEIGER<sup>135</sup> (1999), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST<sup>31</sup> (2002), MEARES; STEIMAN<sup>86</sup> (2002), WELK; BAUNGARTNER; MARSHAL<sup>133</sup> (2003) que encontraram leituras além desse forame.

Deve ser ressaltado que GOLDBERG *et al*<sup>43</sup> (2002), em um estudo, simulando dentes com reabsorção apical, onde as leituras foram realizadas por três examinadores distintos, obtiveram apenas duas leituras além do forame apical, com o *Root ZX*<sup>®</sup>. Isso, segundo os próprios autores, talvez seja devido à variação na habilidade e experiência dos operadores em utilizar o aparelho

Na literatura, não existe uma uniformidade de concordância quanto ao diâmetro do instrumento endodôntico que deva ser utilizado nas medições eletrônicas. Autores como STEFFEN; SPLIETH, BEHR<sup>114</sup> (1999) sugeriram a utilização de limas endodônticas, no máximo, até a de nº 20.

O fabricante do *Root ZX*<sup>®</sup>. aconselha em seu manual, a utilização de limas nº 10. Já o fabricante do *NovApex*<sup>®</sup> pede para que se utilize limas que se ajustem ao canal.

Considerando-se as 40 leituras realizadas, neste estudo, com o *Root ZX*<sup>®</sup>, em nenhum caso as limas endodônticas passaram para além do forame apical. Estes resultados, como já mencionados, não coincidem com os encontrados por SHABAHANG; GOON, GLUSKIN<sup>111</sup> (1996) os quais, num estudo “*in vivo*”, mesmo utilizando a marcação de 0,5mm existente no aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>, obtiveram resultados além do forame apical, numa média de 0,269mm, em 30,77% dos casos. McDONALD<sup>84</sup> (1992) recomendou a utilização de limas com calibres que se ajustassem ao diâmetro apical do canal radicular, relatando que, caso contrário, poderia ocorrer leituras incorretas na determinação do comprimento do canal. Relatou o autor que, pequenos movimentos verticais nas limas podem alterar a leitura dos localizadores apicais, numa grande magnitude. Para se evitar esse tipo de problema, sugeriu a utilização de limas que se ajustem ao diâmetro dos forames, assim como não utilizar limas com diâmetros dois números menores que os diâmetros dos forames apicais. Os resultados encontrados, neste trabalho, não são concordantes com as afirmações de McDONALD<sup>84</sup>, pois em todos os casos, a lima nº 10 em comparação com as coincidentes com o diâmetro do forame, sempre proporcionou leituras mais próximas do comprimento real do canal independente do diâmetro do seu forame.

Um fato importante a se levar em consideração é como sabermos se a lima está se ajustando realmente no forame apical ou numa porção bem mais aquém do mesmo. Pode-se ter a lima ajustada durante o trajeto do canal radicular, numa curvatura, ou na constrição provocada pela presença de um cálculo dentinário, e não uma lima ajustada ao forame apical. Esta sensação de lima ajustada ao canal poderia ser interpretada de uma forma completamente equivocada.

O manual do fabricante\* do *Root ZX*<sup>®</sup> indica que se utilize, na maioria dos casos, a lima nº 10 e diz que “quando a leitura atingir 0,5 do

medidor, significa que a ponta da lima está próxima ao forame apical (isto é, uma média de 0,2 – 0,3 mm após a constrição apical, em direção ao ápice)”. Neste trabalho, optou-se por considerar a leitura final com o *Root ZX*<sup>®</sup> a 0,5mm do forame, isto é, considerar-se-ia a leitura oferecida pelo aparelho, ao marcar 0,5mm (Barra da constrição apical no aparelho), como se a extremidade do instrumento estivesse a esta distância do forame ou muito próximo dela, inclusive, esta medida deveria ser, portanto menor do que aquela obtida visualmente. Observando os dados da **Tabela 1, e Gráficos 1 e 2** com relação às leituras obtidas com a lima nº 10 acoplada ao *Root ZX*<sup>®</sup>, pode-se verificar que, em 90% das leituras, as medições estiveram entre 0,5mm a 1,0mm aquém do forame apical. Considerando-se os estudos de KUTLER<sup>75</sup>, onde a distância média entre o centro do forame apical e a constrição apical ou limite CDC é, em média 0,5 a 0,6 mm, pode-se concluir que os resultados deste trabalho não foram concordantes com a afirmação do manual do fabricante, pois as medidas estiveram, em geral, no nível ou aquém do que seria a constrição apical (**gráficos 1 e 2**).

Apesar dos resultados deste trabalho não estarem em concordância com as afirmações do manual do fabricante, pode-se dizer que o *Root ZX*<sup>®</sup> foi bastante preciso em manter a lima no interior do canal e bastante próximo à “constrição apical” que é considerado o ponto ideal para a realização do tratamento endodôntico, além de não agredir estruturas do periápice.

A influência do diâmetro do forame apical sobre a leitura dos localizadores apicais foi estudada por autores como HUANG<sup>53</sup> (1987), HÜLSMAN; PIEPER<sup>54</sup> (1989), SAITO; YAMASHITA<sup>108</sup> (1990), STEIN; CORCORAN; ZILLICH<sup>115</sup> (1990), WU; SHI; HUANG<sup>134</sup> (1992), FOUAD; RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993), KAUFMAN; KATZ<sup>65</sup> (1993), FELIPE; SOARES<sup>33</sup> (1994), RAMOS; BERNARDINELI<sup>103</sup> (1998). Os resultados de seus trabalhos demonstraram que, quanto mais amplo o diâmetro do forame, mais coronalmente ocorria a localização das leituras com os localizadores apicais. Esses resultados também foram encontrados, neste estudo, onde as leituras realizadas em canais com forames de diâmetro 400µm estiveram localizadas mais distantes do forame apical, numa diferença

estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), com relação aos demais forames. Entretanto, o estudo de SAITO; YAMASHITA<sup>108</sup> (1990) não considerou que o diâmetro de 400 $\mu$ m influencie na leitura do localizador apical.

STEIN; CORCORAN; ZILLICH<sup>115</sup> (1990) também estudaram a influência do diâmetro do forame apical sobre as leituras dos localizadores apicais. Esses autores consideraram o forame menor, o limite CDC, e a constrição apical como sendo a mesma região. Utilizaram para a medição eletrônica limas nº 15 ou nº 20 e observaram que, quanto mais amplo foi o forame, mais distante do mesmo ficaram as medidas, o que também concorda os achados deste trabalho.

Também, os resultados obtidos por BERMAN; FLEISCHMAN<sup>10</sup> (1984) em dentes com ápices totalmente formados e em dentes com ápices incompletos, mostraram que foram encontradas medidas mais curtas para os casos de ápice incompleto, inclusive, com uma enorme discrepância entre dentes com ápices completamente formados e os incompletos, com média de 0,41mm e 3,2mm, respectivamente, aquém do forame apical.

Ainda, quanto à influência do diâmetro do forame apical na leitura dos aparelhos SAITO; YAMASHITA<sup>108</sup> (1990) não observaram influência nos valores das leituras em dentes com forames até 0,420 $\mu$ m. As leituras tiveram alterações estatisticamente significantes à partir de forames com valores acima de 0,620 $\mu$ m. Neste estudo, o forame de diâmetro 400 $\mu$ m já apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos forames de menor diâmetro. Deve ser observado que no estudo de SAITO; YAMASHITA<sup>108</sup> (1990) foi utilizado ágar a 2%, diferentemente deste, onde se utilizou ágar a 1%. Segundo estudos de FOUAD; KRELL<sup>35</sup> (1989) leituras obtidas em ágar na concentração de 2% foram além do comprimento real do dente.

Com relação ao calibre do instrumento endodôntico, os resultados deste trabalho estão concordes com os de FELIPE; SOARES<sup>33</sup> (1994), trabalhando com o *Apit*<sup>®</sup>. Esses autores, embora não tenham

especificado os diâmetros dos forames e, conseqüentemente, os calibres das limas, encontraram leituras até 0,5mm mais curtas quando usaram instrumentos de calibres compatíveis com os diâmetros dos forames, do que as leituras proporcionadas por limas nº 15.

Contudo, NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996) trabalhando com o *Root ZX*<sup>®</sup> não encontraram diferenças quando as medidas eram feitas com instrumentos de pequeno ou grande calibre, considerando-se os canais alargados. Esses resultados poderiam ser discordantes dos observados neste trabalho. Todavia, há que ser levado em consideração que a constrição apical foi mantida nos casos avaliados por NGUYEN<sup>89</sup> *et al* (1996) e as medições foram realizadas com o canal seco. Isso reforça o raciocínio de que o importante é o diâmetro do forame ou mesmo da constrição apical e não do canal em seu todo. Tal raciocínio leva à dedução de que o contato entre o eletrodo (lima) e o tecido periapical se dá via forame e que a espessura da dentina da parede do canal não deve ter influência na leitura eletrônica como salientaram RAMOS; BERNARDINELI<sup>103</sup> (1998).

Outro aspecto que apóia essa dedução é a conclusão do trabalho de FOUAD; RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993) que, ao avaliar as leituras realizadas pelos aparelhos, em canais secos, observaram que o calibre do forame não provocou qualquer interferência nos resultados. Já, quando as leituras foram realizadas com a presença de Xilocaína ou hipoclorito de sódio no interior dos canais a variação das medições foi enorme. Este fato demonstra claramente que o contato entre o interior do canal radicular e o periápice ocorre via ápice e pode ser potencializado pela substância que preenche o canal

HUANG<sup>53</sup> (1987) já afirmava que o principio da medição eletrônica é puramente físico e que quanto mais amplo o forame, mais curtas serão as leituras, quando comparadas com o comprimento real do dente. Salientou, inclusive, que quando o forame for amplo a medição deve ser realizada com o canal seco.



Não há dúvidas de que o calibre da lima utilizada na medição também tem a sua participação na determinação de medições mais curtas, ou mais próximas do forame.

Os resultados encontrados com o *Root ZX*<sup>®</sup>, neste trabalho, corroboram essa afirmação. Assim, as medições realizadas com a lima nº 10 estiveram sempre mais próximas do forame apical ou do comprimento real, obtido com a medição visual, com o uso do microscópio. Sem dúvida, o diâmetro do forame influenciou diretamente na extensão das medidas, independentemente do calibre do instrumento usado para a medição. A **Tabela 15** mostra que houve diferenças estatísticas significantes entre as medições feitas com a lima nº 10 e as limas correspondentes aos calibres dos forames (200, 300 e 400µm). O **gráfico 2** também ilustra esses resultados, onde se verificou que as limas de calibres correspondentes aos diâmetros dos forames, mantiveram leituras numa posição mais aquém do forame do que as proporcionadas pela lima nº 10.

A presença da substância irrigadora, o hipoclorito de sódio, neste caso, é de primordial importância para que aquela relação calibre do instrumento/diâmetro do forame ocorra, visto que medições realizadas com o canal seco não acusaram alterações, como afirmaram FOUAD RIVERA; KRELL<sup>37</sup> (1993), HUANG<sup>53</sup> (1987), NGUYEN *et al*<sup>89</sup> (1996), embora estes autores tenham afirmado, baseados nos trabalhos de KAUFMAN; KATZ<sup>65</sup> (1993), que a falta de NaOCl não afetaria as leituras. Todavia, os modelos utilizados nesses trabalhos (para a imersão dos dentes), eram de gelatina sem açúcar e as medições foram feitas com os canais secos ou preenchidos com água destilada que, na sua forma natural, não é eletrolítica.

Assim, talvez, resultados obtidos com canais secos não sejam os melhores parâmetros de comparação para com aqueles obtidos neste trabalho.

O raciocínio leva a deduzir que a solução de hipoclorito de sódio, preenchendo o canal radicular, promoveria a transmissão do

impulso elétrico mais facilmente, possibilitando um contato mais direto com a região periapical. Assim, as três ocorrências se completariam: solução eletrolítica condutora, diâmetro do forame e calibre do instrumento. Portanto, quanto maior o diâmetro do forame, maior a quantidade de solução, maior área de contato com o periápice; quanto maior o calibre do instrumento, maior área de contato com a solução, certamente, maior área de alcance do impulso elétrico em direção ao forame, logo, medição mais curta em relação ao comprimento real; quanto menor o calibre da lima (nº 10 por exemplo) menor área de contato com a solução irrigadora, menor impulso elétrico, maior necessidade de se aproximar do forame apical para fechar o circuito; por conseguinte; tem-se medições mais aproximadas do forame; concordando com HUANG<sup>53</sup> (1987) que o princípio é físico.

Os resultados obtidos com o *NovApex*<sup>®</sup> não permitem uma conclusão tão clara, nesse diapasão, como os proporcionados pelo *Root ZX*<sup>®</sup>, contudo, isto já pode ser observado a partir do instrumento nº 40 (diâmetro do forame, 400µm).

O *NovApex*<sup>®</sup> sempre proporcionou medidas mais próximas do forame apical, inclusive, com casos de medidas além da extensão real. Se considerado clinicamente, isto não seria benéfico para o tratamento endodôntico, tanto para casos de biopulpectomia onde a preservação do coto periodontal é considerada de suma importância para manutenção da saúde da região, como de necropulpectomia, pois, a passagem de instrumentos contaminados para o periápice, pode provocar a exacerbação de um quadro, seja pelos microorganismos ou por tecido contaminado, introduzidos nessa região.

A literatura é pobre em relação a trabalhos com este aparelho, talvez, pelo fato de ter sido lançado recentemente no mercado. Contudo, GARCIA<sup>42</sup> (2004) também observou leitura além do forame apical em cerca de 6%. Nossos resultados concordam com os observados, nesse trabalho.

### 6.3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a idéia inicial para a medição eletrônica do comprimento do dente lançada por CUSTER<sup>24</sup> no início do século passado, até os dias atuais, o método eletrônico para determinação do limite apical de instrumentação tem evoluído bastante, principalmente após o lançamento do aparelho baseado no método da resistência proposto por SUNADA<sup>119</sup>. Essa evolução fez com que as medições pudessem ser realizadas sob as mais diferentes condições no interior do canal.

Considerando-se que durante o tratamento endodôntico o profissional deve atuar no interior do canal radicular, para que não haja a agressão aos tecidos periapicais, é evidente a importância da delimitação de um correto limite apical de instrumentação, permitindo a obtenção de um batente apical adequado, preservando, desta maneira, a integridade dos tecidos periapicais.

Imbuído deste pensamento, podemos afirmar, pelos resultados obtidos, ser o *Root ZX*<sup>®</sup>, um aparelho mais confiável que o *NovApex*<sup>®</sup>, pois o mesmo apresentou leituras mais confiáveis, não apresentando nenhuma leitura (nos 40 casos) além do forame apical. Com este aparelho, nas medições realizadas com a lima nº 10, a distância entre a ponta do instrumento e o forame apical ficou numa relação de proximidade muito grande, sem que houvesse a passagem da mesma além do forame. Já, com o aparelho *NovApex*<sup>®</sup> este tipo de relação começou a aparecer somente com a lima de maior calibre das utilizadas neste experimento. Diante destas observações, podemos afirmar que, nos casos onde o clínico necessite trabalhar com uma distância bastante próxima ao forame apical, como nos casos de necropulpectomia, estando ele utilizando o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>, as medições podem ser realizadas com limas nº 10, independente do diâmetro do forame. Porém, se o aparelho for o *NovApex*<sup>®</sup> esta correlação só será alcançada com limas nº 40, correndo o risco de obter-se leituras além do forame apical se as limas forem de menor calibre.

Entretanto, um fato muito importante a ser observado é que tais resultados foram obtidos *“in vitro”*. Assim, a simples extrapolação dos mesmos para a clínica fica um tanto prejudicada, não podendo se afirmar concretamente que os resultados serão os mesmos. Todavia, pela confiabilidade do modelo utilizado para o estudo, tais resultados podem ser considerados muito próximos da realidade clínica.

Para que haja um bom aproveitamento do aparelho eletrônico é importante que o profissional esteja familiarizado com o mesmo, podendo obter sucesso em suas medições alcançando, com isso, uma boa determinação do comprimento de trabalho.

As limitações do método radiográfico na determinação da odontometria, a interferência das imagens de estruturas ósseas anatômicas sobre a imagem das raízes ou pela necessidade de se diminuir a quantidade de radiação ionizante ao paciente, faz da técnica eletrônica para a medição dos canais radiculares uma realidade palpável e que pode ser uma rotina no tratamento endodôntico.

## **7 - CONCLUSÕES**

*“A função mais nobre do homem é defender a verdade”.*

*Ruth McKenney*

## 7 - CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada neste trabalho e considerando-se a observação e análise dos resultados, pode-se concluir que :

**7.1-** Independentemente do diâmetro do forame apical, a lima nº 10 apresentou leituras mais próximas do tamanho real do canal;

**7.2-** O aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>, apresentou leituras mais consistentes e medidas mais próximas da realidade do que o *NovApex*<sup>®</sup>, com diferenciação estatística;

**7.3-** O aumento do diâmetro do forame apical provocou leituras aquém do forame apical, com o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>;

**7.4-** As leituras realizadas com limas de calibres coincidentes com os diâmetros dos forames proporcionaram medidas mais aquém do forame apical, do que com a lima nº 10, com o aparelho *Root ZX*<sup>®</sup>;

**7.5-** As leituras realizadas com o aparelho *NovApex*<sup>®</sup> só foram influenciadas a partir do diâmetro de 400µm, realizadas com a lima nº40.

•

# Anexos

*“Não basta adquirir a sabedoria , é preciso praticá-la”*

*Cícero*

Diâmetro do Forame	Dentes	Comprim. Microsc.	Root ZX Lima 10	Root ZX Lima 20	Root ZX Lima 30	Root ZX Lima 40	NovApex Lima 10	NovApex Lima 20	NovApex Lima 30	NovApex Lima 40
Forame diâmetro 100µm	1	23,0	22,5				23,0			
	2	18,0	17,5				18,0			
	3	21,5	21,5				21,5			
	4	22,0	21,5				21,5			
	5	21,0	20,5				21,0			
	6	19,0	18,5				19,0			
	7	23,0	22,5				23,0			
	8	22,0	21,0				21,0			
	9	21,0	20,5				21,0			
	10	20,5	20,5				21,0			
Forame diâmetro 200µm	11	16,0	16,0	15,5			17,0	16,0		
	12	19,5	19,0	18,5			20,0	19,5		
	13	19,0	19,0	19,0			20,0	19,5		
	14	18,0	17,5	16,5			18,0	18,0		
	15	17,0	16,5	16,5			17,0	17,0		
	16	20,0	19,0	19,5			20,0	20,0		
	17	20,0	19,5	19,5			21,0	20,5		
	18	21,0	20,5	19,5			21,0	21,0		
	19	21,0	20,0	19,5			20,5	20,5		
	20	20,0	19,0	19,0			19,5	19,5		
Forame diâmetro 300µm	21	18,0	17,5		17,5		18,5		18,5	
	22	22,0	21,0		20,5		22,0		21,5	
	23	19,5	18,5		18,5		19,5		19,5	
	24	21,0	20,5		20,0		21,0		21,0	
	25	23,0	22,5		22,0		23,0		23,0	
	26	22,0	21,5		21,0		22,5		22,0	
	27	18,0	17,0		17,0		18,0		18,0	
	28	19,0	18,0		18,0		19,0		19,0	
	29	21,5	20,5		20,5		21,5		21,5	
	30	18,5	18,0		17,5		18,5		19,0	
Forame diâmetro 400µm	31	22,0	21,0			21,0	22,0			22,0
	32	20,5	20,0			19,5	20,0			20,0
	33	22,0	21,0			20,0	22,0			22,0
	34	20,0	19,0			18,5	19,5			19,5
	35	17,5	16,5			15,5	17,0			17,0
	36	20,5	19,5			19,0	20,5			20,5
	37	23,5	22,5			22,0	23,0			23,5
	38	19,5	18,0			18,0	20,5			19,0
	39	21,5	20,5			20,0	21,5			21,5
	40	19,0	18,0			17,5	18,5			19,0

**Anexo 1-** Medidas (extensões) globais obtidas visualmente (microscópio) e com os aparelhos *Root ZX*<sup>®</sup>, e *NovApex*<sup>®</sup>, de acordo com os diâmetros dos forames apicais e os calibres das limas utilizadas.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*“A arte de ensinar consiste em começar ensinando primeiro a si mesmo. Ensinando a si mesmo o ser aprende e sabe, depois, ensinar aos demais com eficiência”*

*González Pecotche*

## Referências Bibliográficas \*

- 1 ABBOTT, P. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device. **Aust Dent J**, Sydney, v. 32, n. 1, p. 17-21, Jan. 1987.
- 2 ARORA, R. K.; GULABIVALA K. An *in vivo* evaluation of Endex and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v.79, n.4, p.497-503, Apr. 1995
- 3 AUN, C. E. et al. Determinação do comprimento de canais radiculares através do uso de localizador apical. **Rev Ass Paul Cirurg Dent**, São Paulo, v.42, n.6, p.349-351, Nov. /Dez. 1988.
- 4 AUN, C. E.; GAVINI, G.; MOURA, A. A. M. Avaliação clínica de um localizador apical audiométrico na determinação do comprimento dos canais radiculares. **Rev Ass Paul Cirurg Dent**, v.42, n.6, p.346-348, Nov/Dez 1988.
- 5 AURELIO, J. A.; NAHMIA, Y.; GERSTEIN, H. A model for demonstrating an electronic canal length measuring device. **J Endod**, Chicago, v. 9, n. 12, p. 568- 569, Dec. 1983.
- 6 AZABAL M.; GARCIA-OTERO D.; de la MACORRA, J. C.; Accuracy of the Justy II apex locator in determining working length in simulated horizontal and vertical fractures. **Int Endod J**, Oxford v. 37, n. p.174-177, 2004
- 7 BECKER, G.J. *et al.* Electronic determination of root canal length. **J Endod**, Chicago, v. 6, n. 12, p. 876-80, Dec. 1980.

- 8 BERBERT, A.; BRAMANTE, C. M.; BERNARDINELI, N. **Endodontia Prática**. 1ª ed, Sarvier, 1980
- 9 BERGER, C. R.; PELISSARI C. A.; KROLING A. E.; Odontometria através de localizador apical; **Odont Mod**, São Paulo, v. 16, n.10, p. 7-9, out. 1989
- 10 BERMAN, L. H.; FLEISCHMAN, S. B. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v. 10, n. 4, p. 164-167, April 1984
- 11 BEST, E. J. et al. A new method of tooth length determination for endodontic practice. **Dent Dig**, Pittsburgh v. 66, n. 10, p. 450-454, Oct. 1960.
- 12 BLANK, L. W.; TENCA, J. I. ; PELLEU, G. B. Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. **J Endod**, Chicago, v. 1, n. 4, p.141-144, Apr. 1975.
- 13 BRAMANTE, C. M.; BERBERT, A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 37, n. 3, p. 463-473, Mar. 1974.
- 14 BRITTO JR, L.S.; BIRAL, R.R.; VALDRIGHI, L. Estudo comparativo dos métodos eletrônico e radiográfico nas odontometrias. **Rev Paul Odont** São Paulo, v. 11, n.3, p. 2-14, maio/jun. 1989.
- 15 BREGMAN, R. C. A mathematical method of determining the length of a tooth for root canal treatment and filling. **J Can Dent Assoc**, Toronto, v. 16, 305-306, 1950.
- 16 BRUNTON, P.A.; ABDEEN, D.; MACFARLANE, T. V. The effect of an

- apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. **J Endod**, Chicago, v.28, n.7, p.524-526, July 2002.
- 17 BURCH, J. G.; HULEN, S. The relationship of the apical foramen to the anatomical apex of the tooth root. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 34, n. 2, p. 262-268, Aug. 1972.
- 18 BUSCH, L.R. et al. Determination of the accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. **J Endod**, Chicago, v. 2, n. 10, p. 295-297, Oct. 1976.
- 19 CASH, P.W. Electronic measurement of root canals. **Dent Surv**, Minneapolis, v.48, n.12, p.19-20, Dec. 1972
- 20 CHONG, B. S.; PITT FORD, T. R. Apex locators in endodontics: which, when and how? **Dent Update**, London, v. 21, n. 8, p. 328-330, Oct. 1994.
- 21 CHRISTIE, W. H.; PEIKOFF, M. D.; HAWRISH, C. E. Clinical observations on a newly designed electronic apex locator. **J Can Dent Assoc**, Toronto, v. 59, n. 9, p. 765-772, Sept. 1993.
- 22 CHUNN, C. B.; ZARDIACKAS, L. D.; MENKE, R. A. *In vivo* root canal length determination using tile Forameter. **J Endod**, Chicago, v. 7, n. 11, p. 515-520, Nov 1981.
- 23 COUTINHO, T. F.;SIQUEIRA N. L. Avaliação qualitativa “*in vivo*” da eficiência do localizador apical elétrico- Apit. **Rev Bras Odont**, Rio de Janeiro, v.51, n.6, p.50-3, nov./dez. 1994.
- 24 CUSTER, L.E. Exact methods of locating the apical foramen. **J Nat Dent Ass**, v.5, n.8, p. 815-819, Apr. 1918.

- 25 CZERW, R. J.; FULKERSON, M. S.; DONNELLY, J. C. An *in vitro* test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. **J Endod**, Chicago, v. 20, n. 12, p. 605-606, Dec. 1994.
- 26 CZERW, R. J.; et al. "*In vitro*" evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. **J Endod**, Chicago v.21, n.11, p.572-575, Nov. 1995.
- 27 DAHLIN, J. Medición electrométrica del foramen apical: un nuevo método para el diagnóstico y la terapia endodóncia. **Quintessence (Ed Esp)**, v. 2, p. 15-24, Feb. 1980.
- 28 DONNELLY, J. C. A simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 11, p. 579-580, Nov. 1993.
- 29 DUNLAP, C. A. et al. An "*in vivo*" evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. **J Endod**, Chicago, v.24, n.1, p.48-50, Jan.1998.
- 30 ELAYOUTI, A.; WEIGER R.; LÖST C. Frequency of over instrumentation with an acceptable radiographic working length. **J Endod**, Chicago, v.27, n.1, p.49-52, Jan. 2001.
- 31 ELAYOUTI, A.; WEIGER, R.; LÖST, C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. **J Endod**, Chicago, v.28, n.2, p.116-119, Feb.2002.
- 32 EZURA, A.; MIZUNUMA, H. An evaluation of the voltage gradient method and other electrical methods of measuring the root canal length. **The Nippon Dent Univ Annual Publ**, v. 25, p. 61-2, Oct. 1991.

- 33 FELIPPE, M. C. S.; SOARES, I. J. In vitro evaluation of an audiometric device in locating the apical foramen of teeth. **Endod Dent Traumat**, Copenhagen, v. 10, n. 1, p. 220-22, Feb. 1994.
- 34 FERREIRA, C.M. et al. Avaliação clínica do localizador eletrônico apical em endodontia. **Stoma**, Heidelberg, v.13, n. 57, p.5-8, Dez. 2000.
- 35 FOUAD, A. F.; KRELL, K. V. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. **J Endod**, Chicago, v. 15, n. 12, p. 573-577, Dec. 1989.
- 36 FOUAD, A. F.; LESTER, C. R. Effect of using electronic apex locator on selected endodontic treatment parameters. **J Endod**, Chicago v.26, n.6, p.364-367, Jun. 2000.
- 37 FOUAD, A. F.; RIVERA, E. M.; KRELL, K. V. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 2, p. 63-67, Feb. 1993.
- 38 FOUAD, A. F. et al. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. **J Endod**, Chicago, v. 16, n. 9, p. 446-449, Sept. 1990.
- 39 FRANK, A. L.; TORABINEJAD, M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 4, p. 177-179, Apr. 1993.
- 40 FUSS, Z.; ASSOLINE, L.S.; KAUFMAN, A.Y. Determination of location of root perforations by electronic apex locators. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v.82, n.3 p.324-329, Sept. 1996.

- 41 GARCIA, A. A. et al. Evaluation of a digital radiography to estimate working length. **J Endod**, Chicago, v.23, n.6, p.363-365, June 1997.
- 42 GARCIA, G. A. Evaluación clínica de un nuevo dispositivo electrónico en la determinación de la longitud de trabajo. **Rev Assoc Odont Arg**, Buenos Aires, v.92, n.4, p.301-303, ago. /set. 2004.
- 43 GOLDBERG, F. et al. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. **J Endod**, Chicago, v. 28, n. 6, p. 461-462, June 2002.
- 44 GORDON, M.P.J.; CHANDLER, N.P. Electronic apex locators- Review. . **Int Endod J**, Oxford v.37, n.7, p.425-437, 2004.
- 45 GREEN, D. A stereomicroscopic study of the root apices of 400 maxillary and mandibular anterior teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v.9, n.11, p.1224-32, Oct. 1956.
- 46 GRIMBERG, F. et al. *In vitro* determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating hand piece. **Int Endod J**, Oxford , v.35, n.7, p.590-3, 2002.
- 47 GROSSMAN, L. I. **Endodontia prática**. 8. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1976.
- 48 GROVE, C. J. A new, simple, standardized technique producing perfect fitting, impermeable root canal fillings, extending to the dento-cemental junction. **Dent Items Inter**, Brooklin, p.855-864, Nov. 1929.
- 49 GUTMANN, J. L.; LEONARD, J. E. Problem solving in endodontic working-length determination. **Compend Contin Educ Dent**, Lawrenceville, v.16, n.3, p.288-302, Mar.1995.

- 50 HEMBROUGH, J. H. et al. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 5, p. 242-246, May 1993.
- 51 HILÚ, R. E. Estudio “*in vivo*” del localizador apical Foramatron IV en la determinación de la longitud de trabajo. **Rev Assoc Odont Arg**, Buenos Aires, v.89, n.4, p.427-9, July /Aug. 2001.
- 52 HOER, D.; ATTIN, T.; The accuracy of electronic working length determination. **Int Endod J**, Oxford , v. 37 n. 2, p. 125-131, Feb. 2004.
- 53 HUANG, L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. **J Endod**, Chicago, v. 13, n. 2, p. 60-64, Feb. 1987.
- 54 HÜLSMANN, M.; PIEPER, K. Use of an electronic apex locator in the treatment of teeth with incomplete root formation. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen, v. 5, p. 238-241, Oct. 1989.
- 55 IBARROLA, J. L. et al. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. **J Endod**, Chicago, v.25, n.9, p.625-626, Sept. 1999.
- 56 IIZUKA, H. et al. A study on electric method for measuring root canal length. **J Nihon Univ Sch Dent**, v. 29, n. 4, p. 278-286, Dec. 1987.
- 57 INGLE, J.I. Endodontic Instruments and Instrumentation. **Dent Clin North Amer**, v.1, p 805-822, 1957.
- 58 INGLE, J.I.; BAKLAND L. K. **Endodontics** 4 ed. Philadelphia, Willians & Willians, 1994.
- 59 INOUE, N. Dental stethoscope measures root canal. **Dent Surv**, Minneapolis, v. 48, n. 1, p. 38-9, Jan. 1972



- 60 INOUE, N. An audiometric method for determining the length of root canals. **J Can Dent Assoc**, Toronto, v. 39, n. 9, p. 630-636, Sept. 1973.
- 61 INOUE, N.; SKINNER, D. H. A simple and accurate way of measuring root canal length. **J Endod**, Chicago, v. 11, n. 10, p. 421-427, Oct. 1985.
- 62 JENKINS, J.A. et al. An *in vitro* evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. **J Endod**, Chicago, v.27, n.3, p.209-211, Mar. 2001.
- 63 KATZ, A.; TAMSE, A.; KAUFMAN, A. Y. Tooth length determination: a review. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 72, n. 2, p. 238-241, Aug. 1991.
- 64 KATZ, A.; MASS, E.; KAUFMAN, A. Y. Electronic apex locator: A useful tool for root canal treatment in the primary dentition. **J Dent Child**, v.63, n.6, p.414-417, Nov./Dec.1996.
- 65 KAUFMAN, A. V.; KATZ, A. Reliability of Root ZX apex locator tested by an *in vitro* model. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 4, p. 201, Apr. 1993. Abstract n. 69.
- 66 KAUFMAN, A.; V.; HELING, B.; SECHAIK, M. What apex does the Sono-Explorer really read? **Quintessence Int**, v.12, p.63-71, Dec. 1979
- 67 KAUFMAN, A. Y.; SZAJKIS, S.; NIV, N.; The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal length. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v.67, n.5, p.573-577, May 1989.
- 68 KAUFMAN, A. Y.; KEILA, S; YOSHPE, M. Accuracy of a new apex

locator: an in vitro study **Int Endod J**, Oxford, v.35, n. 2, p.186-192, Feb. 2002.

- 69 KAUFMAN, A.V. et al. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. **Int Endod J**, Oxford , v.30, n.6, p.403-407, Nov. 1997.
- 70 KIM, E.; LEE, S. J. Eletronic Apex Locator. **Dent Clin North Amer**, v.48, n.1, p.35-54, Jan. 2004.
- 71 KOBAYASHI, C. Electronic canal length measurement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 79, n.2, p.226-231, Feb.1995.
- 72 KOBAYASHI, C.; SUDA, H. New electronic canal. measuring device based on the ratio method. **J Endod**, Chicago, v.20, n.3, p.111-114, Mar. 1994.
- 73 KOBAYASHI, C.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. **J Endod**, Chicago, v.23, n.12, p.751-754, Dec.1997.
- 74 KOMAMURA, D. et al. The method for measuring the length of the tooth using the A.C. ohmmeter. **Japan J Conserv Dent**, v. 7, p. 221-6, 1965 apud RAMOS, C.A.S.; Bauru, 1998, 168p **Tese (Doutorado)**- Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.
- 75 KUTTLER, Y. Microscopic investigation of root apexes. **J Amer Dent Ass**, Chicago, v.50, n.5, p.544-552, May 1955.
- 76 LASALA, A. **Endodoncia**. 3. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1983.

- 77 LAUPER, R.; LUTZ, F. BARBAKOW, F. An in vitro comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locators. **J Endod**, Chicago, v.22, n.5, p.260-263, May. 1996.
- 78 LEE, S. J. et al. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. **J Endod**, Chicago, v.28, n.10, p.706-709, Oct. 2002.
- 79 LEONARDO, M. R.; LEAL, J. M. **Endodontia**: tratamento de canais radiculares. 3. ed., São Paulo: Editora Médica Panamericana, 1998.
- 80 LUCENA-MARTIN, C. et al. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. **J Endod**, Chicago, v. 30, n.4, p.231-233, Apr. 2004.
- 81 MARTÍNEZ, M. H. et al; Estudio *in vitro* de la efectividad del localizador de apice Justy II frente al estudio radiológico convencional. **Endodoncia**, v.18, n.2, p.85-8, abr. /jun. 2000.
- 82 MARTÍNEZ-LOZANO, M. A. et al. Methodological considerations in the determination of working length. **Int Endod J**, Oxford , v.34, n.5, p.371-376, July 2001.
- 83 MAYEDA, D. L. et al. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. **J Endod**, Chicago, v. 19, n. 11, p. 545-548, Nov. 1993.
- 84 McDONALD, N. J. The electronic determination of working length. **Dent Clin North Amer**, v. 36, n. 2, p. 293-307, Apr. 1992.
- 85 McDONALD, N.J.; HOVLAND, E. J. An evaluation of the apex locator Endocater. **J Endod**, Chicago, v.16, n.1, p. 5-8, Jan. 1990.

- 86 MEARES, W. A.; STEIMAN, H. R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX eletronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v. 28, n. 8, p. 595-598, Aug. 2002.
- 87 NAHMIAS, Y.; AURELIO, J. A.; GERSTEIN, H. Expanded use of the electronic canal length measuring devices. **J Endod**, Chicago, v. 9, n. 8, p.347-349, Aug. 1983.
- 88 NAHMIAS, Y.; AURELIO, J. A.; GERSTEIN, H. An *in vitro* model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. **J Endod**, Chicago, v. 13, n. 5, p. 209-214, May 1987
- 89 NGUYEN, H. Q. et al. Electronic length using small and large files in enlarged canals. **Int Endod J, Oxford** ,v.29, p.359-64, 1996.
- 90 NISHIYAMA, C. K. et al. Avaliação clínica da eficiência de um aparelho eletrônico empregado na determinação da odontometria. **Rev Bras Odont**, v. 51, n. 6, p.45-48, Nov./Dez. 1994.
- 91 OISHI, A. et al. Electronic detection of root canal constrictions. **J Endod**, Chicago, v. 28, n. 5, p. 361-364. May 2002.
- 92 O'NEILL, L. J. A clinical evaluation of electronic root canal measurement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 38, n. 3, p. 469-473, Sept. 1974.
- 93 OUNSI, H.F.; HADDAD, G. In vitro evaluation of reliability of the Endex electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v.24, n.2, p.20-21, Feb.1998
- 94 OUNSI, H. F.; NAAMAN, A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. **Int Endod J**, Oxford, v.32, n.2, p.20-23, Mar. 1999.

- 95 PAGAVINO, G.; PACE, R.; BACCETTI, T. A SEM study of *in vivo* accuracy of the Root ZX electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v.24, n.6, p.438-441, June 1998.
- 96 PALLARÉS, A.; FAUS, V. An *in vivo* comparative study of two apex locators. **J Endod**, Chicago, v. 20, n. 12, p. 576-579, Dec. 1994.
- 97 PALMER, M. J.; WEINE, F. S.; HEALEY, H. J. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. **J Can Dent Assoc**, Toronto v. 37, n. 8, p. 305-308, 1971.
- 98 PILOT, T. F.; PITTS, D. L. Determination of impedance changes at varying frequencies in relation to root canal file position and irrigant. **J Endod**, Chicago, v.23, n.12, p.719-724, Dec. 1997
- 99 PLANT, J. J.; NEWMAN, R. F. Clinical evaluation of the Sono-Explorer. **J Endod**, Chicago, v. 2, n. 7, p. 215-216, July 1976.
- 100 POMMER, O.; STAMM, O.; ATTIN, T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. **J Endod**, Chicago, v. 28, n.2, p. 83-85, Feb. 2002.
- 101 PRATTEN, D. H.; McDONALD, N. J. Comparison of radiographic and electronic working lengths. **J Endod**, Chicago, v.22, n.4, p.73-76, April 1996.
- 102 RAMOS, C.A.S.; Avaliação "in vivo" da precisão de leitura de um modelo de localizador apical. Bauru, 1998. 168p. **Tese (Doutorado)**- Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

- 103 RAMOS, C.A.S.; BERNARDINELI, N. Influência do diâmetro do forame apical na precisão de leitura de um modelo de localizador apical eletrônico. **Rev FOB**, Bauru, v.2, n. 3, p. 83-90, Jul. /Set. 1994.
- 104 REDDY, S. A.; HICKS, M. L. Apical extrusion of debris using two hand and two rotatory instrumentation techniques. **J Endod**, Chicago n.24, v. 3, p.180-183 Mar. 1998.
- 105 RICUCCI, D.; LANGELAND, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2.A histological study. **Int Endod J**, v. 31, p 394-409, 1998.
- 106 RIVERA, E. M.; SERAGI, M.K. Effect of recapitulation on accuracy of electronically determined canal length. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v.76, n.2, p.225-229, Aug. 1993.
- 107 SAAD, A. Y.; AL-NAZHAN, S. Radiation dose reduction during endodontic therapy: A new technique combining an apex locator (Root ZX) and a digital imaging system (RadioVisionGraphy). **J Endod**, Chicago, v.26, n.3, p.144-147, Mar. 2000.
- 108 SAITO, T.; YAMASHITA, Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. **Dent Jpn**, Tokio, v.27, n.1, p. 65-72, Dec. 1990.
- 109 SEIDBERG, B. H. et al. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. **J Amer Dent Ass**, Chicago, v. 90, n. 2, p. 379-87, Feb. 1975.
- 110 SELTZER, S; BENDER, B; TURKENKOPF, S. Factors affecting successful repair after root canal therapy. **J Amer Dent Assoc**, Chicago, v.52, p.652-62, 1963

- 111 SHABAHANG, S.; GOON, W. W. Y.; GLUSKIN, A. H. An *in vivo* evaluation of Root ZX electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v.22, n.11, p.616-618, Nov.1996.
- 112 SOUZA NETO, M. D. et al. Avaliação de um aparelho eletrônico para a determinação da odontometria (condutometria). **Rev Odont USP**, São Paulo, v.9, n.1, p.33-7, jan./mar. 1995.
- 113 STABHOLZ, A; ROTSTEIN, I.; TORABINEJAD, M. Effect of preflaring on tactile detection of the apical constriction. **J Endod**, Chicago, v.21, n.2, p.92-94, Feb. 1995.
- 114 STEFFEN, H.; SPLIETH, CH.; BEHR, K. Comparison of measurements obtained with hand files or The canal leader attached to electronic apex locators: an in vitro study. **Int Endod J**, Oxford, v.32, n.2, p.103-107, Mar. 1999.
- 115 STEIN, T. J.; CORCORAN, J. F.; ZILLICH, R. M. The influence of the major and minor foramen diameters on apical electronic probe measurements. **J Endod**, Chicago, v. 16, n. 11, p. 520-522, Nov. 1990.
- 116 STEIN, T. J. et al. Nonionizing method of locating the apical constriction (minor foramen) in root canals. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 71, n. 1, p. 96-99 Jan. 1991.
- 117 STOIANOV, D. D. Determinação do comprimento dos canais radiculares - Estudo experimental. **Bol Fac Farm Odont R Preto**, Ribeirão Preto, v. 5, n. 2, p. 101-114, jul./dez. 1968.
- 118 SUCHDE, R.V.; TALIM, S.T. Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Sant Louis, v. 43, n. 1, p.141-149, Jan. 1977.

- 119 SUNADA, I. New method for measuring the length of the root canal. **J Dent Res**, v. 41, n.2, p. 375-87, Mar./Apr. 1962.
- 120 SUZUKI K.; Experimental Study on Iontophoresis, **Nihon Kokuka Gakkai Zasshi**, v.16, p.411, 1942. apud SUNADA I. New method for measuring the length of the root canal, **J Dent Res**, v. 41, n. 2, p. 375-87, 1962.
- 121 TENEBaum, M. **Conductometria endodontica por reduccion de la resistencia eletrica**. Buenos Aires, 1967. Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Buenos Aires.
- 122 THOMAS, A. S.; HARTWELL, G. R.; MOON, P. C. The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. **J Endod**, Chicago, v. 29, n. 10, p. 662-663, Oct. 2003.
- 123 TIDMARSH, B. G.; SHERSON, W.; STALKER, N. L. Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. **New Zel Dent J**, v.81, n.356, p.93-95, Jul, 1985
- 124 TINAZ, A. C.; ALAÇAM, T.; TOPUZ, Ö. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. **Int Endod J**, Oxford , v.35, n.11, p.940-945, Nov. 2002.
- 125 TINAZ, A. C. et al. The effects of sodium hipocloride concentrations on the accuracy of an apex locating device. **J Endod**, Chicago, v.28, n.3, p. 160-162, Mar. 2002.
- 126 TINAZ, A. C. et al. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. **J. Oral Sci**, Tokio, v.44, n.2, p.91-5, June 2002.



- 127 TROPE, M.; RABIE, G.; TRONSTAD, L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. **Endod Dent Traumatol**, Copenhagen., v. 1, n. 1, p. 142-145, Aug. 1985.
- 128 USHIYAMA, J. New principle and method for measuring the root canal length. **J Endod**, Chicago, v. 9, n. 3, p. 97-104, Mar. 1983.
- 129 USHIYAMA, J. Reliability and safety of the voltage gradient method of root canal measurement. **J Endod**, Chicago, v. 10, n. 11, p. 532-537, Nov. 1984.
- 130 USHIYAMA, J. et al. A clinical evaluation of the voltage gradient method of measuring the root canal length. **J Endod**, Chicago, v. 14, n. 6, p. 283-287, June 1988.
- 131 VAJRABHAYA, L.; TEPMONGKOL, P. Accuracy of apex locator. **Endod Dent Traum**, Copenhagen, v.13, n.4, p.180-182, Aug. 1997.
- 132 WEIGER, R. et al. An in vitro comparison of two modern apex locators. **J Endod**, Chicago, v.25, n.11, p.765-768, Nov.1999.
- 133 WELK, A. R.; BAUNGARTNER, J. C.; MARSHALL, J. G. An *in vitro* comparison of two frequency-based electronic apex locator. **J Endod**, Chicago, v.29, n.8, p.497-500, Aug. 2003.
- 134 WU, Y. N.; SHI, J. N.; HUANG, L. Z. Variables affecting electronic root canal measurement. **Int Endod J**, Oxford, v. 25, n. 2 p. 88-92, 1992.
- 135 YAMAOKA, M.; YAMASHITA, Y.; SAITO, T. Electrical root canal measuring instrument based on a new principle makes measurements possible in a wet root canals. Osada Product information, n. 6, 12p, Jun. 1989.

# ABSTRACT

*"O mal de quase todos nós é que preferimos ser arruinados  
pelo elogio a ser salvo pela crítica"*

*Norman Vincent*

## **ABSTRACT**

This study evaluated the influence of foramen diameter and endodontic instrument size on the odontometry reading of two electronic apical measuring devices. Forty mandibular incisors were used, which were divided into four groups according to the apical foramen diameter (100, 200, 300 and 400 $\mu$ m). After coronal opening of these teeth and access to the root canals, the root canal length was measured with aid of a clinical microscope with 7.8x magnification, from the incisal edge until the file tip reached the apical foramen. Ten teeth with 100- $\mu$ m diameter were placed in individual jars containing 1% agar solution in phosphate-buffered saline, maintaining around 2/3 of their roots immersed in the solution to allow measurement with Root ZX (J. Morita, Japan) and NovApex (Forum, Israel). Teeth were measured with files n. 10 until the distance of 0.5mm from the apex was indicated by the device. Another measurement was performed on the other thirty teeth with files n. 10 and files with diameters corresponding to the foramen diameters (200 $\mu$ m, 300 $\mu$ m and 400 $\mu$ m). Statistical analysis was performed by two-way analysis of variance for overall comparison between the devices and employment of file n. 10 in all teeth, and Tukey test for individual comparisons. The results demonstrated statistical difference in the precision of both devices, with a more accurate result for Root ZX ( $p < 0.05$ ). Teeth with narrower foramina presented a more accurate measurement with the apical measuring device, and teeth with wider foramina presented larger discrepancy in the measurement. Utilization of K file n. 10 in teeth with wider foramina showed more accurate measurements compared to files with size corresponding to the foramen diameters with the Root ZX<sup>®</sup> device. With the NovApex<sup>®</sup> device, this correlation was only observed with file n. 40.