

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU

FERNANDO ACCORSI OROSCO

Influência da espessura de dentina, da constrição apical e do diâmetro do forame apical na precisão de leitura com localizadores foraminais eletrônicos.

BAURU  
2010



FERNANDO ACCORSI OROSCO

Influência da espessura de dentina, da constrição apical e do diâmetro do forame apical na precisão de leitura com localizadores foraminais eletrônicos.

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Bauru, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Odontológicas Aplicadas.

Área de concentração: Endodontia.  
Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes.

BAURU

2010

Orosco, Fernando Accorsi  
Orbi Influência da espessura de dentina, da constrição apical e do diâmetro do forame apical na precisão de leitura com localizadores foraminais eletrônicos. / Fernando Accorsi Orosco. – Bauru, 2010. 151 p.: il.; 30cm

Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Bauru.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes.

Comitê de Ética da FOB-USP  
Protocolo n<sup>o</sup>: 132/2009  
Data: 30 de setembro de 2009.

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta Tese, por processos fotocopiadores e outros meios eletrônicos.

Bauru, 04 de outubro de 2010.

Assinatura: \_\_\_\_\_

## **Errata**

- 1) Na capítulo Resumo, na primeira linha da página 12, onde se lê “... influenciar a recisão...”, o correto é “... influenciar a precisão...”.
- 2) No capítulo Introdução, na linha 11 da página 23, onde se lê “canal radicular”, o correto é “canal dentinário”.
- 3) No capítulo Material e Métodos, na página 95, acrescentar a indicação “Figura 1” ao final do primeiro parágrafo (após “bateria AA de 1,5V.”).
- 4) No mesmo capítulo, na página 96, acrescentar a indicação “Figura 2” também ao final do primeiro parágrafo (após “ajuste automático em zero.”).
- 5) Na página 98, na linha 4, onde se lê “Figura 1”, o correto é “Figura 3”.
- 6) Ainda na página 98, na linha 11, onde se lê “Figura 2”, o correto é “Figura 4”.
- 7) Na página 99, na linha 6, onde se lê, respectivamente, “Figura 3” e “Figura 4”, o correto é “Figura 5” e “Figura 6”.

# Folha de Aprovação



## **Dados Curriculares**

**Fernando Accorsi Orosco**

<b>Nascimento</b>	25 de janeiro de 1978 Jundiaí – SP
<b>Filiação</b>	José Aparecido Orosco Arlete Accorsi Orosco
<b>1997-2002</b>	Curso de Graduação em Odontologia – Universidade de Fortaleza – CE
<b>2002-2002</b>	Curso de Aperfeiçoamento em Endodontia – Universidade Camilo Castelo Branco – CE
<b>2003-2004</b>	Curso de Especialização em Endodontia – Faculdade de Odontologia de Bauru – USP
<b>2005-2007</b>	Curso de Pós-graduação em Endodontia, nível de Mestrado – Faculdade de Odontologia de Bauru – USP
<b>2007-2010</b>	Curso de Pós-graduação em Endodontia, nível de Doutorado – Faculdade de Odontologia de Bauru – USP.
<b>Associações</b>	SBPqO – Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica GRUBE – Grupo Bauruense de Endodontia





## UMA PEQUENA REFLEXÃO...

Em janeiro de 2003, com certa vergonha, eu disse ao meu pai que gostaria de fazer um curso de especialização em Bauru. Vergonha porque desde a 6ª. série eu havia estudado em escolas particulares, incluindo a universidade, e o suporte financeiro para a realização do curso teria que vir dele. Meu pai, que eu sempre admirei pelo esforço, dedicação e competência na sua profissão, mandou-me fazer a prova para ingressar no curso, pois, segundo ele, o conhecimento era o maior bem que ele poderia me deixar. E, assim, no dia 23 de fevereiro de 2003, um domingo, eu chegava a Bauru para começar o curso de especialização em Endodontia na FOB-USP. Lembro-me de que minha mãe chegou a Bauru no dia seguinte, para me ajudar com a mudança e deixar tudo pronto para a minha “nova vida”. No sábado, quando nos despedimos na rodoviária, recordo-me de vê-la chorando dentro do ônibus que partia, e tenho viva em minha memória a caminhada que fiz da rodoviária até a FOB, também chorando muito, pois eu sabia que a saudade, agora, seria a maior companheira que eu teria. Só fui rever meus pais seis meses depois, quando tivemos um intervalo maior entre um módulo e outro e, também, porque a passagem aérea São Paulo/Fortaleza/São Paulo nunca foi muito barata.

Terminada a especialização, em 2004, eu deveria ter voltado para casa, mas a convivência com os professores e com os pós-graduandos da época despertou em mim o interesse por seguir tal caminho. Assim, mais uma vez com bastante vergonha, pedi aos meus pais para continuar em Bauru, agora para cursar o Mestrado. A minha estadia, que era para ser de apenas 13 meses, já se encaminhava para, pelo menos, 5 anos, já que o Mestrado começou em 2005. Durante esse tempo, muitas vezes achei que iria desistir. Quantos aniversários eu havia passado sozinho!! Quantos dias dos pais e das mães eu não pude passar com os meus! Até a formatura da minha irmã, Tatiane, eu acabei perdendo. Será que tal sacrifício valeria a pena? Mas a força que vinha da família, mesmo distante, fazia com que eu continuasse. E Deus, na Sua imensa bondade, passou a mudar o rumo da minha vida quando conheci a Rê, já no final de 2005. A amizade virou namoro em 2006, noivado em 2008 e casamento em 2009. Em meio a tudo isso, o Doutorado, que começou em 2007. Graças a Deus, em 2006 meus pais voltaram a morar em Jundiáí, minha cidade natal, e minha irmã retornou em 2008. A distância ficou bem menor, mas a saudade permanece igual à do meu primeiro dia sozinho em Bauru.

---



Hoje, não estou mais sozinho! Aliás, nunca estive! Sou grato por tudo o que aconteceu nesses 7 anos e 9 meses vivendo nessa cidade que eu aprendi a gostar e que me marcou com momentos muito importantes e felizes. Daqui para frente, eu não sei o que Deus nos reserva, mas não tenho dúvidas de que as pessoas que estiveram comigo durante todo esse tempo (minha esposa, meus pais, minha irmã, minha família) estarão sempre ao meu lado, seja em Bauru, em Jundiaí, enfim, onde eu tiver que cumprir a missão a qual me propus que é levar às pessoas interessadas um pouco daquilo que o meu pai me disse que seria o maior bem que poderia me deixar, o conhecimento.

---



## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

A DEUS,

Hoje, mais uma etapa da minha vida chega ao final, e isso só foi possível porque o Senhor sempre esteve ao meu lado, não me deixando esmorecer mesmo quando eu duvidava que esse dia realmente fosse chegar. Sou grato pela vida e pelas oportunidades que o Senhor me ofereceu e, também, por todas as adversidades que surgiram durante essa minha jornada, porque graças a elas eu pude aprender verdadeiras lições para me tornar um homem melhor. Obrigado por se lembrar sempre de mim, mesmo quando eu, na minha ignorância, esquecia-me do Senhor, ou só me recordava nos momentos difíceis. Que eu seja capaz de, por meio da minha conduta, honrar o Seu nome.

**SENHOR, OBRIGADO POR TUDO!**

---



## DEDICATÓRIA

Ao amor da minha vida, minha esposa RENATA,

Rê, a nossa história começou quando eu ainda estava no Mestrado, e o Doutorado era algo distante. Quando essa nova etapa chegou, você esteve ao meu lado em todos os momentos. Quantas vezes você deixou de fazer coisas suas, ou saiu correndo do trabalho, para poder me ajudar!! Quantas vezes me viu voltar para casa com os olhos cheios de lágrimas, achando que eu não era capaz, e você, com todo o carinho, estava ali para me confortar. Como agradecer a paciência e a tolerância que você teve comigo? Seu amor incondicional e carinhoso foi o meu alicerce para seguir em frente. Hoje, tudo o que faço é pensando em vê-la feliz, pois a sua felicidade é a minha também. Eu tenho muita sorte por poder passar o resto da minha vida ao seu lado. Amo você com todas as minhas forças!! Obrigado por tudo.

Ao meu pai, JOSÉ OROSCO,

Papai, um dos meus maiores sonhos sempre foi ser motivo de orgulho para você porque, para mim, você é e será sempre motivo de orgulho. Eu o admiro muito!! Espero ser para os meus filhos, quando os tiver, o exemplo de pai que você é para mim. Graças ao seu esforço, ao seu trabalho e à sua dedicação, eu pude buscar a realização dos meus sonhos. Obrigado por fazer a minha caminhada nessa vida a mais suave possível. Amo você, papai!

À minha mãe, ARLETE,

Mamãe, você me apoiou em todos os momentos da minha vida. Esteve ao meu lado, compartilhando comigo as alegrias e as tristezas. Eu também a admiro muito pela dedicação que você tem com a família, por querer sempre a nossa felicidade, pelo carinho e pelo amor que você tem por todos nós. Obrigado por deixar a minha vida repleta de alegria. Amo você, mamãe!

**A VOCÊS, DEDICO ESPECIALMENTE ESTE TRABALHO!**

---





# DEDICATÓRIA

Ao meu orientador, Prof. Dr. IVALDO GOMES DE MORAES,

Professor, foi uma honra tê-lo como orientador no Mestrado e no Doutorado, porque eu pude aproveitar todos os momentos em que conversamos para enriquecer a minha vida profissional. Mas, além disso, os seus conhecimentos e suas experiências me serviram como lições de vida. Admiro demais a sua humildade e a sua simplicidade; admiro o fato de o senhor tratar a todos da mesma maneira, e acredito que esse deve ser um dos motivos pelo qual todos gostem tanto da sua companhia. Sou muito grato por poder chamá-lo de amigo. Obrigado por tudo!

**MEU SINCERO MUITO OBRIGADO!**

---



## AGRADECIMENTOS

À minha querida irmã Tatiane, que eu amo muito. Tati, eu espero que você possa realizar todos os seus sonhos e que seja muito feliz; saiba que pode contar sempre comigo.

Aos meus avós Cesário (*in memoriam*), Margarida (*in memoriam*) e Duílio (*in memoriam*), que não viveram o suficiente para me ver chegar até aqui, mas, com certeza, estão olhando por esse neto onde quer que estejam. A minha avó Olga, que me acolheu carinhosamente durante o meu período de cursinho e sempre torceu pelo meu sucesso.

Aos meus tios, Bellode, Alice, Aldo, Elisabeth, Ana, Carlos, Maria Luíza e Ruber, e aos meus primos Patrícia, Luís Henrique, Tatiane, Juliana, Rogério, André, Mônica, Janaína, Gunther, Rafael, Cláudia, Fernanda e Ricardo. Às minhas queridas priminhas Lízia, Luana e Luisa, além da Laura, que chegará em janeiro de 2011. Obrigado pelo apoio de vocês e por fazerem das minhas idas à Jundiaí momentos muito felizes.

Aos meus sogros, Eduardo e Lígia. Eu serei eternamente grato pelo carinho com o qual vocês me receberam, pelo apoio que sempre me deram e por torcerem muito pelo meu sucesso. Por entenderem que, às vezes, a minha ausência nos almoços de domingo foi necessária para que eu conseguisse concretizar a realização de mais essa etapa da minha vida.

Aos meus cunhados, Rafael e Paula, ao meu sobrinho Felipe e à minha sobrinha e afilhada Valentina, pelos momentos de alegria que passamos juntos e pelo carinho.

**MEU ETERNO AGRADECIMENTO!**

---



## AGRADECIMENTOS

Aos professores doutores Clóvis Monteiro Bramante, Roberto Brandão Garcia, Norberti Bernardineli e Alceu Berbert, por me darem o privilégio de aprender com vocês.

Ao Prof. Dr. Cláudio Maniglia Ferreira, que despertou em mim o interesse e a paixão pela Endodontia durante o meu curso de graduação na UNIFOR. O senhor é o exemplo de professor que eu pretendo ser: generoso, simples, dedicado, preocupado com o aprendizado do aluno. Obrigado por ter me ajudado a chegar até aqui!

Ao Prof. Dr. Marco Antônio Hungaro Duarte, pela amizade, pelo grande apoio na realização deste trabalho e por se colocar sempre à disposição para me ajudar e para esclarecer minhas dúvidas.

Ao Prof. Dr. Paulo Martins Ferreira, pela confiança, pela oportunidade oferecida, pela amizade e por tudo o que fez por mim. Espero, um dia, retribuir a sua generosidade, mas saiba que a minha gratidão será eterna.

Aos meus colegas de Doutorado, Livia, Ronan e Bethânia, que compartilharam comigo seus conhecimentos, suas experiências, e contribuíram para o meu crescimento profissional.

À D. Carminha, Fernanda, Renata e Guilherme, que sempre me trataram com muito carinho.

A todos os pós-graduandos da FOB-USP que eu tive o prazer de conhecer e com os quais pude aprender um pouco mais, em especial aos mestrandos em Endodontia Thaís, Elaine, Paloma, Raquel, Marina, Clarissa, Bruno, Aldo e Marcelo, além do Ronald, que agora faz parte do Doutorado.

Aos funcionários de Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários, Edmauro, D. Neide, Suely, Patrícia, Cleide, Lígia, Maria, Néelson e Alcides, por toda a atenção, a dedicação e o carinho demonstrados durante todos esses anos.

---



## Agradecimentos

---

À FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE BAURU, da Universidade de São Paulo, na pessoa do seu Diretor, Prof. Dr. José Carlos Pereira.

À COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO da Faculdade de Odontologia de Bauru, na pessoa de seu Presidente, Prof. Dr. Paulo César Rodrigues Conti.

Às funcionárias da Pós-graduação da FOB-USP, em especial a LETÍCIA, pela paciência em me auxiliar a resolver os problemas que todo pós-graduando arruma e pela solicitude com que sempre me atendeu.

Aos funcionários da Biblioteca da FOB-USP, por todo o apoio na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Roberto Pereira Lauris, pelo auxílio na realização da análise estatística.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, que tornou possível a realização deste trabalho.

---





## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da espessura de dentina radicular apical, da constrição apical e do diâmetro do forame apical na precisão de leituras realizadas com os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®. Foram utilizados 30 incisivos inferiores permanentes unirradiculados de humanos, extraídos, com raízes íntegras e ápices completamente formados e portadores de um único canal. Por meio de um paquímetro, as espessuras radiculares dos dentes foram medidas, no sentido médio-distal a 1,0 e a 4,0mm aquém do forame apical. Após a abertura coronária, uma lima tipo K nº 10, munida de limitador de penetração, foi introduzida no canal radicular até que sua extremidade pudesse ser visualizada na altura do forame, com o auxílio de um microscópio óptico com aumento de 7,8X. Dessa medida, subtraiu-se 1,0mm, estabelecendo-se o comprimento de trabalho. A dilatação do canal radicular foi feita, inicialmente, com brocas de Gates Glidden, em ordem numérica decrescente, da número 5 até a número 1, até 4,0mm aquém do forame apical. Os dentes foram fixados em um modelo experimental especialmente desenvolvido para permitir a medição com os localizadores foraminais eletrônicos. Tal modelo era constituído por dois segmentos de PVC: um de menor calibre, com diâmetro correspondente a meia polegada por 2,0cm de comprimento, com as duas extremidades abertas e outro, de maior calibre, com uma das extremidades fechada e com diâmetro interno equivalente ao diâmetro externo do primeiro segmento (3/4 de polegada). No segmento de maior diâmetro, foi feito um orifício lateral que permitiu o posicionamento do eletrodo labial do localizador foraminal eletrônico e, para a medição, no seu interior, foi colocado alginato e, então, encaixado o componente de menor diâmetro, fazendo com que o ápice radicular ficasse imerso no alginato. Foram realizadas as leituras com os localizadores, iniciando-se com a lima tipo K nº 10 e seguindo-se a seqüência de instrumentação e medida até a lima tipo K nº 130; a lima tipo K nº 10 foi utilizada em todos os diâmetros. Terminada essa fase, os dentes tiveram os canais sobreinstrumentados, isto é, a ponta da lima ultrapassou o forame apical em 1,0mm, a partir da lima tipo K nº 25 e seguindo até a lima tipo K nº 130; novas medidas foram obtidas com cada lima que sobreinstrumentou o forame e a lima nº 10 foi utilizada em todos os diâmetros. Em todos os casos o canal radicular estava preenchido com hipoclorito de sódio a 1%. Para a análise estatística foram empregados os testes de Análise de Variância a dois

---



critérios e de Tukey. Os resultados indicaram que as variáveis capazes de influenciar a recisão das leituras com os localizadores foraminais eletrônicos foram a eliminação da constrição apical com o conseqüente aumento do diâmetro do forame apical, ao contrário da espessura da parede dentinária do canal radicular, que não interferiu significativamente na precisão das leituras.

**Palavras-chave:** Espessura dentinária. Constrição apical. Diâmetro do forame apical. Localizador foraminal eletrônico.

---



## **ABSTRACT**

### **Influence of dentin thickness, apical constriction and diameter of the apical foramen in the accuracy of readings with electronic apex locators.**

This study evaluated the influence of the apical root dentin thickness, apical constriction and diameter of the apical foramen in the accuracy of readings obtained using the electronic apex locators Mini Apex Locator™ and Root ZX II®. The study was conducted on 30 extracted human single-rooted permanent mandibular incisors, with intact and completely formed roots and presenting a single canal. The root thickness of the teeth was measured with a pachymeter in mesiodistal direction, at 1.0 and 4.0mm from the apical foramen. After coronal opening, a 10 K file with a stop was introduced in the root canal until its end could be observed at the level of the apical foramen, with aid of a light microscope with 7.8X magnification. One millimeter was subtracted from this measurement for establishment of the working length. Enlargement of the root canal was initially performed using Gates Glidden burs, in decreasing order, from number 5 to number 1, up to 4.0mm beyond the apical foramen. The teeth were fixated in an experimental model especially designed to allow the measurement with the electronic apex locators. This model was composed of two PVC segments: one smaller, with diameter corresponding to half inch with 2.0cm length, with both ends open; and the other, with larger diameter, with one end closed and internal diameter similar to the external diameter of the first segment (3/4 inch). In the segment with greater diameter, a lateral orifice was made to allow positioning of the lip electrode of the electronic apex locator. For the measurement, alginate was poured and the component with smaller diameter was fitted, so as the root apex was immersed in alginate. Readings were performed using the electronic apex locators, initiating with a 10 K file and following the sequence of instrumentation and measurement up to 130 K file. The 10 K file was used in all diameters. After this stage, the root canals were overinstrumented, i.e. the file tip was introduced until 1.0mm beyond the apical foramen, beginning with 25 K file up to 130 K file; new measurements were obtained with each file overinstrumenting the apical foramen, and the 10 K file was used in all diameters. In all cases, the root canal was irrigated with 1% sodium hypochlorite. Statistical analysis was performed by two-way analysis of variance and the Tukey test. The results indicated that the variables that may influence the accuracy of readings

---



with the electronic apex locators were the elimination of apical constriction with consequent increase in the diameter of the apical foramen, different from the thickness of the root canal dentinal wall, which did not significantly influence the accuracy of readings.

**Key words:** Dentinal thickness. Apical constriction. Diameter of apical foramen. Electronic apex locator.

---





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Mini Apex Locator™ .....	95
<b>Figura 2</b>	Root ZX II® .....	96
<b>Figura 3A</b>	Segmentos de maior e menor diâmetro, com o de menor diâmetro mostrando um dente fixado com resina acrílica .....	98
<b>Figura 3B</b>	Visão lateral mostrando a parte exposta da raiz e que ficará em contato com o alginato, quando da realização das leituras. ....	98
<b>Figura 4</b>	Conjunto preparado para a medição eletrônica.....	98
<b>Figura 5A</b>	Medição realizada com o Root ZX II® .....	99
<b>Figura 5B</b>	Visão do display indicando a medida alcançada pela lima.....	99
<b>Figura 6</b>	Medição com o aparelho Mini Apex Locator™, indicando a medida alcançada pela lima, mostrada pela seta (luz azul – 1,0mm).....	99

---



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, sem sobreinstrumentação do canal radicular. ....	104
<b>Tabela 2</b>	Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, com sobreinstrumentação do canal radicular. ....	105
<b>Tabela 3</b>	Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Root ZX II®, sem sobreinstrumentação do canal radicular.....	106
<b>Tabela 4</b>	Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Root ZX II®, com sobreinstrumentação do canal radicular. ....	107
<b>Tabela 5</b>	Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com as limas utilizadas no preparo, com correção pelo teste de Bonferroni. ....	108
<b>Tabela 6</b>	Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Root ZX II®, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com as limas utilizadas no preparo, com correção pelo teste de Bonferroni. ....	109
<b>Tabela 7</b>	Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com a lima 10, com correção pelo teste de Bonferroni. ....	110

---



<b>Tabela 8</b>	Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Root ZX II <sup>®</sup> , considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com a lima 10, com correção pelo teste de Bonferroni. ....	111
<b>Tabela 9</b>	Comparação entre os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator <sup>™</sup> e Root ZX II <sup>®</sup> , sem sobreinstrumentação do canal radicular.....	112
<b>Tabela 10</b>	Comparação entre os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator <sup>™</sup> e Root ZX II <sup>®</sup> , com sobreinstrumentação do canal radicular.....	113



## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

%	Por cento
et al	E colaboradores
CDC	Cemento-dentina-canal
$\mu\text{m}$	Micrometro
kHz	Quilohertz
®	Marca registrada
USP	Universidade de São Paulo
cm	Centímetro
$\Omega$	Ohm
K $\Omega$	Quilohm
$\pm$	Mais ou menos
$\mu\text{A}$	Microampére
$\mu\text{V}$	Microvolt
V	Volt
n <sup>o</sup>	Número
mm	Milímetro
g	Gramma
mL	Mililitro
™	Trade Mark
X	Veze
K	Kerr
NaOCl	Hipoclorito de sódio
EDTA	Ethylenodiaminic Tetracethic Acid
NaCl	Cloreto de sódio
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrogênio
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Monoidrogenofosfato de sódio
KH <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Fosfato mono potássico
H <sub>2</sub> O	Monóxido de hidrogênio (água)
FOB	Faculdade de Odontologia de Bauru
$\geq$	Maior ou igual

---





---

## Lista de Símbolos, Siglas e Abreviaturas

---

$\leq$	Menor ou igual
$<$	Menor
-	Menos
PVC	Cloreto de polivinila
Ltda	Limitada
*	Asterisco
p	Probabilidade
FI	Forame íntegro
FS	Forame sobreinstrumentado
x	Versus

---



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>27</b>
<b>3</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>89</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>93</b>
4.1	Localizadores foraminais eletrônicos .....	95
4.1.1	Mini Apex Locator <sup>TM</sup> .....	95
4.1.2	Root ZX II <sup>®</sup> .....	96
4.2	Preparo dos dentes .....	96
4.3	Modelo experimental .....	97
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>115</b>
6.1	Da metodologia.....	117
6.2	Dos resultados.....	121
6.3	Considerações finais .....	125
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>129</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>133</b>
	<b>ANEXO</b> .....	<b>149</b>

---



# **1 INTRODUÇÃO**

---



## 1 INTRODUÇÃO

Os procedimentos que levam à determinação do comprimento de trabalho devem ser desempenhados com precisão, utilizando-se técnicas que apresentem resultados satisfatórios e que sejam decorrentes de métodos práticos e eficientes. Embora não seja o único fator a ser considerado, a indicação correta do limite apical de instrumentação e, conseqüentemente, de obturação, pode aumentar o índice de sucesso clínico, colaborando de maneira considerável para a longevidade do tratamento endodôntico. (RAMOS; BRAMANTE, 2005)

A grande maioria dos autores concorda que o preparo e a obturação do sistema de canais radiculares devem estar limitados apicalmente pela junção cimento-dentina-canal (limite CDC). KUTTLER, em 1955, realizou um estudo microscópico sobre o ápice radicular, e verificou que o conduto radicular era formado por dois cones truncados, sendo um menor e mais cônico (canal cementário) e um maior e de menor conicidade (canal radicular); observou, ainda, que o comprimento médio do canal cementário era de 506µm nos jovens e de 785µm nos idosos. Além disso, a distância entre o vértice radicular e o centro do forame apical era de 495µm nos jovens e de 607µm nos idosos. Esses dados serviram para mostrar que o estabelecimento do comprimento de trabalho, baseado no ápice radiográfico, não era um procedimento clínico adequado, pois não seria capaz de determinar, com precisão, a localização do forame apical.

Com base no estudo de KUTTLER, outros foram realizados com o intuito de esclarecer a precisão e a confiabilidade do método radiográfico. Assim, os estudos de LEVY; GLATT, 1970, PALMER; WEINE; HEALEY., 1971, CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE, 1981, OLSON et al., 1991, ELAYOUTI et al., 2001, demonstraram que o método radiográfico não foi preciso na localização do forame apical. Das técnicas baseadas em interpretações de imagens radiográficas, a proposta por INGLE (1957) é a que apresenta índices de acerto aceitáveis. Porém, mesmo sendo a técnica de odontometria mais difundida e utilizada, a técnica de INGLE apresenta algumas limitações: o principal problema está relacionado ao processo de obtenção de uma boa imagem radiográfica do dente em tratamento, pois, a qualidade da radiografia está vinculada a muitas variáveis, tais como posicionamento correto do filme em relação ao objeto a ser radiografado, interferência de estruturas anatômicas ou grampos utilizados no isolamento do campo operatório, ângulo vertical correto do feixe de raios X, tempo de exposição e processamento radiográfico adequado. Além disso, outro fator que influencia na precisão do método radiográfico é o fato da interpretação da imagem radiográfica ser subjetiva, podendo variar de operador para



operador. Também, deve-se considerar que, anatomicamente, não há 100% de coincidência do forame apical com o ápice radicular, base de cálculo da extensão de instrumentação obtida com essa técnica.

Desta forma, na tentativa de se buscar maior precisão e confiabilidade na determinação da odontometria, a técnica eletrônica tem sido estudada e aprimorada.

CUSTER, em 1918, foi o primeiro a relatar o uso de um aparelho capaz de registrar a passagem de corrente elétrica entre dois eletrodos, posicionados no canal radicular e na mucosa bucal, com a finalidade de indicar o limite apical de instrumentação.

SUZUKI, em 1942, estudando a passagem de corrente elétrica pelos tecidos dentários, determinou valores constantes de resistência elétrica entre o eletrodo inserido no canal radicular e o eletrodo posicionado na mucosa bucal.

Em 1958, baseado nesse estudo, SUNADA idealizou um aparelho capaz de medir a resistência elétrica dos tecidos bucais, especialmente a diferença de potencial elétrico entre o complexo dentinocementário e o ligamento periodontal.

A partir desses primeiros estudos realizados surgiram diversos tipos de aparelhos para medição eletrônica, que foram baseados em métodos com diferentes características de mensuração, onde se variou o tipo de corrente elétrica (contínua ou alternada), os valores de amperagem e de frequência.

Os aparelhos do tipo resistência (também chamados de aparelhos de 1ª. geração) utilizavam a corrente elétrica contínua, de baixa amperagem, que era determinada por dois eletrodos, sendo um preso à mucosa bucal e outro acoplado a um instrumento inserido no canal radicular. Porém, tais aparelhos apresentaram deficiências que limitaram sua utilização, podendo-se destacar o surgimento de polarização provocado pela corrente contínua (SUCHDE; TALIM, 1977), que se caracteriza pela passagem de corrente elétrica entre dois pólos, positivo e negativo, que determina um campo elétrico de baixa voltagem e alta amperagem, causando a necrose de células do tecido periapical e dor durante a medição (MCDONALD, 1992).

Contudo, o principal problema em se utilizar os aparelhos do tipo resistência estava no fato dos mesmos apresentarem medições imprecisas quando o canal radicular apresentava qualquer tipo de umidade em seu interior, fechando o circuito numa posição anterior à do forame apical (MCDONALD, 1992).

Visando acrescentar maior precisão ao método eletrônico de localização do forame apical e a possibilidade de sua utilização em presença de umidade no interior dos canais radiculares, KOMAMURA et al.(1965) idealizaram um aparelho que media o valor da

---

resistência elétrica do ligamento periodontal utilizando corrente alternada. A resistência elétrica, medida a partir do uso de uma corrente elétrica alternada, denomina-se impedância. Isso trouxe como vantagem a diminuição da amperagem da corrente utilizada, proporcionando mais conforto ao paciente durante a realização da odontometria. Além disso, a corrente alternada não induz o surgimento da polarização.

Os aparelhos que utilizam corrente alternada (2ª. geração) determinaram uma evolução na busca por um aparelho capaz de ser confiável e preciso nas medições. A modificação do circuito interno dos aparelhos trouxe maior sensibilidade nas medições, resultando em melhores índices de precisão e menos desconforto ao paciente. Entretanto, o uso de altos valores de frequência (400kHz) dificultou os procedimentos de leitura, pois o eletrodo da lima precisava estar envolto por um material isolante.

Em 1989, YAMAOKA et al. apresentaram um método baseado na determinação de valores de resistência elétrica em função de duas frequências de corrente alternada (impedância frequência dependente). Surgiram, então, os aparelhos de 3ª. geração, cujo princípio de funcionamento está baseado no fenômeno da variação da impedância no terço apical do canal radicular (PILOT; PITTS, 1997). Entende-se por impedância a capacidade que os materiais possuem de impedir a passagem de corrente elétrica. Segundo IIZUKA et al. (1987), as paredes do canal radicular apresentam baixa condutividade elétrica e, à medida que se aproxima do terço apical, a capacidade de isolamento elétrico do canal radicular diminui, pois o tecido dentinário torna-se menos espesso. Tal diminuição é vista como diminuição da impedância da dentina. Assim, os aparelhos do tipo frequência possuem uma calibragem que permite a indicação da variação de valores relativos de impedância (quociente ou diferença) da região apical (OISHI et al., 2002).

Aparelhos como o Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Rishon Lezion, Israel), o RayPex 4, lançado pela Dentsply e o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, Estados Unidos da América), são considerados como sendo de 4ª. geração de localizadores foraminais eletrônicos (GORDON; CHANDLER, 2004).

Para alguns autores (BERMAN; FLEISCHMAN, 1984, ABBOTT, 1987, HUANG, 1987, HÜLSMAN; PIEPER, 1989, WU; SHI; HUANG, 1992, MAYEDA et al., 1993, ARORA; GULABIVALA, 1995, PILOT; PITTS, 1997, DUNLAP et al., 1998) existe a possibilidade da ausência da constrição apical afetar a variação nos valores de impedância. Tal situação baseia-se no fato de que a ausência da constrição apical diminuiria o valor do gradiente de voltagem da corrente elétrica, causando diminuição da impedância na região apical (USHYIAMA, 1983). Desta forma, o valor da impedância, determinado como

marcador da constrição, seria identificado pelo aparelho em um ponto anterior, indicando um limite apical de instrumentação mais curto, comprometendo a precisão das medidas (IIZUKA et al., 1987). Isso ocorreria nos casos de ápice incompleto, reabsorção apical avançada e sobreinstrumentação, já que nesses casos existe um comprometimento ou a ausência da constrição apical.

Alguns estudos (SAITO; YAMASHITA, 1990, KAUFMAN; KATZ, 1993, RAMOS; BERNARDINELI, 1994, EBRAHIM et al, 2006, HERRERA et al, 2007) in vitro constataram que realmente existe a tendência de leituras menores em dentes cujo forame apical teve o calibre aumentado. Contudo, em estudos realizados por GOLDBERG et al., 2002 e NGUYEN et al., 1996, constatou-se que o localizador foraminal eletrônico Root ZX<sup>®</sup> proporcionou leituras precisas em dentes com reabsorções apicais e em canais em que a constrição apical estava ausente.

Considerando-se que os tecidos mineralizados dos dentes são excelentes isolantes elétricos, independentemente da espessura dos mesmos (USHIYAMA, 1983), que HUANG (1987) demonstrou que tubos de vidro proporcionaram leituras equivalentes às obtidas em dentes com canais de mesmos calibres e que o aumento do diâmetro apical e presença de soluções condutoras de eletricidade no interior dos canais proporcionaram medidas incorretas de aparelhos que medem a resistência; e pela afirmação que o fenômeno que norteia o funcionamento desse tipo de aparelho se baseia em um processo físico e não biológico e pela afirmação de USHIYAMA et al. (1988) de 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, que a perda da constrição apical pela sobre-instrumentação ou reabsorção apical ou por sua ausência em casos de dentes com ápices incompletos proporciona leituras mais curtas ou imprecisão dos aparelhos e que em um canal calcificado ou com forame apical obliterado não se consegue realizar leituras, surge a hipótese de que o processo de funcionamento dos localizadores foraminais não sofreria interferência da espessura dentinária das paredes dos canais e que as medidas seriam obtidas em função da quantidade maior ou menor de soluções nas porções apicais do canal, o que estaria diretamente relacionado com o diâmetro do mesmo, que proporcionaria uma condutividade elétrica de maior intensidade, ocasionando leituras mais próximas ou mais distantes do forame apical; torna-se interessante e oportuno avaliar a influência da espessura da dentina radicular e da eliminação da constrição apical, com consequente aumento do diâmetro do forame apical, na precisão de leituras realizadas com os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator<sup>™</sup> e Root ZX II<sup>®</sup>.

---

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

---



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

CUSTER, em 1918, relatou a importância de se realizar o tratamento de canais radiculares em razão das teorias vigentes à época sobre as doenças causadas pelos dentes e suas raízes. Assim, o autor discorreu sobre as diferentes técnicas de obtenção da medida exata do canal radicular. Dentre elas, a técnica eletrônica, que era baseada na diferença de condutividade elétrica de um canal radicular seco ou preenchido com líquido não condutor e a condutividade dos tecidos além do forame apical. Também mostrou a utilização de um aparato constituído por um miliamperímetro ligado a uma fonte de corrente contínua e dois eletrodos, sendo um acoplado a uma região próxima ao dente que iria ser objeto da medição e outro, em forma de fio de aço, inserido no canal radicular, que deveria estar totalmente seco. As leituras eram determinadas a partir da maior variação da agulha do mostrador do aparelho, que indicava o momento em que a ponta do instrumento passava pelo forame, fechando o circuito.

Em 1942, SUZUKI realizou um estudo experimental com iontoforese de nitrato de prata combinado com amônia, em dentes de cães, e determinou que a solução de prata penetrava em todas as partes das paredes do canal radicular em iguais profundidades dos cortes transversais, sem considerar a posição do eletrodo negativo. Tal fato possibilitou-lhe afirmar que a resistência elétrica entre o eletrodo inserido no canal radicular, quando atinge o ligamento periodontal, e o eletrodo da mucosa bucal, possui um valor constante.

Baseando-se no estudo de SUZUKI, SUNADA, em 1958, utilizou um aparelho eletrônico para medição da resistência elétrica dos tecidos bucais, constituído, basicamente, por uma placa de metal de 2,0cm de largura por 2,5cm de comprimento, conectado 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 neste valor, 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 do sexo do paciente e das características anatômicas do dente a ser tratado.

Em 1965, KOMAMURA et al., estudando o princípio de funcionamento apresentado por SUNADA, idealizaram um aparelho que media o valor da resistência elétrica a partir da aplicação de uma corrente alternada para obtenção do comprimento do canal radicular. Uma

---

vez aplicada uma corrente alternada, a resistência elétrica do meio passa a denominar-se impedância (capacidade que os materiais têm de impedir a passagem de corrente elétrica, medida em ohms). O valor adotado como referência era de  $6,0k\Omega$ , como sendo um valor constante de impedância ao nível do ligamento periodontal apical. Esta mudança proporcionou ao método maior precisão e conforto ao paciente, já que utilizava baixa amperagem e impedia o surgimento do fenômeno da polarização, comum quando utilizada a corrente contínua.

TENENBAUM, em 1967, avaliou o método proposto por SUNADA, em estudo realizado “in vitro” e “in vivo”. O autor construiu um aparelho composto por uma pilha como fonte de rede contínua, um potenciômetro, um miliamperímetro e dois eletrodos, um positivo e outro, negativo. O aparelho foi calibrado a  $50\mu A$ , e o eletrodo negativo colocado sobre a mucosa, na região próxima ao ápice radicular. Uma lima, conectada ao eletrodo positivo, foi inserida no canal radicular seco até atingir o forame apical. O estudo “in vitro” foi realizado em 50 dentes extraídos, enquanto o estudo “in vivo” utilizou 102 canais radiculares de pacientes com idade entre 12 e 74 anos. Os resultados obtidos mostraram que o aparelho mostrou um índice de acerto na medição de 92,16% dos casos, com uma margem de aproximação de  $\pm 1,0mm$ , determinado pela análise radiográfica.

Utilizando uma corrente de alta frequência para a determinação do comprimento do dente, STOIANOV, em 1968, avaliou um aparelho constituído por um oscilador de frequência, um voltímetro de corrente alternada e um aparelho estereotáxico. Uma sonda lisa foi empregada como eletrodo no interior do canal. Quando a corrente elétrica passava através dela, seguia dois trajetos diferentes, como se fossem duas resistências ligadas em paralelo. Um trajeto era para fora do canal, 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 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 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.

Em 1972, CASH apresentou um aparelho chamado Endometer, baseado no princípio eletrônico da resistência elétrica, que foi proposto por SUNADA. O autor relatou um período de utilização clínica do aparelho de 3 anos, apresentando altos índices de sucesso, destacando

---

---

o tempo consumido para as leituras, indicando que houve uma economia de cerca de 50% nas horas de trabalho.

No ano seguinte, INOUE lançou o Sono-Explorer. Quando em operação, dois sons separados são emitidos pelo aparelho. Um é produzido a partir da passagem de corrente elétrica de baixa frequência, por um instrumento colocado a 0,5mm de profundidade no sulco gengival do dente a ser avaliado. Este primeiro som é contínuo e sua marcação serve de referência para a localização do forame. O segundo som é emitido pelo instrumento inserido no canal radicular. Quando o ápice é alcançado, há uma semelhança dos sons em volume e intensidade (ambos contínuos). Além desses componentes, o aparelho possui um seletor de operação que varia de 0 a 100, no sentido de calibrar a emissão do som contínuo para posições anteriores ao forame apical.

Em 1974, BRAMANTE; BERBERT avaliaram diferentes técnicas de odontometria, comparando a efetividade entre os métodos radiográficos de BEST, BREGMAN, INGLE e BRAMANTE e o método eletrônico proposto por SUNADA. Os autores utilizaram 224 dentes de 46 pacientes, com indicação prévia de extração por motivos protéticos ou ortodônticos. A análise dos resultados indicou leituras mais precisas do comprimento de trabalho pelo método eletrônico, em relação aos métodos de BEST e BREGMAN, mesmo tal método apresentando um alto grau de variabilidade. O método eletrônico apresentou os melhores resultados quando avaliadas as raízes palatinas de molares e pré-molares. Foram consideradas pelos autores como prováveis causas da imprecisão do método a presença de umidade no interior dos canais radiculares, o diâmetro dos mesmos e a presença de restaurações metálicas.

SEIDBERG et al., 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 tátil-digital. Foram utilizados 100 dentes unirradiculados, realizando-se a odontometria, em metade dos dentes com o Sono-Explorer e com o método da sensibilidade tátil-digital, na outra metade. Os dentes avaliados foram selecionados sem nenhum critério pré-estabelecido (forma do forame apical e tipo de conteúdo encontrado no interior do canal). A avaliação dos resultados indicou a eficiência do aparelho em 48% dos casos, enquanto o método da sensibilidade tátil-digital alcançou um índice de acerto de 64%. Tomadas radiográficas foram realizadas para a verificação das posições dos instrumentos no interior do canal radicular. Os autores concluíram que, apesar de ser válida a utilização de qualquer aparelho que sirva para diminuir a quantidade de radiação recebida pelo paciente durante o tratamento endodôntico, o Sono-Explorer precisava sofrer algumas modificações

---



para adquirir maior precisão nas leituras das medidas, pois o aparelho ainda não era confiável para eliminar a tomada radiográfica na terapia endodôntica.

BLANK; TENCA; PELEU, em 1975, avaliaram a precisão dos aparelhos Endometer e Sono-Explorer na localização do forame apical. Foram utilizados 65 dentes, anteriores e posteriores, de pacientes com indicação de exodontia por necessidade protética ou problemas periodontais, totalizando 103 canais. Após a obtenção das medidas, os dentes foram extraídos e o comprimento dos canais radiculares avaliados pela visualização direta da ponta do instrumento no 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, já que o método radiográfico apresenta distorções que levam a uma imprecisa interpretação da posição do forame. Apesar de não haver diferença estatística significativa entre os dois aparelhos, o Endometer apresentou leituras mais confiáveis, além de ser um aparelho mais fácil de ser utilizado clinicamente.

Em 1976, BUSCH et al. avaliaram a eficiência do Sono-Explorer na determinação da odontometria. Para isso, realizaram 193 medições em 72 dentes unirradiculados, utilizando tomadas radiográficas para verificar a precisão do aparelho. Os resultados obtidos mostraram um índice de precisão aceitável de 93,3 % , dentro de um limite de 0,5mm definido entre o ápice radiográfico para mais ou para menos. Os autores recomendaram a utilização do aparelho com base nos bons resultados obtidos no estudo, ressaltando que os casos que apresentaram maior dificuldade na localização do forame apical 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 com polpas vitais ou necróticas, as leituras foram aceitáveis em 95,6% dos casos com polpa vital contra 87,9% daqueles com polpa necrótica.

SUCHDE; TALIM, em 1977, desenvolveram um aparelho para determinar a localização do forame apical denominado Electronic Ohmeter, partindo de modificações no circuito original dos aparelhos pré-existentes. Com o intuito de prevenir danos aos tecidos periapicais, os autores utilizaram corrente elétrica alternada ao invés de contínua, com a voltagem modulada em 5 $\mu$ A; outra modificação foi a utilização da frequência de 1kHz 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. Após o isolamento absoluto e a abertura coronária, os canais foram submetidos ao preparo químico-mecânico de modo a permitir a passagem de um cone de prata, para que este servisse de eletrodo. Os canais foram secos com cones de papel absorvente e as leituras foram

---

realizadas. A análise da precisão do aparelho foi feita por comparação com imagens radiográficas com o eletrodo em posição no interior do canal radicular. Como medidas precisas e positivas foram consideradas aquelas em que o cone de prata encontrava-se na posição correspondente ao ápice radiográfico ou até 0,5mm aquém. Qualquer resultado diferente destes indicava falha ou imprecisão da leitura. Em todos os casos em que, radiograficamente, não havia lesão periapical, os resultados foram 100% precisos. Já, naqueles em que a lesão periapical estava presente radiograficamente, só 82,9% apresentaram leituras satisfatórias. Em 95% dos casos com forames apicais totalmente formados as leituras foram precisas, enquanto em dentes cujos ápices estavam incompletos o índice de precisão foi de 63%. Os autores concluíram que variações nas condições dos tecidos periapicais, assim como, a ausência da constrição apical, são relevantes na precisão do aparelho.

Em 1980, DAHLIN apresentou o Dentometer, aparelho para localização foraminal eletrônica que, segundo o autor, diferia dos demais aparelhos fundamentados no princípio da resistência elétrica, por possuir uma operação de calibração automática, facilitando a realização do procedimento, e utilização de corrente alternada, incrementando maior precisão à localização do forame apical. O uso do aparelho foi indicado pelo autor nos casos de localização de exposições pulpares, perfurações por pinos de retenção, perfurações de câmara pulpar e perfurações radiculares. Porém, o aparelho mostrou-se ineficiente na medição de canais de dentes jovens e com forames extremamente amplos. Além disso, o Dentometer apresentou medidas mais curtas do comprimento de trabalho quando o canal encontrava-se úmido.

Ainda, em 1980, BECKER et al. analisaram comparativamente os métodos radiográfico e eletrônico para medição do comprimento dos canais radiculares de 41 raízes de 24 primeiros molares de suínos. Os dentes foram divididos em dois grupos, de acordo com a extirpação pulpar, sendo que, em um grupo, a extirpação pulpar foi feita de maneira mais vigorosa. As leituras eletrônicas foram feitas com o aparelho Forameter, seguido de tomadas radiográficas e extração dos dentes. Os resultados obtidos no grupo onde a polpa foi extirpada menos vigorosamente foram menos precisos do que os do outro, indicando que a possível presença de tecido pulpar tornava o aparelho menos efetivo.

Em 1981, outro estudo utilizando o Forameter foi realizado por CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE. O objetivo foi avaliar a precisão do aparelho na determinação do comprimento de trabalho numa distância entre 0,5 e 1,0mm do forame apical. O estudo foi realizado *in vivo*, utilizando-se de 20 canais de dentes com extração indicada. Após isolamento absoluto e abertura coronária, os canais foram irrigados com água destilada e o

conteúdo pulpar removido. Uma lima acoplada ao aparelho foi inserida no canal radicular até que a leitura indicasse uma medida entre 0,5 e 1,0mm aquém do forame apical. A lima foi fixada em posição utilizando-se resina composta e, então, duas tomadas radiográficas foram realizadas antes de se fazer a extração (uma pela técnica da bisettriz e outra pela técnica do paralelismo). As medidas reais do comprimento dos dentes foram analisadas microscopicamente. Dos 20 canais, 13 (65%) apresentaram a ponta do instrumento além do forame apical. Em 15% dos casos as leituras foram obtidas num limite de 0,5 a 1,0mm aquém do forame apical. Os demais casos apresentaram posições aquém do limite estabelecido. Analisando o método radiográfico, 45% dos casos que indicavam a ponta do instrumento localizando-se aquém do ápice estavam, na realidade, além do forame apical. Desta forma, o método eletrônico utilizando o Forameter demonstrou ser impreciso em 65% dos casos, enquanto o método radiográfico apresentou um índice de imprecisão de 45%. Segundo os autores, o método eletrônico utilizado no experimento teria como fator limitante a impossibilidade da completa secagem dos canais radiculares antes de se realizar a medição, pois a umidade atrapalharia a efetividade do aparelho.

Considerando que o fator umidade era um problema para os aparelhos até então existentes, já que os mesmos apresentavam dificuldades em mensurar canais radiculares úmidos provocando, inclusive, discrepâncias em estudos utilizando tais aparelhos, USHIYAMA, em 1983, desenvolveu um novo método para determinar o comprimento de trabalho do canal radicular, de maneira que o mesmo pudesse 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 de uma corrente elétrica (por meio 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 modo que a raiz permanecesse submersa em solução de cloreto de sódio a 0,9%. Em seguida, os canais foram instrumentados até a lima tipo K n° 25 e, por capilaridade, completados com a mesma solução. Uma corrente elétrica de  $10\mu\text{A}$  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, tais variações determinaram uma curva de aumento constante até a região apical. Quando o instrumento ultrapassava a região apical havia uma queda abrupta nesses valores (de  $14\mu\text{V}$

---

para 0,4 $\mu$ V). A análise desses dados permitiu ao autor concluir que, mesmo na presença de exsudação dos tecidos apicais, sangue ou pus no interior do canal radicular, não ocorreria uma alteração na leitura da constrição apical fornecida pelo aparelho, indicando, assim, a correta determinação daquele ponto.

BERMAN; FLEISCHMAN, em 1984, avaliaram a eficiência do aparelho Neosono-D quanto à determinação do comprimento de canais radiculares em dentes com ápices completamente formados ou não. Foram utilizados 21 pré-molares superiores e/ou inferiores indicados para extração por razões ortodônticas, totalizando 29 canais, dos quais, 24 raízes apresentavam total formação apical e 5 estavam incompletas. Radiografias pré-operatórias foram feitas para a determinação do comprimento estimado dos dentes. Após anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária, o tecido pulpar foi parcialmente removido. Os canais foram irrigados com solução salina estéril e secos com cones de papel absorvente. A leitura correspondente ao forame apical foi realizada e o instrumento utilizado como eletrodo foi fixado em posição por meio de resina composta auto-polimerizável sendo, em seguida, feita uma radiografia pela técnica do paralelismo. Após a extração dos dentes, a distância entre a ponta do instrumento e o forame apical foi medida com a inserção de outra lima, via retrógrada, conectada a um voltímetro. Quando os dois instrumentos se tocavam o circuito era fechado, indicando uma leitura de 0 $\Omega$  no aparelho. Dos 24 canais com ápices formados, em 22 as pontas das limas estavam localizadas, em média, 0,41mm aquém do forame apical. Em dois casos as limas encontravam-se além do forame apical. Já, nos cinco casos com ápices incompletos, o aparelho determinou leituras mais curtas que o comprimento real do dente (em média, 3,2mm).

Também em 1984, USHYIAMA 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. No primeiro experimento, foram utilizados seis incisivos inferiores de bovinos, que foram preparados e colocados em solução de cloreto de sódio a 0,9%. Após o acesso à cavidade pulpar, apenas a polpa coronária foi removida. As leituras obtidas pela mensuração do gradiente de voltagem foram transferidas para um gráfico. Dos seis casos avaliados, apenas um não possibilitou uma leitura precisa, provavelmente por este dente ter apresentado formação incompleta do forame apical. O segundo experimento foi realizado em dentes de cães, e monitorou as respostas cardíaca e respiratória frente à passagem da corrente elétrica. Segundo o autor, os resultados encontrados indicaram que a corrente utilizada para se fazer a medição eletrônica é muito fraca para causar qualquer problema ao paciente.

Em 1985, INOUE; SKINNER avaliaram um novo modelo do Sono-Explorer, o Sono-Explorer Mark III. Este aparelho apresentava algumas modificações em relação aos modelos anteriores, tais como redução de peso, alarme sonoro apenas quando a lima atingia o forame apical e também um display com seis divisões apenas. Nos modelos anteriores, os aparelhos apresentavam 80 divisões (Sono-Explorer) e 70 divisões (Sono-Explorer Mark II); desta forma, a técnica de obtenção da leitura da constrição apical foi simplificada. Tendo como base o mesmo princípio de funcionamento do Sono-Explorer, o Mark III foi aferido em 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, que corresponde à posição de 0,5mm a 1,0mm do forame apical, os canais foram secos com cones de papel absorvente e o eletrodo da lima inserido para a medição. Ao ocorrer a coincidência dos sons emitidos, uma radiografia foi feita com a lima em posição. A distância média entre a ponta da lima e o ápice radiográfico foi de 0,62mm. Os resultados obtidos mostraram que em 57,7% dos casos a ponta da lima localizava-se entre 0 e 0,5mm aquém do ápice radiográfico; em 26,8%, a distância era de 0,6 a 1,0mm e em 15,2%, de 1,1 a 3,0mm. Apenas um caso (0,3%) mostrou a ponta do instrumento ultrapassando o forame apical.

TROPE; RABIE; TRONDSTAD, em 1985, realizaram um estudo em 127 canais radiculares, sendo 36 dentes anteriores, 28 pré-molares e 20 molares, para avaliar o Sono-Explorer Mark III. O aparelho foi calibrado de acordo com as especificações do fabricante. Os resultados mostraram que, em 90,6% dos casos, as medições estavam entre 0 e 0,5mm do ápice radiográfico; 3,9% estavam 1,0mm aquém; 3,1% entre 1,0 a 2,0mm do ápice radiográfico e 2,4% estavam além do forame apical. Os autores concluíram que o localizador apical pode ser usado como um método auxiliar ao radiográfico, ou em situações especiais onde a radiografia não pode ser utilizada ou, ainda, quando a informação obtida com o método radiográfico é inadequada.

Em 1987, HUANG descreveu, detalhadamente, 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 utilizou o protótipo denominado KGC – 1, projeto de sua autoria, em cinco estudos “*in vitro*”, com a intenção de avaliar sua precisão na determinação do comprimento dos canais radiculares, sob algumas variáveis. No primeiro experimento, as variações da 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 indicou que a ponta da lima no interior do canal radicular apresentava valores menores do que 40 $\mu$ A. Conforme a lima se aproximava do forame apical, o valor ultrapassava

---

os 40 $\mu$ A e, ao ir além do forame apical, o valor alcançado era de 50 $\mu$ A. Assim, o autor concluiu que a leitura do comprimento do canal radicular pode ter resultados precisos quando realizada por esse método “*in vitro*”. No segundo experimento, o objetivo foi avaliar a influência do diâmetro do forame apical na precisão da leitura do aparelho. O calibre do forame apical variou de 0,2mm a 2,5mm de diâmetro. Além disso, os dentes tiveram um terço de suas raízes imersas em solução salina. Os resultados mostraram que houve uma redução na precisão da leitura do aparelho, indicando que o aparelho foi ineficiente quando o canal não se encontrava seco e o diâmetro do forame apical era superior a 0,2mm. Assim, o autor concluiu que o diâmetro do forame apical e a presença de solução no interior do canal radicular influenciaram na precisão da leitura do aparelho. No terceiro experimento, os mesmos dentes utilizados no segundo experimento foram estudados, porém, os canais foram mantidos secos. Desta vez, as medições obtidas foram precisas, confirmando que, para a realização de medições que utilizam esse princípio, faz-se necessária a ausência de solução condutora de corrente elétrica no interior do canal radicular. No quarto experimento, 4 dos 6 dentes utilizados no segundo e terceiro experimentos foram reavaliados, modificando-se o calibre do forame apical, selando-se com cera e criando um forame artificial com 0,2mm de diâmetro. As medições foram coincidentes com o comprimento real dos dentes. No último experimento, tubos de vidro de diferentes tamanhos e calibres (de 0,3 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 pequenos calibres foram avaliados (menor ou igual a 0,4mm de diâmetro), os resultados coincidiram com os experimentos que utilizaram dentes extraídos. As leituras indicaram os mesmos valores de amperagem nas mesmas situações. Desta forma, o autor relatou 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. Além disso, afirmou que, na medição eletrônica, tanto o calibre do forame apical como 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 de resistência.

Também, em 1987, NAHMIA; AURELIO; GERSTEIN apresentaram um modelo para estudo e treinamento, “*in vitro*”, da medição do comprimento dos canais radiculares utilizando-se a técnica eletrônica. O modelo era constituído por 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>HPO<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 alcançasse uma consistência sólida. Uma

lima era introduzida no canal radicular para se realizar a leitura eletrônica e um fio de aço atuava como o outro eletrodo, transpassando a base inferior do tubo de polietileno. O modelo descrito foi indicado para todos os aparelhos fundamentados pelo princípio de determinação da variação da resistência elétrica (no caso de corrente contínua), ou impedância (no caso de corrente alternada).

AUN; GAVINI; MOURA, em 1988, avaliaram clinicamente o Sono-Explorer Mark III. As medições foram realizadas 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 avaliados, o aparelho foi capaz de realizar a leitura com a distância entre a ponta do instrumento e o vértice radiográfico da raiz oscilando entre 0,5 e 1,5mm. 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.

Também, em 1988, AUN et al. utilizaram o Endometer para medições em 30 dentes previamente indicados para extração, todos com polpa mortificada. Após a obtenção do comprimento dos canais radiculares pelo método eletrônico, os dentes foram extraídos e os canais radiculares mensurados diretamente, por meio da introdução de uma lima no canal até esta ficar justaposta ao forame. Os valores indicados pela leitura eletrônica foram comparados com a posição indicada após a extração dos dentes. Verificou-se que em 93,34% dos casos as medidas dos dois métodos avaliados foram coincidentes.

Ainda, em 1988, USHYIAMA et al., baseados no princípio de 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, realizaram um experimento para avaliar clinicamente o método anteriormente introduzido pelo autor para a localização do forame apical por meio da determinação do gradiente de voltagem. O experimento tinha como objetivo determinar a precisão do método em detectar a constrição apical. Foram utilizados 40 dentes unirradiculados, sendo 35 avaliados para se localizar a constrição apical e os 5 restantes na localização do forame apical. Após a realização dos procedimentos prévios (anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária), os canais foram irrigados com NaCl a 0,9% e a leitura da variação de voltagem foi feita utilizando-se um protótipo experimental. Uma vez determinado o maior valor da variação, o instrumento era fixado no interior do canal radicular na posição indicada e o dente era extraído. Avaliações radiográficas foram realizadas e, então, foi aferida a relação entre a ponta do instrumento e a menor constrição do canal. Sete dentes apresentaram leituras entre

---

0,2 e 1,4mm aquém do ápice radicular, sendo deixados de fora da interpretação geral por não apresentarem diâmetro uniforme e constrição apical não definida. Dos 26 dentes restantes, 25 mostraram a ponta da lima à  $\pm 0,5$ mm da constrição apical. Apenas um caso indicou a leitura de 1,2mm aquém do ápice, provavelmente devido ao fato de o dente apresentar ápice incompleto. Os autores afirmaram que o método foi preciso nas condições experimentais descritas, desde que o dente mensurado se apresentasse com o ápice completamente formado.

Em 1989, BRITO Jr; BIRAL; VALDRIGHI realizaram um estudo comparativo entre os métodos eletrônico e radiográfico de odontometria, confrontando com as medidas reais dos dentes, avaliando, assim, 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) e a técnica radiográfica utilizada foi a de INGLE. Após a extração, os dentes foram medidos introduzindo-se uma lima no canal radicular até que a mesma fosse vista no forame apical. Os resultados mostraram que o índice de acerto para ambos os métodos ficou abaixo de 50%. Observaram que o método eletrônico apresentou uma tendência a fornecer medidas de comprimento dos dentes menores do que as reais. Já o método radiográfico mostrou uma tendência de obtenção de medidas maiores do que as reais.

BERGER; PELISSARI; KROLING, em 1989, avaliaram o Endometer realizando a odontometria em 65 canais radiculares de 57 dentes de pacientes jovens e adultos, todos com rizogênese completa. O único grupo de dentes não utilizado foi o de molares superiores. Todos os dentes receberam uma pequena quantidade de água oxigenada no interior do canal radicular que, posteriormente, era seco com cones de papel absorvente. Em seguida, o instrumento era introduzido no canal radicular até que as indicações visual e sonora do aparelho indicassem que o mesmo estava no ápice do dente. Com o instrumento em posição, era realizada uma radiografia para que se fizesse uma avaliação. Os resultados obtidos indicaram que em 70,7% dos casos o instrumento encontrava-se no limite apical ou 1,0mm aquém; em 15,3%, a ponta do instrumento estava a mais de 1,0mm aquém do ápice radiográfico e, em 13,8% dos casos o instrumento encontrava-se além do ápice. Os autores concluíram que, apesar de o Endometer ser um aparelho eficiente para a realização da odontometria, o mesmo não é um substituto das técnicas radiográficas, mas serve como um método auxiliar nos casos onde a imagem radiográfica não oferece uma imagem conclusiva sobre a posição do instrumento.

Ainda, em 1989, KAUFMAN; SZAJKIS; NIV compararam a eficiência dos aparelhos Dentometer e Sono-Explorer na obtenção do comprimento do canal radicular. Os



aparelhos possuíam dois tipos de circuito eletrônico diferentes, tendo o primeiro um sistema analógico de indicação de leitura e o segundo, um sistema audiométrico. Ambos foram comparados com o método radiográfico. Para o estudo foram utilizados 44 dentes, totalizando 75 canais radiculares, de pacientes que possuíam indicação de tratamento endodôntico. Os resultados mostraram que o Dentometer apresentou leituras mais curtas do que o Sono-Explorer numa média de  $0,28 \pm 0,64\text{mm}$ , onde as diferenças variaram de 1,0 a 3,0mm. Não houve diferença estatística entre o Sono-Explorer e o método radiográfico indicado por INGLE, 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 radicular, a leitura é obtida muito aquém do limite apical não devendo, portanto, tal aparelho ser utilizado com o canal radicular úmido.

Em mais um trabalho realizado em 1989, HÜLSMANN; PIEPER atenderam 12 pacientes, totalizando 21 canais radiculares, divididos em dois grupos. Primeiramente, as leituras foram realizadas no início do tratamento de apicificação. Neste grupo, no total de 10 canais, 4 possuíam polpa viva e 6 necrosada. O segundo grupo era composto por 11 canais, sendo 9 com polpa viva e 2 com polpa necrosada. As medições, neste grupo, foram feitas após o tratamento de apicificação, quando os canais radiculares já se encontravam prontos para ser obturados. Todas as medições foram realizadas sob isolamento absoluto, irrigação com água oxigenada a 3% e completa secagem dos canais radiculares com cones de papel absorvente. As leituras do aparelho foram mais curtas que o comprimento real do dente, variando de 2,0 a 5,0mm do ápice radiográfico, em todos os casos do primeiro grupo, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os casos de polpa vital ou necrosada. No segundo grupo, todas as medições do comprimento de trabalho com o aparelho foram corretas. As avaliações das posições foram feitas por meio de tomadas radiográficas. Os autores observaram que, quando o diâmetro da constrição apical apresentava-se maior que 0,5mm, as medições eletrônicas mostraram-se mais distantes do forame apical.

FOUAD; KRELL, em 1989, avaliaram “*in vitro*” cinco aparelhos eletrônicos (Exact-a-pex, Endocater, Neosono-D, Apex Finder e Sono-Explorer Mark III), utilizando 20 dentes unirradiculados com os ápices completamente formados. Todos os dentes foram montados no ágar em solução salina a 1% e os ápices dos dentes imersos no interior do tubo com ágar foram recobertos com fita, para que a ponta da lima não fosse visualizada durante as leituras eletrônicas. As leituras foram realizadas com limas n<sup>o</sup>. 20. Os dentes foram divididos em dois grupos: no grupo A, os canais radiculares foram alargados até o instrumento n<sup>o</sup>. 50, na posição de 0,5mm aquém do comprimento real do dente. Foi realizada a patência com uma

---

lima n.º. 10 e, em seguida, os dentes foram mensurados com lima n.º. 40 para o Endocater e lima n.º. 50 para os demais aparelhos. Posteriormente, os dentes foram medidos novamente, desta vez com cones de guta-percha condutores de eletricidade. Nos dentes do grupo B, realizou-se a odontometria com vários tipos de líquido no canal radicular, tais como etanol, peróxido de hidrogênio, solução salina, xilocaína, hipoclorito de sódio e sangue. Os autores verificaram que não houve diferença significativa entre as medições dos aparelhos, mesmo com a utilização da guta-percha eletrocondutora. Nos dentes do grupo A houve uma ligeira diferença nas medições antes e após a preparação dos canais radiculares. No grupo B, as soluções de hipoclorito de sódio e sangue provocaram medições mais curtas que o comprimento real dos dentes.

Em 1990, FOUAD et al. analisaram “*in vivo*” os cinco aparelhos testados no estudo realizado anteriormente “*in vitro*”. Assim, foram utilizados 20 dentes anteriores unirradiculados de 8 pacientes adultos, com idade variando entre 18 e 73 anos, que tinham extração indicada previamente. As leituras foram realizadas seguindo-se os procedimentos pertinentes a cada aparelho, de acordo com os fabricantes; em seguida, foram extraídos para aferição. O comprimento real dos dentes foi calculado a partir da colocação de uma lima n.º. 10 no canal radicular até a visualização da sua ponta no 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 do experimento, os autores recomendaram o uso desses aparelhos apenas para a determinação do comprimento de trabalho provisório, necessitando-se comprovação radiográfica posterior.

SAITO; YAMASHITA, em 1990, avaliaram “*in vitro*” a eficiência do aparelho Apit<sup>®</sup> com relação à influência do calibre da lima utilizada na medição eletrônica, do diâmetro do forame apical e da natureza do agente irrigante. Para isso foram utilizados 15 dentes unirradiculados, divididos em três grupos com 5 dentes cada, de acordo com os fatores a serem analisados. Para a verificação da influência do diâmetro do forame apical foram padronizados diâmetros de 0,17mm; 0,27mm; 0,42mm; 0,62mm e 0,82mm. Para a medida foi utilizado um instrumento n.º. 15. Para a avaliação da influência do calibre da lima, nos dentes com forame apical de diâmetro 0,42mm foram utilizadas as limas n.º. 15, n.º. 25 e n.º. 40; nos dentes com diâmetro foraminal de 0,62mm acrescentou-se a lima n.º. 60 às anteriores e para os forames com diâmetro de 0,82mm incluiu-se a lima n.º. 80. Com o objetivo de estudar a

influência dos irrigantes foram utilizados: solução salina, NaOCl a 5%, EDTA a 14% e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3%. Os autores verificaram 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 aos tipos de soluções utilizadas, os autores observaram que não houve interferência nas leituras realizadas.

Também em 1990, MCDONALD; HOVLAND realizaram um estudo “*in vivo*” relacionando a constrição apical ao ápice anatômico na utilização do Endocater. Foram utilizados 76 canais de 47 dentes previamente indicados para extração, sendo que todos possuíam ápices completamente formados. Uma radiografia pré-operatória, pela técnica do paralelismo, foi realizada. A lima, acoplada ao aparelho, foi inserida no canal radicular até que o ponteiro marcador do mesmo ficasse na posição vertical indicando a constrição apical. Após a estabilização do ponteiro, a lima era fixada na câmara pulpar com resina fotopolimerizável e novamente conferida a marcação com o Endocater. Os dentes foram, então, extraídos e, em seguida, seccionados no sentido vestibulo-lingual, onde a porção apical foi analisada por meio de um microscópio óptico com um aumento de 10 vezes. Foram medidas as distâncias entre a constrição apical e o ápice anatômico e entre o ápice anatômico e a ponta da lima. Em 54 casos a ponta da lima estava situada numa distância média de 0,11mm aquém da constrição apical (variação de 0,0 a 0,29mm). Em apenas um caso a distância observada foi de 0,37mm. Nos quatro casos restantes a ponta da lima apresentou-se além da constrição apical numa média de 0,63mm (variando de 0,056 a 1,48mm). Os autores indicaram que o Endocater foi preciso na localização da constrição apical, nesse estudo, em 93,4%.

Ainda, em 1990, STEIN; CORCORAN; ZILICH realizaram um estudo para saber 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. Os autores consideraram o forame maior, o forame menor, a constrição apical e a junção cimento-dentinária como sendo a mesma estrutura. Foram selecionados 47 canais radiculares de 22 pacientes. Após a realização do acesso convencional, uma lima tipo K-Flex n° 15 ou n° 20 acoplada ao localizador eletrônico foi inserida no canal radicular até que a leitura indicasse 0,5mm do forame apical. Quando a leitura do aparelho indicava 0,0 uma radiografia era realizada. Feito isso, removia-se a lima e a medida obtida indicava o comprimento do dente. Após a extração do dente, a lima era reinserida no canal radicular, na 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 e do forame

---

apical e a posição da ponta do instrumento. Os resultados indicaram que a ponta do instrumento localizou-se além da junção cimento-dentina-canal em 34% dos casos (16 canais radiculares). Nos 31 casos restantes o aparelho apresentou leituras aquém da junção cimento-dentinária, variando de 0,05 a 2,39mm. Medidas relacionadas ao forame maior apresentaram 8% de leituras além do forame apical, variando de 0,07 a 0,67mm. Em 92% das medições deste grupo a ponta da lima esteve aquém da abertura foraminal, posicionada dentro da porção cementária ou dentinária do canal radicular. Os autores concluíram que, quanto maior o calibre do forame apical, maior será a discrepância da leitura.

Em outro estudo que avaliou o Neosono-D, STEIN; CORCORAN, em 1991, estudaram “*in vivo*” a capacidade do aparelho em localizar a constrição apical. Foram utilizados 47 dentes unirradiculados de 22 pacientes, com indicação prévia de extração, sendo 39 com vitalidade pulpar e 8 não vitais. A lima acoplada ao eletrodo foi introduzida no canal radicular até que o aparelho marcasse a posição 0,5mm aquém do forame apical. Após a extração do dente, a lima foi reposicionada na medida indicada pelo aparelho, fixada com resina composta e analisada microscopicamente, com o intuito de verificar a relação entre a ponta do instrumento e a constrição apical. O aparelho determinou medições na junção cimento-dentina (0,763mm aquém da constrição apical) em 68% dos casos. No total, 94% dos casos apresentaram leituras aquém do forame apical.

KATZ; TAMSE; KAUFMAN, em 1991, fizeram uma revisão da literatura sobre as técnicas de determinação do comprimento de trabalho, relacionando algumas desvantagens do método radiográfico e analisando os métodos eletrônicos disponíveis. Os autores relataram a imprecisão dos aparelhos disponíveis no mercado, especialmente quando a leitura era executada em canais radiculares 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 à localização do forame apical; o tratamento endodôntico em pacientes grávidas; a redução do tempo de trabalho e a redução dos custos do tratamento. Como conclusão, os autores afirmaram que, conhecidas as vantagens e as limitações do método, os localizadores apicais adquiriram um lugar definitivo na terapia endodôntica.

Em 1991, EZURA; MIZUNUMA compararam três localizadores apicais com princípios de funcionamento diferentes. O primeiro baseado no método de detecção do gradiente de voltagem (preconizado por USHIYAMA), 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 radicular; 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). 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 200 $\mu$ m, 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 a 0,46mm aquém da constrição apical. Quando o Endodontic Meter indicava a constrição apical, a ponta da lima localizava-se 0,82mm além da mesma. 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, em 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 aparelho Dental Sono-Explorer Tipo Y-III foram comparadas com a obtenção direta do comprimento dos dentes após a extração. Os resultados obtidos com o 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 do limite para mais ou menos 2,0mm da junção dentina cimento, ocorreram 100% de acerto nas medidas indicadas pelo aparelho. Os autores concluíram que o diâmetro do forame apical foi um dos fatores mais importantes a exercer influência sobre a precisão na leitura do aparelho.

Em 1992, MCDONALD sugeriu uma classificação dos localizadores apicais eletrônicos baseando-se no princípio de funcionamento dos aparelhos, classificando-os em localizadores apicais do tipo resistência, do 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, em 1993, realizaram experimentos no sentido de avaliar a influência da presença de umidade no interior do canal radicular, 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 dois grupos, sendo o grupo A constituído por aqueles cujos forames apicais não permitiam a passagem de uma lima do tipo K nº 30, sendo designado grupo do forame apical estreito. A patência para este grupo foi feita com uma lima nº 10. Para o grupo B, foram destinados dentes cujos forames apicais permitiam a passagem da ponta de uma lima tipo K nº 30 de 2,0 a 3,0mm 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 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, com os canais radiculares secos ( $p < 0,05$ ). Quando usado agentes irrigantes (etanol, xilocaína a 2% e hipoclorito de sódio a 2,6%), o Endex apresentou índices aceitáveis de precisão na determinação do comprimento de trabalho nos dentes do grupo B. Assim, os autores indicaram que apenas o Endex apresentou condições de medição dos canais radiculares 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, em 1993, estudaram “*in vivo*” a precisão da medição eletrônica do Endex na presença de agentes irrigantes. Foram realizadas leituras em 185 canais radiculares de 99 dentes indicados para tratamento endodôntico, comparando os resultados com o método radiográfico. As medições foram realizadas por 10 operadores, ressaltando-se o fato de ser a primeira vez que todos eles tiveram contato com a técnica. Após a obtenção das leituras com o Endex, tomadas radiográficas foram feitas com a lima inserida no canal radicular, seguida da interpretação feita por um operador independente. Os resultados da comparação dos métodos apontaram que as leituras realizadas pelo aparelho localizaram-se a  $\pm 0,5$ mm do limite indicado pela interpretação radiográfica como ideal em 89,64% dos casos. Em 2,7% das leituras, a medida ficou 1,0mm além do comprimento indicado radiograficamente, enquanto 1,08% das medidas encontraram-se posicionados 2,0mm além da medida radiográfica. Nas leituras em que a ponta do instrumento posicionou-se nos limites do canal dentinário, 4,86% ficaram 1,0mm aquém; 1,08% ficaram a 1,5mm e 0,54% posicionaram-se 2,0mm aquém do comprimento radiográfico. Os autores indicaram a precisão do método sob as condições clínicas de umidade no interior do canal radicular.

No primeiro estudo utilizando o Root ZX<sup>®</sup>, KAUFMAN; KATZ, em 1993, avaliaram a eficiência do aparelho na medição em canais retos, curvos e com forame amplo. Também

foi avaliada a influência da presença de soluções irrigadoras no interior do canal radicular sobre a capacidade de medição do aparelho. Foram utilizados 60 dentes extraídos, divididos em 3 grupos: o primeiro foi composto por dentes com raízes retas; o segundo, por dentes com raízes curvas, e o terceiro por dentes com o forame apical ampliado até o diâmetro equivalente à base da guia de penetração da lima tipo K nº 80. Os comprimentos reais dos dentes foram obtidos a partir da inserção de uma lima tipo K nº 10 até a sua visualização no forame apical. Para cada dente, foram realizadas três medições com o aparelho (canal seco, com solução salina e com NaOCl a 5%), sendo o comprimento de trabalho limitado a 0,5mm aquém do forame apical. 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 apresentaram o mesmo índice de precisão nas medidas executadas. No grupo dos dentes com o forame apical ampliado, o aparelho determinou um comprimento de trabalho, em média, 1,0mm menor que o comprimento real determinado previamente. Em solução salina, os resultados indicaram, em média, uma distância de 1,42mm aquém do forame apical, sendo de 1,38mm, em média, quando utilizada a solução de hipoclorito de sódio a 5%. Os autores afirmaram que o Root ZX<sup>®</sup> é confiável na obtenção de leituras em canais radiculares retos e curvos, na presença ou não de soluções irrigantes.

CHRISTIE; PEIKOFF; HAWRISH, em 1993, publicaram uma narrativa histórica sobre os localizadores apicais eletrônicos, desde sua primeira menção em 1918, por CUSTER, 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 radiculares. Os autores relataram que a utilização de localizadores apicais eletrônicos de terceira geração aumenta a segurança durante a instrumentação dos canais radiculares, uma vez que permite o monitoramento da posição do limite apical de instrumentação. Ressaltaram, ainda, que leituras em canais radiculares cujo diâmetro do forame apical excede ao do instrumento nº 25 podem determinar comprimentos de trabalho mais curtos do que o real.

Em 1993, DONNELLY apresentou uma nova opção para o conteúdo eletrolítico no modelo de demonstração da técnica eletrônica de localização apical. O modelo proposto substituiu 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 feito por AURELIO; NAHMIA; GERSTEIN com a gelatina, e apresentou um teste de viabilidade do método, além da maior facilidade em se encontrar os materiais.

---

Realizando um estudo “*in vitro*” para comparar o comprimento real dos dentes ao comprimento obtido eletronicamente com o Neosono-D, antes e depois da instrumentação dos canais radiculares, RIVERA; SERAJI, em 1993, utilizaram 30 dentes com os ápices completamente formados. Os dentes foram divididos em dois grupos com 15 elementos cada. Foram realizadas medições para comparar a acuidade do aparelho em canais radiculares instrumentados e não instrumentados. Os resultados da comparação do comprimento real do dente e a medição eletrônica antes da instrumentação indicaram que 63% das medições eletrônicas foram maiores, 23% foram iguais e 13% foram mais curtas que o comprimento real dos dentes. Após a instrumentação, os resultados obtidos mostraram que 30% dos valores foram maiores que o comprimento real dos dentes e 70% indicaram medidas mais curtas.

Ainda, em 1993, HEMBROUGH; WEINE avaliaram a eficiência do Sono Explorer Mark III, comparando suas leituras com o método radiográfico. Foram selecionados 47 pacientes adultos, com idade entre 47 e 75 anos, com 26 molares superiores indicados previamente para extração. As medidas do aparelho eram consideradas consistentes quando, no marcador, o ponteiro estava no centro da escala indicando, assim, uma distância de 0,5mm aquém do forame apical. O método radiográfico obteve 92,3% de acerto quando avaliada a raiz distovestibular, enquanto o método eletrônico registrou 69,2% de acerto. Na raiz palatina, os resultados também foram favoráveis ao método radiográfico, que apresentou 84,6% de acerto contra 76,9% do Sono Explorer Mark III. Os autores concluíram que os resultados desfavoráveis apresentados pelo aparelho servem para indicar que os localizadores apicais devem ser utilizados em casos específicos, acreditando ser, ainda, indispensável a utilização de radiografias durante o tratamento endodôntico.

Em outro estudo realizado em 1993, MAYEDA et al. analisaram “*in vivo*” a influência do conteúdo do canal radicular (polpa viva ou necrótica) na precisão de leituras obtidas com o Endex. Foram selecionados 19 pacientes com 33 dentes indicados para extração, que foram analisados radiograficamente, já que seriam utilizados somente os dentes com os ápices completamente formados e sem a presença de imagens radiolúcidas apicais ou reabsorções apicais externas. Após os exames clínicos, 17 dentes foram diagnosticados como vitais e 16 estavam com a polpa necrosada. Determinada a leitura eletrônica, utilizando a demarcação ápice como limite apical e fixação do instrumento no canal radicular, os dentes foram extraídos e analisados microscopicamente após o desgaste de parte da porção final da raiz, expondo-se 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 mesmo, para os casos de polpa viva (média de 0,057mm). Nos casos de necrose pulpar, os valores variaram de 0,86mm



aquém até 0,46mm além do forame apical (média de 0,11mm). Não houve diferença significativa nos resultados obtidos nas medições entre polpa viva e necrótica. Os autores salientaram a precisão do aparelho nas condições estudadas, ressaltando a necessidade de avaliação radiográfica, juntamente com o método eletrônico, para que se tenha uma medida ideal do comprimento de trabalho.

Em 1994, RAMOS; BERNARDINELI avaliaram a influência do diâmetro do forame apical na precisão de leitura realizada com o Apit<sup>®</sup>. Para isso, foram utilizados 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<sup>o</sup> 30, para o grupo dos dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,32\text{mm}$ ; n<sup>o</sup> 50 para os dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,52\text{mm}$ , e n<sup>o</sup> 70 para os dentes com forames de diâmetro de  $\pm 0,72\text{mm}$ . A base da guia de penetração do instrumento, passando pelo forame aproximadamente 1,0mm, determinou o calibre padronizado do forame. O alarme sonoro do aparelho foi desligado, mediante testes preliminares que indicaram 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 de aproximadamente 1,0mm aquém do forame apical, correspondente à localização da agulha na marcação central do visor do aparelho. Após a obtenção da 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 apical com um paquímetro. Os resultados indicaram que as leituras nos dentes dos grupos de diâmetros de forame de  $\pm 0,32\text{mm}$  e  $\pm 0,52\text{mm}$  estabeleceram comprimentos médios de trabalho de 0,46mm e 0,52mm, respectivamente, aquém do forame apical, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Os dentes com forames apicais padronizados em  $\pm 0,72\text{mm}$  de diâmetro indicaram leituras médias de 1,61mm aquém do forame apical.

KOBAYASHI; SUDA, em 1994, realizaram testes “*in vitro*” e “*in vivo*” utilizando um aparelho eletrônico baseado no princípio de detecção do forame apical pelo método da frequência, o 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 o peróxido de hidrogênio a 3%, o cloreto de sódio a 0,9% e o hipoclorito de sódio a 1%. As frequências de corrente elétrica aplicadas na mensuração foram

---

0,4, 1,5 e 10kHz. Os valores foram medidos com um impedômetro (Impedance Analyser) acoplado a uma lima tipo K nº 10 inserida no canal radicular. Apesar de diferentes valores de impedância para cada tipo de eletrólito utilizado, a razão calculada entre as 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, realizado “*in vivo*”, medições de 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 o hipoclorito de sódio a 1% 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 radicular 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 certa distância do forame apical, diminuindo consideravelmente quando está na constrição apical. O aparelho apresentado baseia-se na detecção desta variação de capacitância.

Também, em 1994, CHONG; PITT FORD analisaram os métodos de determinação do comprimento de trabalho, discorrendo sobre algumas desvantagens do método radiográfico. Citaram algumas dificuldades sobre esse método, tais como: 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 de um novo posicionamento e ausência de padronização na qualidade da imagem. Discorreram sobre as vantagens da utilização dos localizadores apicais eletrônicos, como possuir uma leitura instantânea, podendo ser repetidas quantas vezes forem necessárias, sem causar danos 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. Relataram, ainda, que a remoção de restaurações metálicas e a utilização de instrumentos endodônticos com cabos de plástico são detalhes importantes a serem considerados para o estabelecimento da precisão da leitura. Concluíram, porém, dizendo que o uso, apenas de radiografias é insuficiente para a verificação da constrição apical, assim como os localizadores apicais eletrônicos não substituem totalmente o método radiográfico.

Com o objetivo de analisar “*in vitro*” a eficiência do localizador apical Apit<sup>®</sup>, FELIPPE; SOARES, 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 de uma lima tipo K n<sup>o</sup> 15 inserida no canal radicular até a visualização de sua extremidade no forame apical. O experimento foi conduzido em três fases: na primeira, determinar a localização do forame apical; na segunda, determinar a distância entre a ponta do instrumento e o forame apical, no momento em que o aparelho acusava um som intermitente, e terceira, avaliar a influência do calibre da lima empregada na obtenção das medidas. O primeiro experimento consistiu 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 encontraram-se no forame apical ou 0,5mm aquém de sua posição. No segundo experimento, 60 dentes foram escolhidos aleatoriamente e executadas medições até o aviso sonoro intermitente, indicando a posição de aproximadamente 1,0mm aquém do forame apical. Em 68,3% dos casos, a ponta do instrumento localizou-se exatamente a 1,0mm aquém do forame apical. O terceiro experimento comparou medições executadas com instrumentos de calibre semelhante ao diâmetro anatômico do forame apical e limas tipo K n<sup>o</sup> 15, constatando que não houve diferença estatisticamente significativa entre as duas medições. Baseados nos resultados, os autores afirmaram que o Apit<sup>®</sup> é um aparelho que determina com segurança um nível ideal para a instrumentação do canal radicular.

CZERW; FULKERSON; DONELLY, em 1994, apresentaram 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 dos canais radiculares, os mesmos 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 da ponta de uma lima tipo K n<sup>o</sup> 10 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., em 1994, avaliaram clinicamente a eficiência do Apit<sup>®</sup> na determinação do comprimento de trabalho. Foram utilizados 60 dentes indicados para o tratamento endodôntico. As medições foram realizadas em casos de necropulpectomia com e

---

sem lesão e também em casos de biopulpectomia. Inicialmente, os canais radiculares foram preenchidos com hipoclorito de sódio a 1% para, então, proceder-se às leituras com o aparelho. O instrumento endodôntico era acoplado ao aparelho e inserido no canal radicular até o ponteiro do visor localiza-se na porção central. Neste momento, o instrumento era mantido em posição para que a tomada radiográfica pela técnica da bisettriz fosse realizada. Na imagem radiográfica era medida a distância entre a ponta do instrumento e o ápice radicular com o objetivo de avaliar a precisão do aparelho. Para os casos de biopulpectomia, a precisão do aparelho foi de 94,7%, indicando a distância de 1,0mm entre a ponta do instrumento e o ápice radicular. Nos casos de necropulpectomia sem lesão, a ponta do instrumento se localizou a 1,0mm aquém do ápice radicular em 91,3% dos casos, enquanto em 8,7% a distância variou de 1,0 a 2,0mm aquém do ápice. Já nos casos de necrose pulpar com lesão periapical as medições registraram a distância de até 1,0mm aquém do ápice em 83,3% casos, variando de 1,0 a 2,0mm em 11,1% e sendo igual ou maior a 2,0mm em 5,6% dos casos. Considerando os resultados obtidos, os autores afirmaram que o Apit<sup>®</sup> possuía uma confiabilidade por volta de 98,3%.

Em mais um estudo realizado em 1994, PALLARÉS; FAUS testaram dois localizadores apicais eletrônicos (Endocater e Odontometer) cujo funcionamento baseava-se no princípio da impedância. Foram utilizados 116 canais radiculares de 34 molares (20 superiores e 14 inferiores) indicados para extração por razões periodontais e/ou protéticas e que atendiam alguns pré-requisitos, tais como: coroas sem a presença de grandes restaurações, raízes sem curvaturas excessivas, que poderiam dificultar o acesso da lima ao ápice radicular e dentes com rizogênese completa. Após os procedimentos de anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária, foram realizadas as medições sem que fosse feita a remoção do conteúdo pulpar do canal radicular. Posteriormente, esse conteúdo foi removido, os canais radiculares irrigados com hipoclorito de sódio a 0,5% e, em seguida, secos com cones de papel absorvente para que novas medições fossem feitas com os aparelhos. Os resultados indicaram que tanto o Endocater como o Odontometer apresentaram uma queda na precisão das leituras na presença de conteúdo pulpar no canal radicular, registrando índices de 88,73% (Endocater) e 79,30% (Odontometer). Quando as medidas foram feitas com os canais radiculares secos, o índice de precisão foi de 89,60% para o Endocater e 84,80% para o Odontometer. Além disso, os autores observaram que uma quantidade maior de resultados precisos ocorreu em canais radiculares mais amplos e retos.

Ainda, em 1994, COUTINHO; SIQUEIRA avaliaram “*in vivo*” a precisão de leituras realizadas com o Apit<sup>®</sup>. Os autores utilizaram 40 dentes unirradiculados indicados para

extração, sendo 20 com vitalidade pulpar e 20 com polpa necrosada. Todos os dentes apresentavam raízes completamente formadas, a coroa apresentava um nível razoável de aproveitamento e o forame apical permitia a passagem de uma lima tipo K nº 10, que segundo os autores era um fator indispensável para a sensibilização do aparelho. Realizadas as medidas eletrônicas, os dentes foram extraídos e os resultados obtidos comparados com o comprimento real dos dentes. Dentro de um limite de variação de 0,0 a 0,3mm aquém do ápice radicular, as medidas coincidiram em 100% dos casos, levando os autores a concluir que o Apit<sup>®</sup> não mostrou alteração nos resultados entre polpa viva e necrosada, sendo de grande auxílio no tratamento endodôntico, principalmente em pacientes em que a realização de radiografias é dificultada por diversos motivos.

GUTMANN; LEONARD, 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 constrição apical, os autores apontaram as dificuldades de localização desse ponto quando se utiliza apenas o método radiográfico. No sentido de superar os problemas advindos da técnica radiográfica, relataram o desenvolvimento da técnica eletrônica, ressaltando a precisão e a confiabilidade do método. Complementaram o estudo destacando que reabsorções apicais, provenientes de lesões apicais inflamatórias, podem comprometer a eficiência do método, devido à perda da constrição apical. Em casos assim, recomendaram a utilização dos métodos radiográfico, eletrônico e sensibilidade tátil do operador em, conjunto, no intuito de encontrar a posição ideal do limite apical de instrumentação.

KOBAYASHI, em 1995, analisou a evolução do método de medição eletrônica de canais radiculares, relatando o desenvolvimento dessa técnica, mostrando as vantagens e desvantagens, as características de cada aparelho, assim como os princípios de funcionamento utilizados pelos mesmos, iniciando pelo método da resistência proposto por SUNADA. Alguns detalhes sobre a técnica operatória dos aparelhos baseados na frequência foram comentados, principalmente na utilização clínica do Apit<sup>®</sup> e do 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 dentes com rizogênese incompleta, recomendou a técnica radiográfica, dada a impossibilidade de mensuração eletrônica. Foram, ainda, descritas aplicações do Root ZX<sup>®</sup> adaptado à unidade ultrassônica (Solfy ZX) e a um protótipo de micro-motor elétrico com redução de velocidade para a técnica de instrumentação mecanizada rotatória.

---

Em 1995, ARORA; GULABIVALA realizaram um estudo “*in vivo*” com a finalidade de avaliar a precisão da medição de dois modelos de localizadores apicais eletrônicos, baseados em princípios diferentes. Estudaram, também, a possível influência do conteúdo pulpar do canal radicular nas leituras. Os aparelhos avaliados foram o RCM Mark II, baseado no princípio da resistência, e o Endex, baseado no princípio da frequência. Foram utilizados dentes com indicação prévia de extração por motivos ortodônticos, periodontais ou protéticos, num total de 61 canais radiculares. Após a realização dos procedimentos de anestesia, isolamento absoluto 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 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 em 81,8% dos casos com necrose pulpar. Nos casos em que o canal radicular apresentava pus e/ou outro exsudato e, também, quando estava preenchido com hipoclorito de sódio ou água destilada, o índice de acerto foi de 100%. No total, o Endex registrou uma média de acerto de 93,4%. O aparelho RCM Mark II foi preciso na localização do forame apical ( $\pm 1,0\text{mm}$ ) em 68,9% dos casos. Na presença do hipoclorito de sódio no canal radicular, o RCM Mark II atingiu a precisão em apenas 20% dos casos, demonstrando uma grande alteração na qualidade da leitura deste aparelho quando soluções eletrolíticas encontram-se presentes. Os autores apontaram o Endex como sendo mais preciso na localização eletrônica do forame apical quando comparado ao RCM Mark II, sugerindo a utilização do método eletrônico juntamente com o radiográfico para a determinação da localização do forame apical.

Analisando “*in vitro*” alguns tipos de localizadores apicais eletrônicos, CZERW et al., em 1995, realizaram experimentos para avaliar 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 em um 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, outro aparelho foi avaliado (Exact-a-plex, baseado no princípio da resistência) sob condições de presença de água destilada no canal radicular. 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 leituras mais confiáveis em relação aos demais aparelhos testados.

Ainda, em 1995, SOUSA NETO et al. avaliaram, clinicamente o Apit<sup>®</sup> para determinação da odontometria em 170 pacientes que se apresentaram na clínica da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP, totalizando 282 canais radiculares. 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 uso correto do mesmo, por meio de vários experimentos preliminares “*in vivo*”. Ao serem realizadas as medições, obtiveram-se 98,5% de acerto na odontometria eletrônica, confirmado pelo método radiográfico. O comprimento de trabalho foi considerado preciso quando a lima estava situada a 1,0mm aquém do ápice radicular. Os autores afirmaram que o Apit<sup>®</sup> é eficiente, prático e rápido na determinação do comprimento de trabalho, desde que o operador seja treinado para tal esteja atento aos fatores que possam alterar a medição eletrônica. Relataram, também, que a odontometria eletrônica facilita a obtenção da medida dos dentes que apresentam ápices com dificuldade de visualização radiográfica, assim como diminui o número de tomadas radiográficas necessárias para o tratamento endodôntico.

Em 1996, PRATTEN; MCDONALD compararam a capacidade de localização apical entre os métodos radiográfico e eletrônico (Endex). O estudo foi realizado em cadáveres, posicionando-se um instrumento endodôntico 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 da lima na posição indicada, e avaliados microscopicamente. Durante essa avaliação, para a localização da constrição apical subtraiu-se 0,5mm da leitura do localizador apical, conforme recomendação do 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 tecidos vivos e fixados.

LAUPER; LUTZ; BARBAKOW, em 1996, compararam dois localizadores apicais baseados em princípios diferentes, isto é, o Apit<sup>®</sup> (frequência) e o Odontometer (impedância), quanto à capacidade de localização do forame apical. As medições foram realizadas em 22 dentes (13 incisivos, 1 pré-molar e 8 molares) com indicação para extração por motivos ortodônticos ou periodontais, totalizando 30 canais radiculares. Desses, 27 responderam

---

positivamente ao teste de sensibilidade e 3 não. Primeiramente, foi obtido o valor correspondente à mensuração com o Odontometer (canal seco) e, posteriormente, com o Apit<sup>®</sup> (canal preenchido com hipoclorito de sódio a 1%). Para cada medida realizada, foi utilizada uma lima tipo K n<sup>o</sup> 10 ou n<sup>o</sup> 15 que era, então, fixada à câmara pulpar com resina acrílica. O conjunto lima-resina era, posteriormente, removido para que o mesmo dente fosse medido com o outro aparelho. Após a extração dos dentes, o conjunto lima-resina acrílica correspondente ao aparelho estudado era reinsertado na cavidade pulpar até a correta adaptação ao 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 apical foi realizada. Os resultados obtidos indicaram medidas médias com o Apit<sup>®</sup> de 0,14mm ( $\pm 0,27$ mm) além do forame apical, e com o Odontometer de 0,36mm ( $\pm 0,71$ mm) aquém do forame apical. Apesar de o Apit<sup>®</sup> apresentar, com mais frequência, leituras posicionadas 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 localização do forame apical mais confiável que o Odontometer.

KATZ; MASS; KAUFMANN, em 1996, estudaram “*in vitro*” a precisão do Root ZX<sup>®</sup> para a localização eletrônica do forame apical em dentes decíduos. Vinte molares decíduos recém-extraídos foram montados em alginato usando um modelo desenvolvido pelos autores para a aferição. O comprimento real do dente foi determinado por meio da observação da passagem de um instrumento pelo forame apical. As medições foram feitas utilizando, como marcação, o ponto correspondente a 0,5mm aquém do limite apical. Cada dente foi medido variando-se o conteúdo do canal radicular. As variáveis foram as seguintes: 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 meios estudados. Os autores concluíram que, “*in vitro*”, o aparelho apresentou condições de medição em dentes decíduos, necessitando de testes “*in vivo*” para a completa comprovação da viabilidade clínica do aparelho.

SHABAHANG; GOON; GLUSKIN, em 1996, avaliaram a eficiência do Root ZX<sup>®</sup> “*in vivo*” utilizando, para tal, 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 no canal radicular e o forame apical foi observada por meio da microscopia eletrônica. Considerando o ponto relativo a 0,5mm aquém do forame



apical, o Root ZX<sup>®</sup> indicou, com precisão, a posição do forame apical em 17 canais (65,4%). A posição aquém do forame apical foi encontrada em um caso (3,8%), e em 8 casos além do forame apical (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%.

Também, em 1996, NGUYEN et al. realizaram um estudo com o aparelho Root ZX<sup>®</sup> para avaliar uma possível discrepância em medidas realizadas com instrumentos endodônticos de pequeno calibre (lima n<sup>o</sup> 10) e de grande calibre (lima n<sup>o</sup> 60) em canais radiculares com o forame apical ampliado. Foram utilizados 21 dentes unirradiculados que foram medidos, inicialmente, utilizando uma lima n<sup>o</sup> 10 inserida no canal radicular até que sua ponta fosse visualizada no forame apical, obtendo-se, assim, o comprimento real do dente. Para a medição com o Root ZX<sup>®</sup>, os dentes foram inseridos em alginato e, utilizando-se uma lima n<sup>o</sup> 10, as medidas foram obtidas, com os canais radiculares secos. Três medições eletrônicas foram realizadas e um valor médio foi anotado, indicando, desta forma, o comprimento inicial do dente. Em seguida, os canais radiculares foram ampliados por meio de um sistema rotatório, alargando-se até o limite da constrição apical com o instrumento de diâmetro n<sup>o</sup> 60. Então, os canais radiculares foram medidos novamente, com as limas n<sup>o</sup> 10 e n<sup>o</sup> 60. Os resultados indicaram que, em média, o comprimento inicial do dente foi 0,45mm mais curto que o comprimento real do dente (desvio padrão de  $\pm 0,33$ mm). As diferenças entre as medidas feitas com as limas n<sup>o</sup> 10 e n<sup>o</sup> 60, quando comparadas ao comprimento inicial do dente, não foram estatisticamente significante. Os autores afirmaram que, em um canal radicular ampliado, onde uma lima se ajusta ao mesmo, e uma consideravelmente mais fina, as mesmas apresentaram resultados semelhantes nas leituras realizadas com o Root ZX<sup>®</sup>.

PILOT; PITTS, em 1997, realizaram um estudo “*in vivo*” para determinar as mudanças nos valores de impedância sob variações de frequência em relação à posição da lima no canal radicular e às soluções irrigadoras utilizadas. Após a determinação do comprimento do dente, uma série de limas foi posicionada em comprimentos variando de 3,0mm aquém até 0,5mm além do forame apical. 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 70%, solução de EDTA a 14,45%, soro fisiológico, hipoclorito de sódio a 5,25% e canal seco). Não houve diferença estatisticamente significante na variação da impedância, a partir de valores de frequências diferentes. A maior variação na impedância ocorreu a aproximadamente 0,25mm aquém do forame apical, sendo que líquidos condutores de corrente elétrica proporcionaram menores

mudanças nos valores de 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 de instrumentação e obturação devem ficar limitados. Soluções apresentando boa condutibilidade elétrica possibilitam um maior contato com os tecidos periapicais, levando a uma variação mínima da impedância. Os autores sugeriram que novas medições fossem realizadas e, desta vez, extraído-se os dentes, para uma avaliação mais precisa da localização do forame apical.

Também, em 1997, KOBAYASHI; YOSHIOKA; SUDA apresentaram um novo aparelho, denominado Tri Auto ZX<sup>®</sup>, constituído por um micro-motor elétrico destinado à instrumentação dos canais radiculares a partir da utilização de instrumentos de níquel-titânio em baixa rotação (240-280rpm). Possui, também, um módulo interno que permite a medição eletrônica do canal radicular, semelhante ao Root ZX<sup>®</sup>. Desta forma, o Tri Auto ZX<sup>®</sup> permite monitorar o limite apical de instrumentação durante o preparo do canal radicular. O aparelho ainda possui um sistema de auto-reverso, que permite a reversão do movimento rotatório do instrumento quando este atinge o ápice radicular.

Ainda, no ano de 1997, VAJRABHAYA; TEPMONGKOL avaliaram “*in vivo*” a precisão do Root ZX<sup>®</sup> em 20 dentes unirradiculados de pacientes com indicação prévia de extração por motivos periodontais ou ortodônticos. Após anestesia, isolamento absoluto e abertura coronária, foi feita a extirpação pulpar e os canais irrigados com solução salina, sendo que o excesso foi removido da câmara pulpar com uma bolinha de algodão. A medição com o aparelho foi realizada utilizando limas nº 15 e/ou nº 25, dependendo do diâmetro do forame apical. As limas, acopladas ao aparelho, eram inseridas no canal radicular até o display digital indicar 0,5mm. Após a fixação das limas em posição, com resina fotopolimerizável, os dentes foram cuidadosamente extraídos. A distância entre a ponta do instrumento e o forame apical foi medida com o auxílio de um microscópio óptico após o desgaste de uma parede da porção apical dos dentes. As medições foram consideradas aceitáveis quando essa medida estava entre 0,0 e 1,0mm aquém do forame apical. Já, quando as medidas estavam localizadas além do forame apical em 0,5mm ou, então, mais curtas que 1,0mm, foram consideradas inaceitáveis. Uma amostra foi perdida durante o processo de desgaste da porção apical. Dos 19 casos restantes, 15 (78,94%) estiveram numa média de 0,2mm aquém do forame apical, 3 casos (15,78%) tiveram leitura coincidente com o forame apical e apenas um (5,26%) apresentou a ponta do instrumento localizada além do forame apical em 0,1mm. Os autores concluíram que o Root ZX<sup>®</sup> pode localizar o forame apical, mas

não a constrição apical. Apesar de o Root ZX<sup>®</sup> ter apresentado um índice de precisão de 94,72%, os autores não excluíram a necessidade das tomadas radiográficas para fornecer informações da morfologia do canal radicular e, também, das estruturas anatômicas adjacentes.

PAGAVINO; PACE; BACCETI, em 1998, também avaliaram “*in vivo*” a capacidade de precisão do Root ZX<sup>®</sup> em localizar o forame apical. Foram utilizados 29 dentes indicados para extração, todos com vitalidade pulpar. As coroas dentais sofreram um desgaste prévio, de grande extensão, para que o acesso ao canal radicular fosse facilitado, sendo utilizadas brocas de Gates-Glidden para o alargamento da embocadura dos canais radiculares. Após esses procedimentos, foi feita a irrigação dos canais radiculares utilizando-se solução de hipoclorito de sódio a 2,5% removendo-se, em seguida, o excesso de solução por meio de aspiração. Em seguida, limas endodônticas de calibres variando do n<sup>o</sup> 08 ao n<sup>o</sup> 15 foram, subsequentemente, colocadas no canal radicular e as medidas foram registradas de acordo com as recomendações do fabricante. As limas foram inseridas no canal radicular até que a inscrição “APEX” aparecesse no display do aparelho. Após essa indicação, as limas foram fixadas em posição com resina fotopolimerizável e tiveram seus cabos cortados. Após a extração dos dentes, os ápices foram observados e fotografados por meio de estereomicroscopia com aumento de 40 vezes. Posteriormente, as raízes foram preparadas para serem estudadas por meio da 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 estava desviado desse eixo. Com um nível de tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ , a média de precisão clínica do Root ZX<sup>®</sup> foi de 82,75%. Quando o nível de tolerância foi ampliado para  $\pm 1,0\text{mm}$ , o índice de acerto do aparelho foi de 100%. O erro na medição foi significativamente menor nos casos em que o forame apical seguia o longo eixo do dente (grupo A). Os autores recomendaram que, após o display indicar a localização “APEX”, a lima deve ser recuada por volta de 0,5 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., em 1998, avaliaram o Root ZX<sup>®</sup> em 29 dentes indicados para extração por razões protéticas ou periodontais, totalizando 35 canais radiculares. Uma vez obtida a leitura na posição “APEX”, deslocava-se o instrumento até o visor indicar a posição constrição. A aferição do método foi realizada a partir da fixação da lima em posição, extração do elemento dentário e visualização da ponta do instrumento em relação à posição da constrição apical. Relacionando-se a distância entre a ponta da lima e a constrição apical, ela foi menor que 0,25mm em 18 casos (52,9%), 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, enquanto nos casos de polpas necróticas esta porcentagem foi de 23,5%, não sendo esta diferença estatisticamente significativa. Em duas medições, em casos de polpa necrótica, a lima estava posicionada 1,5mm além da constrição apical. Os autores relacionaram estes casos ao fato desses dentes apresentarem imagens radiolúcidas características de lesão periapical, sugerindo a ausência de constrição apical nesses dentes e, portanto, dificultando a obtenção da leitura eletrônica. Assim, concluíram que o Root ZX<sup>®</sup> foi preciso, sob o ponto de vista clínico, em 94% dos casos estudados, não havendo diferença estatística significativa entre as leituras feitas em casos de polpa viva ou necrótica.

Em 1999, OUNSI; NAAMAN realizaram um estudo “*in vitro*” com o objetivo de comparar o comprimento real do dente com o comprimento obtido com a leitura eletrônica realizada com o Root ZX<sup>®</sup>. Foram utilizados 39 dentes extraídos, unirradiculados, com os ápices completamente formados. A determinação do comprimento real do dente foi obtida visualmente por meio da observação da ponta de uma lima n<sup>o</sup> 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. Durante a medição os canais radiculares foram mantidos úmidos com hipoclorito de sódio a 5,25%. Foram registradas medições quando o visor digital indicava a posição 0,5mm aquém do forame apical e, também, na posição “APEX”. As duas medidas foram comparadas ao comprimento real do dente. Os autores concluíram que o Root ZX<sup>®</sup> não deve ser usado como indica o fabricante, isto é, alcançar a medida “APEX” e recuar 0,5mm. Segundo os autores, o aparelho é capaz de detectar o forame apical, e não a posição de 0,5mm aquém dele. Afirmaram, ainda, que o clínico deveria atingir a marca “APEX” no aparelho, remover a lima do canal radicular e, então, subtrair 0,5 ou 1,0mm, de acordo com o seu interesse.

WEIGER et al., em 1999, compararam o Root ZX<sup>®</sup> e o Apit<sup>®</sup>, quanto à capacidade localizar, com precisão, a constrição apical na presença de vários fluidos no canal radicular. O estudo foi realizado “*in vitro*” e utilizou 46 dentes unirradiculados. A patência dos forames apicais foi checada com uma lima n<sup>o</sup> 06, e a visualização da ponta do instrumento no forame apical, com o auxílio de uma lupa, serviu para determinar o comprimento do canal radicular. Três tipos de soluções irrigadoras foram utilizados: NaOCl a 1%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3% e NaCl a 0,9%. Os dois aparelhos demonstraram, na posição “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>. Nestes casos, verificaram que o Root ZX<sup>®</sup> apresentou medições mais precisas.

Também, em 1999, IBARROLA et al. desenvolveram um estudo para avaliar se a realização de desgaste dentinário nos terços cervical e médio dos canais radiculares, antes da medição com o localizador apical eletrônico melhoraria a sua eficiência. Neste estudo, o aparelho avaliado foi o Root ZX<sup>®</sup>. Trinta e dois canais foram divididos em dois grupos (1 e 2). O grupo controle (1) não foi manipulado antes de se realizarem as leituras. No grupo 2, o desgaste nos terços cervical e médio dos canais radiculares foi feito com um instrumento rotatório Profile taper .04. Os resultados indicaram que o grupo 2 apresentou uma diferença estatisticamente significativa quando comparado ao grupo controle ( $p=0,015$ ). Como conclusão, os autores afirmaram que o Root ZX<sup>®</sup> apresentou resultados mais consistentes quando os terços cervical e médio dos canais radiculares foram desgastados previamente às medições.

FOUAD; REID, em 2000, realizaram um estudo comparando a utilização dos métodos radiográfico e eletrônico (Root ZX<sup>®</sup>) na determinação da odontometria durante o tratamento endodôntico. Foram utilizados 58 canais radiculares de 36 dentes de pacientes da clínica de Endodontia, sendo o tratamento realizado por alunos de graduação. Inicialmente, foi feita a odontometria de todos os canais radiculares, utilizando-se radiografias pré-operatórias e medições eletrônicas. Ficou estipulado que os estudantes deveriam determinar a odontometria por meio do método radiográfico ou eletrônico, 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 dos canais radiculares consideradas aceitáveis quando estavam no intervalo entre 0,0 e 2,0mm aquém do ápice radiográfico. Em três dentes não foi possível realizar a medição eletrônica devido à obstrução dos canais, o que serviu para excluí-los do estudo. Concluiu-se que, nos casos em que a odontometria foi determinada utilizando-se o método eletrônico, os resultados foram melhores. Apesar de não ser estatisticamente significativa ( $p=0,07$ ) o número de radiografias utilizadas durante o tratamento foi menor no grupo que fez uso do localizador apical eletrônico.

Em 2000, MARTINEZ et al. compararam a precisão na determinação do comprimento de trabalho entre o aparelho Justy II e o método radiográfico, “*in vivo*”. Fizeram parte do estudo 52 canais radiculares de 35 dentes, sendo que 11 apresentavam imagem radiolúcida periapical. As limas tipo K acopladas ao aparelho foram inseridas no canal radicular 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 radiografia era realizada. As medidas localizadas entre 0,5 e 1,0mm aquém do ápice radiográfico foram

---

consideradas corretas. Os resultados obtidos indicaram coincidência entre as medidas eletrônicas e radiográficas em 63,5% dos casos; em 15,4% as medidas eletrônicas foram menores que as radiográficas, em média, de 0,5 a 1,0mm e, em 21,1% dos casos as medidas eletrônicas foram maiores. Concluíram que os localizadores apicais eletrônicos permitem a realização de medidas objetivas do canal radicular, mas não substituem totalmente as radiografias.

Também, em 2000, FERREIRA et al. avaliaram clinicamente a eficácia do Apit<sup>®</sup> 5 em relação à técnica radiográfica. Foram utilizados 225 dentes, sendo 103 anteriores, 90 pré-molares e 32 molares, totalizando 348 canais radiculares, dos quais 140 tinham vitalidade pulpar e 208 apresentavam-se necrosados. Destes, 147 apresentavam lesões periapicais. Os resultados demonstraram que em 94,2% dos casos de biopulpectomia houve concordância do comprimento estabelecido quando comparado à imagem radiográfica. Já, nos casos de necrose pulpar, na presença ou não de lesão, observou-se uma concordância de 96,3% dos resultados. Os autores concluíram que os localizadores apicais eletrônicos auxiliam na determinação do comprimento de trabalho, diminuindo o tempo do tratamento endodôntico e a quantidade de radiografias utilizadas.

MARTÍNEZ-LOZANO et al., em 2001, compararam dois métodos radiográficos (filme convencional e radiografia digital) com um localizador apical eletrônico (Apit<sup>®</sup> EM-S3) na determinação do comprimento de trabalho. Foram utilizados 28 canais radiculares de 20 dentes humanos extraídos. O método eletrônico mostrou-se satisfatório em 68,7% dos casos, enquanto os métodos radiográficos apresentaram índices de acerto em 50,6% para o digital e 61,4% para o convencional. Concluíram que nenhum dos métodos avaliados foi totalmente satisfatório em estabelecer o comprimento de trabalho e, também, não houve diferença estatística entre os métodos.

Em 2001, JENKINS et al. realizaram um estudo “*in vitro*”, utilizando o modelo preconizado por DONELLY, com o objetivo de avaliar a precisão do aparelho Root ZX<sup>®</sup> na presença de várias soluções irrigadoras. Foram utilizados 30 dentes unirradiculados, que tiveram o comprimento real medido por meio da visualização da ponta de uma lima no forame apical, com o auxílio de um microscópio clínico. Os irrigantes testados foram: lidocaína a 2%, hipoclorito de sódio a 5,25%, RC Prep, EDTA, água oxigenada a 3% e o Peridrex (clorexidina a 12%). Os resultados mostraram que não houve diferença estatística nas medições realizadas com as soluções irrigadoras testadas.

Em outro estudo realizado em 2001, HILÚ comparou “*in vivo*” os métodos radiográfico e eletrônico na determinação da odontometria. Para isso, foram utilizados 91

canais radiculares, sendo 60 com polpas vitais, 21 não vitais e 16 retratamentos. Não se levou em consideração o sexo ou a idade dos pacientes, e sim apenas o fato de os ápices estarem completamente formados. O aparelho utilizado para as medições foi o Foramatron IV. As leituras eram consideradas válidas quando o aparelho indicava que a ponta do instrumento utilizado para realizar a medição eletrônica estava a 1,0mm aquém do ápice radiográfico, com uma tolerância de  $\pm 0,5$ mm. Em todos os casos os canais radiculares foram irrigados com NaOCl a 2,5%. Os resultados obtidos indicaram que 54,64% das medições foram consideradas aceitáveis, não havendo diferença estatística entre polpas vitais, não vitais e casos de retratamento. O autor concluiu que a realização de uma radiografia para confirmação do comprimento de trabalho ainda se faz necessária, deixando-se o método eletrônico para situações duvidosas, sendo, portanto, uma ferramenta auxiliar na determinação da odontometria.

ELAYOUTI; WEIGER, LÖST, em 2001, avaliaram a frequência de sobre-instrumentação em dentes nos quais radiografias demonstravam que o comprimento de trabalho estava entre 0,0 e 2,0mm mais curto que o ápice radiográfico. Foram utilizados 91 dentes entre pré-molares, molares e incisivos, totalizando 196 canais radiculares. Dentes com reabsorção apical visível radiograficamente foram excluídos. Os resultados mostraram que, para os dentes anteriores, não houve qualquer caso em que a lima tenha ultrapassado o forame apical. Nos pré-molares a frequência de medida que esteve além do forame apical foi de 51%, e nos molares este índice foi de 22%. Concluiu-se que, radiograficamente, um comprimento de trabalho apresentando-se entre 0,0 e 2,0mm aquém do ápice radiográfico não garante que a instrumentação além do forame apical será evitada.

Em 2002, os mesmos autores realizaram um novo estudo que, desta vez, avaliou a capacidade do Root ZX<sup>®</sup> em evitar a sobre-medida em 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 n<sup>o</sup> 06, totalizando 43 canais radiculares. O comprimento do dente foi medido pela introdução de uma lima n<sup>o</sup> 06 no canal até que sua ponta fosse vista no forame apical com o auxílio de um estereomicroscópio com aumento de 15X. A determinação do comprimento de trabalho pelo método radiográfico foi feita utilizando-se um dispositivo onde cada dente foi radiografado três vezes, sendo uma radiografia pré-operatória pela técnica do paralelismo, outra com uma lima n<sup>o</sup> 10 ou 15 no interior do canal a uma distância de 2,0mm menor que o comprimento da imagem do dente da primeira radiografia e uma final, com o comprimento real de trabalho. A medição eletrônica foi feita 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 sendo encontrada diferença estatística significativa. Os autores afirmaram 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., em 2002, apresentaram um trabalho “*in vitro*” objetivando avaliar o efeito da experiência do operador e do preparo do terço cervical do canal radicular na precisão dos resultados de três diferentes modelos de localizadores apicais. As medições eletrônicas foram feitas com os aparelhos Root ZX<sup>®</sup>, Bingo 1020 e Apex Finder em modelos experimentais, onde os dentes ficaram montados em recipientes plásticos preenchidos com alginato manipulado recentemente. Havia três níveis de operadores: um já acostumado a realizar medições eletrônicas, outro que era 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 uma lima nº 20. Inicialmente, os espécimes foram medidos separadamente por cada operador com determinado aparelho, de acordo com as instruções dos fabricantes. Após cada operador realizar a leitura eletrônica com os três aparelhos, os canais radiculares tiveram seus terços coronários preparados com instrumento rotatório de níquel-titânio, e uma nova medição foi feita. Os resultados indicaram que o Bingo 1020 e o Apex Finder apresentaram maior precisão nas leituras antes do preparo cervical dos canais radiculares, ao contrário do Root ZX<sup>®</sup>. Concluíram, ainda, que quando os aparelhos são utilizados seguindo-se as instruções dos fabricantes, a experiência do operador não é um fator relevante.

No mesmo ano, TINAZ et al. apresentaram um novo modelo, simples e de baixo custo, para ser utilizado no ensino de demonstração e do manuseio dos localizadores apicais eletrônicos. Para isso, foram utilizados 3 dentes unirradiculados que foram armazenados em solução de formol a 10%. A medição eletrônica foi feita com o Root ZX<sup>®</sup>. Os dentes foram inseridos em um manequim de acrílico, que teve o fundo preenchido com alginato, de modo que os forames apicais entrassem em contato com esse material. O alginato foi colocado em excesso na porção inferior do manequim para que o eletrodo labial pudesse ser inserido no seu interior, assim, agindo como a mucosa bucal. Os forames apicais dos dentes haviam sido padronizados com os diâmetros de 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 era de grande utilidade no ensino do manuseio dos localizadores apicais eletrônicos, mas não recomendaram o seu uso em pesquisas.

Ainda, em 2002, TINAZ et al. apresentaram um estudo sobre o efeito do hipoclorito de sódio, em várias concentrações, na precisão da determinação do comprimento de trabalho com o Root ZX<sup>®</sup>. Foram utilizados 50 dentes unirradiculados, de humanos, que foram divididos em cinco grupos. Os dentes tiveram as coroas seccionadas a 2,0mm da junção cimento-esmalte. As concentrações de hipoclorito de sódio utilizadas foram de 5,25%, 2,65%, 1,0% e 0,5%. Para o grupo controle foi utilizada água destilada. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre os grupos, indicando que o Root ZX<sup>®</sup> não teve sua precisão alterada pelas diferentes concentrações de hipoclorito de sódio.

GOLDBERG et al., em 2002, avaliaram “*in vitro*” a precisão do Root ZX<sup>®</sup> em dentes com reabsorções apicais simuladas. No estudo foram utilizados 50 dentes unirradiculados, com ápices completamente formados, nos quais a reabsorção apical foi simulada utilizando-se uma broca carbide esférica número 3. Para a medição do comprimento real do canal radicular uma lima n<sup>o</sup> 15 foi inserida no mesmo até a sua visualização no forame apical. Dessa medida, subtraiu-se 0,5mm e anotou-se em fichas para comparação com a medida eletrônica, que foi feita introduzindo-se a lima no canal radicular até o display do aparelho indicar a posição “APEX” e, então, recuada para as posições 0,5mm e 1,0mm aquém do ápice. As medições eletrônica e manual foram realizadas separadamente por três operadores distintos (A, B e C). Os resultados obtidos indicaram diferenças estatísticas significantes entre os operadores A e B e entre A e C ( $p < 0,001$ ). A média, para o desvio das medidas visuais diretas dos canais radiculares foi de -0,46mm para o operador A, -0,68mm para o B e -0,60mm para o operador C. Os autores concluíram que o Root ZX<sup>®</sup> pode ser utilizado confiavelmente nas medições de dentes com reabsorção apical, e que as diferenças estatísticas entre os operadores pode ter ocorrido devido à variação na habilidade e na experiência no manuseio do aparelho.

Em 2002, GRIMBERG et al. realizaram um estudo em pacientes que tinham dentes indicados para extração para avaliar o desempenho do Tri Auto ZX, um aparelho desenvolvido para ser utilizado com instrumentos rotatórios de níquel-titânio. Os pacientes tinham entre 22 e 60 anos de idade, e 25 dentes foram utilizados. As medições foram feitas com limas n<sup>o</sup> 15 e a utilização do aparelho seguiu as instruções do fabricante. Várias medições foram realizadas: uma medição eletrônica (EL), na qual a lima foi inserida no canal radicular até que o led do aparelho, determinando a posição 0,5mm, acendesse; outra, utilizando-se instrumentos rotatórios até o momento em que o reverso automático (ARL)

---

fosse acionado e a medição manual após a extração do dente (AL) pela visualização da ponta da lima nº 15 no forame apical. Os resultados obtidos mostraram que EL foi coincidente ao ARL em todos os casos. Quando comparados AL com EL e ARL, a coincidência de resultados entre as três medidas foi de 40%. Nos casos em que não houve coincidência, AL indicou medidas mais longas em 56% dos casos ( $\pm 0,5\text{mm}$ ) e nos 4% restantes AL apresentou medidas mais curtas que EL e ARL ( $\pm 0,5\text{mm}$ ), com a diferença média sendo de  $-0,23\text{mm} \pm 0,32\text{mm}$  ( $p < 0,05$ ).

BRUNTON; ABDEEN; MACFARLAINE, em 2002, avaliaram se o uso do localizador apical eletrônico associado às radiografias na determinação do comprimento de trabalho seria capaz de reduzir a exposição aos raios X dos pacientes que se submetem ao tratamento endodôntico. Utilizaram 50 dentes unirradiculados (incisivos e caninos), divididos aleatoriamente em dois grupos com 25 dentes cada. No grupo A, o comprimento de trabalho foi determinado utilizando-se apenas a tomada radiográfica, enquanto no grupo B a obtenção foi feita pela associação dos métodos eletrônico e radiográfico. No método radiográfico (grupo A), o comprimento de trabalho era considerado correto quando a lima estava posicionada a 1,0mm aquém do ápice radiográfico. Caso a lima ficasse posicionada a 3,0mm aquém, uma nova radiografia era feita. Após as medições eletrônica e radiográfica os dentes foram seccionados e medidos com o auxílio de uma régua milimetrada. Para o grupo A, 14 radiografias foram refeitas, sendo que para o grupo B não houve necessidade de se refazer novas radiografias. Os resultados mostraram que o localizador apical eletrônico foi preciso na determinação do comprimento de trabalho a uma distância de 0,5mm aquém do forame apical em 11 dentes (44% dos casos), enquanto o método radiográfico só foi preciso em 15 dentes (60% dos casos). Os autores afirmaram que a associação dos métodos é de grande auxílio aos clínicos, principalmente àqueles com menos experiência.

Em 2002, OISHI et al. investigaram a possibilidade de localização da constrição apical dos canais radiculares utilizando um localizador apical eletrônico (Root ZX<sup>®</sup>). Para isso, foram utilizados 70 canais radiculares de dentes humanos extraídos nos quais não foi possível realizar a penetração da lima em toda a sua extensão. Baseados em análises microrradiográficas, esses 70 canais foram divididos em três grupos: grupo A – constrição nos 3,0mm do ápice radiográfico, totalizando 23 canais radiculares; grupo B – não constrito nos 3,0mm do ápice radiográfico, sendo 28 canais, e grupo C – constrito em mais de 3,0mm do ápice radiográfico, composto por 19 canais radiculares. Durante a medição, foi utilizado hipoclorito de sódio a 6% como solução irrigadora. A lima foi introduzida no canal radicular até a porção mais apical que pudesse atingir, quando, então, acoplava-se a lima ao analisador

de impedância e, em seguida, ao Root ZX<sup>®</sup>, e as medições das impedâncias eram realizadas e anotadas. Os resultados apontaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos A e B. Os autores concluíram que o Root ZX<sup>®</sup>, além de ser efetivo para a detecção do forame apical, também é capaz de detectar a constrição apical.

POMMER; STAMM; ATTIN, em 2002, realizaram um estudo “*in vivo*” utilizando o Apex Finder para determinar o comprimento de 171 canais radiculares, sendo que em 104 as polpas estavam vitais, 48 estavam necrosadas e 19 eram casos de retratamento. Realizada a odontometria com o aparelho, uma radiografia era feita para que, posteriormente, fosse medida a distância entre a ponta do instrumento e o ápice radiográfico. Em 86% dos canais radiculares avaliados a ponta da lima encontrava-se entre 0,5 e 1,5mm aquém do ápice radiográfico, conforme indicava o aparelho; para 5,8% dos casos a localização do instrumento estava entre 1,5 e 2,0mm aquém do ápice radiográfico e, em 6,4%, a ponta da lima estava a mais de 2,0mm de distância. O Apex Finder mostrou-se mais preciso na determinação da constrição apical em canais radiculares com vitalidade pulpar (93,9%) quando comparado aos não vitais (76,6%). Nos casos de retratamento a precisão do aparelho foi de 68,4%. Os autores afirmaram que o Apex Finder pode ser considerado altamente confiável na determinação do comprimento do canal radicular tanto em dentes vitais como não vitais.

KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, ainda em 2002, realizaram um estudo com o intuito de comparar dois localizadores apicais eletrônicos de terceira geração entre si e, também, com o método radiográfico. Para isso, foram utilizados 120 dentes humanos multi e unirradiculados extraídos, sendo que para os dentes multirradiculados apenas um canal foi escolhido, de maneira aleatória. Da mesma forma, foram divididos em dois grupos de 60 dentes. Para realizar a medição eletrônica os dentes foram colocados em caixas plásticas com alginato, sendo que cada caixa continha 10 dentes. Um grupo foi medido, primeiramente, com o Root ZX<sup>®</sup> e, em seguida, com o Bingo 1020, sendo os resultados anotados. No outro grupo, as medidas foram feitas com os aparelhos na ordem inversa ao primeiro grupo. Cada dente foi medido três vezes com cada aparelho, e uma média final foi tirada, indicando-se o resultado das medições com os localizadores apicais. Após a terceira medida, a lima foi deixada no canal radicular para a obtenção da radiografia e, em seguida, foi feita a instrumentação dos canais radiculares até a lima n<sup>o</sup> 40. Dividiram-se novamente os dentes, desta vez em seis grupos com vinte dentes, e novas medições foram realizadas, porém, com diferentes tipos de substâncias colocadas no canal radicular (xilol, clorexidina a 0,2%, EDTA a 17%, solução salina, hipoclorito de sódio a 3%) e em canais radiculares 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 houve diferença na ordem de utilização do aparelho e que o conteúdo do canal radicular influenciou na precisão de leitura dos aparelhos (foram mais próximas do comprimento real do dente com solução salina e EDTA) não existindo uma diferença clinicamente significativa. Relataram, também, que as medidas eletrônicas são mais próximas do comprimento real do dente do que as radiográficas.

Em 2002, LEE et al. apresentaram um novo circuito desenvolvido para realizar uma compensação automática para os possíveis erros nas medidas dos localizadores apicais eletrônicos, frente aos vários tipos de soluções eletrolíticas. Em estudos anteriores, os autores observaram tendências de haver medições mais curtas nos casos onde eram utilizadas soluções altamente eletrocondutoras e, por outro lado, medições mais longas nos casos em que as soluções irrigadoras existentes no canal radicular eram pouco condutoras de eletricidade. Foram testados clinicamente trinta e um canais radiculares de pacientes com dentes indicados para extração por motivos periodontais e/ou ortodônticos. As limas foram introduzidas nos canais radiculares até que o sinal “ÁPICE” fosse indicado pelo aparelho, para então, serem fixadas com cimento de ionômero de vidro e realizar a extração dos dentes. Após esse procedimento, a porção apical da raiz foi desgastada para se observar a posição da ponta da lima em relação ao forame apical e à junção canal-dentina-cimento com o auxílio de um microscópio clínico. Essas distâncias foram medidas e avaliadas estatisticamente. Os resultados indicaram que as distâncias estavam, em média, a -0,13mm aquém do forame apical (com uma variação de -1,28 a +0,46mm) e, quando a junção cimento-dentina-canal foi detectada, a distância média foi de +0,18mm (com uma variação média de -0,98 a +0,65mm). Dos 31 dentes avaliados, apenas em 14 foi possível a detecção do limite CDC por meio do microscópio. Os autores não observaram diferenças estatísticas nas leituras realizadas em dentes com forames apicais amplos ( $\geq 250\mu\text{m}$ ) e forames apicais de menor diâmetro ( $\leq 250\mu\text{m}$ ).

Ainda em 2002, MEARES; STEIMAN realizaram um estudo em 40 pré-molares humanos com ápices completamente formados com o objetivo de avaliar a influência do NaOCl na precisão de leitura do Root ZX<sup>®</sup>. Assim, os dentes foram montados em um dispositivo plástico onde as raízes ficaram submersas em solução salina para que houvesse a transmissão da corrente elétrica para a leitura do localizador apical. Foram feitas leituras sem a presença de NaOCl, com NaOCl a 2,125% e NaOCl a 5,25%. Na leitura do Root ZX<sup>®</sup> a 0,5mm do ápice radicular os resultados mostraram uma precisão de 81% para os canais radiculares secos, 83% para os casos com NaOCl a 2,125% e 85% quando utilizado NaOCl a

5,25%. Os autores concluíram que o Root ZX<sup>®</sup> não tem sua precisão influenciada pelo NaOCl.

WELK et al., em 2003, compararam dois modelos de localizadores apicais, tipo duas frequências (Root ZX<sup>®</sup>) e cinco frequências (Endo Analyser Model 8005) sob condições clínicas. Para verificar se havia consistência nas medições entre modelos similares, cada dente foi medido por 4 aparelhos de cada modelo. Fizeram parte do estudo 32 canais radiculares de 7 dentes de pacientes com idade entre 37 e 82 anos, sendo que os dentes estavam indicados para extração. Metade da porção coronária dos dentes foi removida para facilitar o acesso ao canal radicular e, também, permitir a manutenção de uma superfície plana para o apoio do limitador de penetração de silicone. O restante da porção coronária foi preparado com brocas de Gates-Glidden de n<sup>o</sup> 2 a n<sup>o</sup> 4 e Orifice Shaper<sup>®</sup> n<sup>o</sup> 50 a n<sup>o</sup> 30. Após as mensurações, as limas foram fixadas em posição com cimento de ionômero de vidro e os dentes extraídos. Para conferir a posição da lima em 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 por meio de um microscópio clínico. Em 90,7% dos casos, o forame apical menor foi detectado pelo Root ZX<sup>®</sup> ( $\pm 0,5$ mm) e em 34,4% pelo Endo Analyser Model 8005. A distância média entre a ponta da lima e o forame apical menor foi de 0,19mm para o Root ZX<sup>®</sup> e 1,03mm para o Endo Analyser Model 8005.

THOMAS; HARTWELL; MOON, em 2003, realizaram um estudo utilizando o Root ZX<sup>®</sup> com o objetivo de verificar se havia alguma alteração na medição eletrônica quando eram utilizados instrumentos manuais confeccionados de aço inox ou de níquel-titânio e rotatórios de níquel-titânio, num mesmo dente. O estudo foi feito em 20 dentes unirradiculados com ápices completamente formados. Utilizando-se os instrumentos citados, com calibres n<sup>o</sup> 20, 25 e 30, cada dente foi medido três vezes e a medida final foi considerada a média destas três medições. Segundo os autores, diferenças estatisticamente significantes entre os grupos testados foram encontradas ( $p < 0,0001$ ), mas a maior diferença encontrada (0,11mm) não foi considerada clinicamente significativa para alterar a medição do comprimento de trabalho.

Em 2004, HOER; ATTIN avaliaram a eficiência de dois localizadores apicais eletrônicos de terceira geração em determinar a constrição apical ou a distância entre o forame maior e o forame menor, sob condições clínicas. Foram utilizados 42 pacientes com extração dentária indicada por motivos periodontais e ortodônticos, totalizando 79 dentes e 91 canais radiculares. Com o aparelho Justy II foram medidos 51 canais radiculares e 42 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 apical, sendo que a maior distância encontrada entre a ponta do instrumento e o forame apical foi de 4,5mm. Para este mesmo intervalo o ENDY 5000 teve um índice de precisão de 81%, e a maior distância entre a ponta da lima e o forame apical foi de 3,5mm. De acordo com os autores, os dois aparelhos avaliados são capazes de identificar o intervalo da constrição apical ao forame apical com um alto grau de precisão.

KIM; LEE, em 2004, fizeram uma revisão de literatura sobre os localizadores apicais eletrônicos, desde o seu surgimento até a evolução dos vários tipos de aparelhos existentes, destacando os principais trabalhos executados, até então. Descreveram estudos correlacionando a influência dos vários tipos de irrigantes sobre a precisão dos localizadores apicais eletrônicos, assim como, o efeito da condição pulpar sobre a leitura dos aparelhos. Dentre os trabalhos citados, os autores também fizeram uma revisão onde avaliaram o efeito da influência do diâmetro do forame apical e da presença de reabsorções apicais em alguns dentes, na leitura com os localizadores apicais eletrônicos. Também foram relatados estudos sobre a capacidade de detecção de perfurações radiculares. Dentre as considerações clínicas, os autores relataram que o uso da radiografia não deve ser eliminado durante a odontometria, principalmente nos casos em que há uma instabilidade do sinal do aparelho, como nos casos de ápice incompleto, cáries muito extensas e grandes restaurações metálicas.

Em 2004, LUCENA-MARTIN et al. compararam a precisão de três localizadores apicais eletrônicos: Root ZX<sup>®</sup>, Justy II e Neosono Ultima EZ. Foram utilizados 20 dentes humanos unirradiculados extraídos por problemas periodontais, sem fraturas e com os ápices completamente formados. As medições foram feitas com dois operadores diferentes, sendo que a medida do comprimento real dos dentes foi determinada por um terceiro operador, por meio da inserção de uma lima nº 15 no canal radicular até a visualização da sua ponta no forame apical. As medidas obtidas pelos aparelhos foram anotadas em diferentes tabelas mantendo, assim, a individualidade dos resultados. Medidas que ficaram além do forame apical foram consideradas positivas, enquanto aquelas localizadas aquém do forame apical denominaram-se negativas, e leituras coincidentes foram consideradas como leituras corretas. Os resultados indicaram que as leituras positivas alcançaram o índice de 5% para os três localizadores apicais avaliados, com os dois operadores. Os aparelhos foram capazes de localizar o forame apical em cerca de 80 a 90% dos casos. Os autores afirmaram, ainda, que quando os localizadores apicais eletrônicos são utilizados de acordo com as instruções dos

fabricantes, não é necessária uma experiência prévia do operador para que se obtenham bons resultados na determinação do comprimento de trabalho.

Também, em 2004, GORDON; CHANDLER realizaram uma revisão em 113 artigos escritos na língua inglesa sobre os localizadores apicais eletrônicos. Os autores fizeram um levantamento dos estudos realizados que consideravam, desde a importância 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 radicular para a obtenção da medida do comprimento de trabalho, até a evolução dos aparelhos surgidos no mercado. Relataram, também, a importância da radiografia pré-operatória, apesar de os localizadores apicais eletrônicos terem demonstrado grande precisão na determinação da odontometria. Mencionaram, ainda, as metodologias utilizadas nos estudos “*in vivo*” e “*in vitro*”. Com relação aos trabalhos “*in vitro*”, os autores descreveram 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. Foram citadas, ainda, outras utilidades dos localizadores apicais eletrônicos como diagnóstico de perfurações e 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 na Endodontia. O limite cemento-dentina-canal é o ponto ideal para a preparação e a obturação do canal radicular, e este ponto não pode ser visualizado radiograficamente. Os localizadores apicais eletrônicos de última geração podem determinar esta posição com precisão de 90% ou mais, contudo, ainda possuem algumas limitações. A associação das duas técnicas pode ajudar os praticantes de Endodontia a alcançarem bons resultados.

Ainda, em 2004, GARCIA avaliou “*in vivo*” a precisão de um novo aparelho na determinação do comprimento de trabalho, denominado NovApex<sup>®</sup>. No estudo, foram utilizados 67 canais radiculares, sendo 42 com polpa vital e 25 com polpa necrótica. Os canais foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5% e o preparo cervical foi feito com brocas de 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, procedeu-se à realização de uma tomada radiográfica com a lima em posição, pela técnica da bisettriz. As medidas foram consideradas aceitáveis quando a ponta da lima estava situada a 0,5mm do ápice radiográfico, com uma tolerância de  $\pm 0,5$ mm. Dos 67 canais radiculares avaliados, foram observadas medições aceitáveis em 92,5% dos casos. Nos casos em que as leituras

---

foram consideradas inaceitáveis, 80% estavam localizados além do forame apical. Não foram observadas diferenças estatísticas entre polpas vitais e necróticas. O autor concluiu que, apesar dos resultados obtidos indicarem que o NovApex<sup>®</sup> foi muito eficiente na determinação do comprimento de trabalho, a utilização da radiografia é imprescindível no tratamento endodôntico, principalmente para a observação de estruturas anatômicas adjacentes, do calibre do canal radicular, sua direção, curvatura e posição.

VENTURI; BRESCHI, em 2005, compararam “*in vivo*” os localizadores apicais eletrônicos Apex Finder e Root ZX<sup>®</sup> em cinco diferentes estágios durante o processo de instrumentação do canal radicular. O estudo utilizou 64 canais radiculares de 37 dentes, com polpas vitais ou necróticas, com indicação prévia de extração. As medidas foram feitas nos seguintes momentos: estágio 1 – antes da instrumentação e da irrigação; estágio 2 – após uma leve instrumentação, irrigação com álcool isopropílico 70% e secagem parcial do canal radicular; estágio 3 – após a lubrificação do canal radicular com EDTA gel; estágio 4 – após a completa instrumentação e irrigação com NaOCl a 5%; estágio 5 – após a secagem do canal radicular. Os estágios 2,3 e 5 foram considerados de baixa condutividade elétrica e o estágio 4 de alta condutividade. Os dentes foram extraídos e uma lima n<sup>o</sup> 15 foi inserida no canal radicular até que sua ponta alcançasse o forame apical, sendo visualizada por meio de um estereomicroscópio, sendo essa medida comparada às medidas obtidas com os localizadores apicais eletrônicos. Das 640 medidas feitas, 133 foram consideradas instáveis, dentre as quais 68 relacionadas à baixa condutividade do canal radicular (mais frequentemente com o Root ZX<sup>®</sup>, em 67 medidas;  $p < 0,05$ ) e 67 relacionadas à presença do NaOCl no canal radicular (com maior frequência para o Apex Finder, em 58 medidas;  $p < 0,05$ ). A precisão foi avaliada somente em medidas estáveis. O Root ZX<sup>®</sup> mostrou medidas mais precisas ( $-0,03 \pm 0,39\text{mm}$ ), inclusive com significância estatística ( $p < 0,05$ ), em comparação ao Apex Finder ( $-0,31 \pm 0,46\text{mm}$ ). Porém, nas medidas realizadas com os canais radiculares secos, o Apex Finder foi mais preciso ( $0,0 \pm 0,21$ ) em relação ao Root ZX<sup>®</sup> ( $-0,05 \pm 0,32$ ). Os autores verificaram que o Apex Finder foi influenciado negativamente pela presença de NaOCl no canal radicular, enquanto o Root ZX<sup>®</sup> apresentou medidas instáveis sob condições de baixa condutividade elétrica.

Em 2005, GOLDBERG et al. avaliaram a precisão de três localizadores apicais eletrônicos em determinar o comprimento de trabalho em casos de retratamento. Vinte dentes unirradiculados, extraídos, de humanos, com ápices completamente formados, foram utilizados neste estudo. O comprimento do canal radicular de cada dente foi medido colocando-se uma lima n<sup>o</sup> 15 no canal até que a sua ponta fosse vista no forame apical. Esta



medida foi diminuída em 0,5mm e anotada. Os canais radiculares foram instrumentados e obturados pela técnica de condensação lateral, tendo como limite a medida visual do comprimento do canal radicular. Sete dias depois, os canais radiculares foram desobturados e medidos com os seguintes aparelhos: ProPex, NovApex<sup>®</sup> e Root ZX<sup>®</sup>, e novamente obturados. Comparou-se a medida visual do comprimento de trabalho à medida obtida pelos aparelhos durante o retratamento. Os índices de precisão, a 0,5mm do forame apical, foram de 80% para o ProPex, 85% para o NovApex<sup>®</sup> e 95% para o Root ZX<sup>®</sup>, subindo para 95, 95 e 100%, respectivamente, quando considerada a distância de 1,0mm aquém do forame apical. Os autores consideraram que os três aparelhos avaliados podem ser utilizados para a determinação do comprimento de trabalho em casos de retratamento.

Também, em 2005, BALDI avaliou a influência do diâmetro do forame apical e do instrumento endodôntico na leitura de dois localizadores apicais eletrônicos. Foram utilizados 40 incisivos inferiores, divididos em 4 grupos, de acordo com o diâmetro do forame apical (100, 200, 300 e 400µm). Após a abertura coronária e o acesso aos canais radiculares, realizou-se a medição do comprimento dos mesmos com o auxílio de um microscópio clínico com ampliação de 7,8X, da borda incisal até a ponta da lima visualizada 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 dois terços de suas raízes imersas na solução para que pudessem ser feitas as leituras com o Root ZX<sup>®</sup> e com o NovApex<sup>®</sup>. A medição foi feita utilizando-se limas n° 10 até que a distância de 0,5mm do ápice fosse indicada no display dos aparelhos. Outras medidas foram realizadas nos dentes utilizando-se lima n° 10 e limas com diâmetros correspondentes aos diâmetros dos forames apicais (200, 300 e 400µm). Os resultados demonstraram diferença estatística na precisão dos dois aparelhos, com um resultado mais preciso para as medidas feitas com o Root ZX<sup>®</sup> (p<0,05). Dentes com forame apical de menor diâmetro apresentaram uma medida mais precisa com o localizador apical, enquanto nos dentes com maior diâmetro a discrepância nas medidas também foi maior. O emprego de limas n° 10 nos dentes com forames apicais de diâmetros maiores apresentou maior precisão na medição quando comparado ao uso de limas coincidentes aos diâmetros dos forames apicais, no caso do Root ZX<sup>®</sup>. Para o NovApex<sup>®</sup>, esta correlação só passou a ocorrer a partir da lima n° 40.

Em 2006, FAN et al. avaliaram a precisão de três localizadores apicais eletrônicos (Root ZX<sup>®</sup>, ProPex e Neosono Ultima EZ) em medições realizadas em tubos de vidro, que simulavam canais radiculares. Assim, 48 tubos de vidro, com diâmetros diferentes e colocados em solução de ágar foram utilizados neste estudo. As medidas com os aparelhos

---

foram feitas nas seguintes condições: tubos secos, preenchidos com NaCl a 0,9%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 3%, NaOCl a 2,5% ou EDTA a 17%. A distância entre o comprimento real (CR) e o comprimento medido (CM) dos tubos foi anotada. Para avaliar a precisão dos localizadores apicais foram utilizadas as medidas CR  $\pm$  0,5mm e CR  $\pm$  1,0mm. Com os tubos secos, a precisão do Root ZX<sup>®</sup> variou de 75 a 91,7% para CR  $\pm$  0,5mm e foi de 100% para CR  $\pm$  1,0mm, enquanto que para os outros dois aparelhos todas as medidas ficaram localizadas na variação CR  $\pm$  0,5mm. Nenhuma influência na precisão dos aparelhos foi percebida quando houve um aumento do diâmetro do tubo de vidro, nas medidas com os tubos secos. Já nos casos em que soluções eletrolíticas foram colocadas nos tubos, a precisão do Root ZX<sup>®</sup> diminuiu à medida que o diâmetro do tubo aumentou. Para o Propex, a precisão variou de 75 a 100% para CR  $\pm$  0,5mm e foi de 100% para CR  $\pm$  0,5mm quando o diâmetro do tubo era inferior a 0,80mm. A precisão desse aparelho caiu em tubos com diâmetros superiores a 0,80mm e que continham NaOCl a 2,5% ou EDTA a 17% em seus interiores. Quando utilizado o Neosono Ultima EZ, com exceção de seis tubos, nos demais as medidas ficaram 1,0mm aquém do comprimento real, independentemente da solução irrigadora utilizada e do aumento do diâmetro do tubo. Os autores consideraram que tanto o Propex quanto o Neosono Ultima EZ foram mais precisos que o Root ZX<sup>®</sup> sob as condições em que o estudo foi realizado.

D'ASSUNÇÃO; ALBUQUERQUE; FERREIRA em 2006, compararam os aparelhos Root ZX<sup>®</sup> e NovApex<sup>®</sup> quanto à precisão na localização do forame apical. Quarenta dentes unirradiculados, extraídos, de humanos, com ápices completamente formados, foram utilizados no estudo. A porção cervical de cada canal radicular foi preparada com brocas de Gates-Glidden número 5 e 6, e o hipoclorito de sódio a 2,5% foi usado para irrigar os canais radiculares. O comprimento real do canal radicular foi medido por meio da inserção de uma lima 20 no canal até que sua ponta fosse vista no forame apical, utilizando-se uma lente de aumento de 5X. Para os localizadores apicais, as medidas foram obtidas conforme as instruções dos fabricantes. A análise estatística demonstrou que a porcentagem de acerto na localização do forame apical foi de 89,7% para o Root ZX<sup>®</sup> e 82,1% para o NovApex<sup>®</sup>, com tolerância de  $\pm$ 0,5mm na precisão das medidas, o que levou os autores a afirmarem que os dois aparelhos podem ser utilizados para se determinar, com precisão, a localização do forame apical.

Em 2006, PLOTINO et al. compararam a precisão de três localizadores apicais eletrônicos: Root ZX<sup>®</sup>, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e Propex, sendo utilizados 40 dentes unirradiculados extraídos, neste estudo. Após o acesso coronário, um operador determinou o comprimento dos canais radiculares da seguinte forma: colocação de

uma lima nº 15 no canal radicular até a visualização da sua ponta no forame apical, com o auxílio de um estereomicroscópio com aumento de 20X. Obtida essa medida, foi feita uma diminuição de 0,5mm da mesma. Cada medida foi repetida três vezes, e a média dessas medidas foi anotada como sendo o comprimento inicial do canal radicular. Todos os dentes foram, então, medidos com os três localizadores apicais e os resultados obtidos foram comparados com os correspondentes comprimentos iniciais, sendo que estas medidas foram subtraídas dos comprimentos obtidos com os aparelhos. Desta forma, as medidas que excederam o comprimento inicial foram consideradas positivas (longas), enquanto as medidas inferiores foram anotadas como negativas. Comparando as diferenças entre as medidas indicadas pelos três localizadores apicais e aquelas obtidas inicialmente, com o uso do estereomicroscópio, a porcentagem de acerto, com tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ , foi de 97,37% para o Root ZX<sup>®</sup> (das quais 84,22% foram inferiores ao comprimento inicial), de 94,28% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (com 88,57% das medidas inferiores ao comprimento inicial) e de 100% para o Propex (sendo 35,9% das medidas inferiores ao comprimento inicial). Os resultados confirmaram que os três aparelhos testados são capazes de determinar o comprimento do canal radicular com uma tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ .

Ainda, em 2006, EBRAHIM et al. avaliaram a influência do diâmetro da lima e da presença de sangue e/ou hipoclorito de sódio na precisão das medidas realizadas com o Root ZX<sup>®</sup> em canais radiculares alargados. Um total de 36 pré-molares inferiores foi utilizado neste estudo. No estágio 1, os canais radiculares foram instrumentados até a lima nº 40 e, então, divididos em dois grupos com 18 dentes cada. Os dentes foram colocados em ágar a 1% e os canais radiculares do grupo A foram irrigados com hipoclorito de sódio a 6%, enquanto os do grupo B foram irrigados com sangue humano. No estágio 2, a instrumentação foi ampliada até a lima nº 60 e até a nº 80 no estágio 3. Em cada estágio, o comprimento dos canais radiculares foi medido com o aparelho Root ZX<sup>®</sup> utilizando, desde a lima nº 10 até a lima referente a cada estágio, sendo o valor registrado quando o display do aparelho indicava a marcação "APEX". Os resultados indicaram que, conforme o diâmetro do canal radicular aumenta, a medida indicada por limas de menor diâmetro é menor do que a medida inicialmente registrada. Na presença de sangue, os autores sugeriram que limas mais próximas àquela que ficou designada como instrumento de memória sejam utilizadas para determinar o comprimento do canal radicular. Já na presença do hipoclorito de sódio, o Root ZX<sup>®</sup> mostrou-se bastante preciso mesmo quando limas de pequeno calibre foram utilizadas para medir canais radiculares com diâmetro amplo.

---

Em outro estudo realizado em 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA avaliaram “*ex vivo*” a capacidade de quatro diferentes localizadores apicais eletrônicos em determinar o comprimento de trabalho em dentes com vários diâmetros foraminais. Trinta e seis pré-molares inferiores foram divididos em 4 grupos com nove dentes cada. Nos grupos A, B e C, os canais radiculares foram instrumentados usando as limas #10-80, #10-100 e #10-120, respectivamente, sendo que as pontas das limas #80, #100 e #120 passaram pelo forame apical cerca de 1,0mm, em cada grupo. No grupo D, os canais radiculares foram instrumentados usando as limas #10-140, e a ponta desta última passou pelo forame apical cerca de 5,0mm. Desta forma, o diâmetro do forame apical para os grupos A, B, C e D foi de, aproximadamente, 0,82mm, 1,02mm, 1,22mm e 1,5mm, respectivamente. Os dentes foram colocados em ágar a 1% e a medição eletrônica foi feita com os aparelhos Root ZX<sup>®</sup>, Foramatron D10, Apex NRG e Apit 7, sendo utilizadas para o grupo A as limas #10 e #80, para o grupo B as limas #10 e #100, para o C os instrumentos #10 e #120 e no grupo D as limas utilizadas foram a #10 e a #140. Durante a realização das medidas eletrônicas, os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 6%. Os resultados mostraram que os quatro aparelhos avaliados foram incapazes de determinar o comprimento de trabalho em dentes com forames apicais muito amplos quando utilizada uma lima de pequeno calibre (neste caso, a lima #10). O Root ZX<sup>®</sup> e o Foramatron D10 apresentaram resultados significativamente melhores que os outros dois localizadores apicais e podem ser considerados mais confiáveis em determinar o comprimento de trabalho em dentes com forames apicais muito amplos, desde que sejam utilizadas limas com calibres próximos aos dos forames apicais para a realização da medição eletrônica.

Em 2007, os mesmos autores realizaram um novo estudo com o objetivo de comparar a precisão de cinco localizadores apicais eletrônicos em determinar o comprimento de trabalho em casos de retratamento. Trinta e dois dentes unirradiculados, extraídos, foram utilizados nesta pesquisa. O comprimento inicial do canal radicular foi determinado por meio da inserção de uma lima nº 10 ou 15 até a visualização da sua ponta no forame apical, com o auxílio de um microscópio digital com aumento de 20X. Dessa medida, subtraiu-se 0,5mm e determinou-se o comprimento de trabalho. Os canais radiculares foram instrumentados e divididos em dois grupos; o grupo 1 (n=6) serviu com controle, enquanto o grupo 2 (n=26) foi o grupo experimental. Neste grupo, os canais radiculares foram obturados utilizando-se guta-percha e cimento endodôntico AH 26, pela técnica da onda contínua de condensação (System B). Nos dois grupos, a abertura coronária foi restaurada com um material provisório e os dentes mantidos durante 15 dias em ambiente com 100% de umidade a 37°C. Após esse

período, o material obturador do canal radicular foi removido e os dentes montados em um aparato contendo ágar a 1% para a realização das medições eletrônicas. Os aparelhos avaliados foram: Dentaport ZX<sup>TM</sup>, ProPex, Foramatron D10, Apex NRG e Apit 7. Para a medição, para todos os aparelhos, foi utilizada uma lima n° 25 e os canais radiculares foram irrigados com hipoclorito de sódio a 2,5%. A diferença entre o comprimento inicial e o indicado pelos localizadores apicais foi calculada e anotada, para cada medida de cada aparelho. Os resultados mostraram que o Dentaport ZX<sup>TM</sup>, o ProPex e o Foramatron D10 foram mais precisos que os outros dois aparelhos em determinar o comprimento de trabalho após a remoção do material obturador do canal radicular.

SHANMUGARAJ et al., em 2007, avaliaram “*in vivo*” e “*ex vivo*” a precisão na determinação do comprimento de trabalho pelos métodos táctil, radiográfico e eletrônico. Trinta dentes unirradiculados indicados para extração fizeram parte da pesquisa. Primeiramente, foi feita uma radiografia pré-operatória e, em seguida, a abertura coronária dos dentes. O comprimento de trabalho foi determinado pelo método táctil, pelo método radiográfico utilizando a técnica de Ingle e por meio do uso do aparelho Foramatron IV no método eletrônico. Após as medições, os dentes foram extraídos e determinou-se o comprimento real de trabalho por meio da colocação de uma lima no canal radicular a 0,5mm aquém do ápice radicular. Os resultados indicaram que, dos três métodos comparados, o eletrônico foi o mais preciso na determinação do comprimento de trabalho.

BALDI et al., em 2007, analisaram a influência do meio em que os dentes eram colocados para a obtenção das medidas com os localizadores apicais eletrônicos. Trinta incisivos centrais superiores humanos, extraídos, foram utilizados neste estudo. Os dentes foram medidos introduzindo-se uma lima n° 15 no canal radicular até que a sua ponta fosse vista no forame apical. Essas medidas foram anotadas e, em seguida, todos os dentes foram colocados em tubos plásticos com diferentes conteúdos (ágar a 1%, gelatina, alginato, solução salina e uma esponja utilizada para arranjos florais embebida em solução salina). As medições eletrônicas foram realizadas com o Root ZX<sup>®</sup>. Os resultados indicaram que o alginato foi o meio que apresentou melhores resultados, pois apresenta uma boa eletrocondutividade e permanece ao redor da raiz, simulando o ligamento periodontal com sua consistência coloidal. Já a esponja utilizada em arranjos florais embebida em solução salina teve os piores resultados, inclusive com sobre-extensão das medidas.

Também em 2007, BERNARDES et al. compararam a precisão de três localizadores apicais eletrônicos, Root ZX<sup>®</sup>, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e RomiAPEX D-30, na determinação do comprimento do canal radicular. Quarenta dentes unirradiculados

---

extraídos, de humanos, foram, primeiramente, medidos pela colocação de uma lima nº 10 no canal radicular até a visualização de sua ponta no forame apical, com o auxílio de um microscópio com aumento de 8X. Em seguida, os dentes foram colocados em tubos plásticos contendo alginato e os canais radiculares foram medidos com três aparelhos até a indicação de 1,0mm aquém do forame apical. Os resultados mostraram que o Root ZX<sup>®</sup> foi preciso em 97,5% das medidas, o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator alcançou 95% de precisão e o RomiAPEX D-30 foi preciso em 92,5% dos casos.

HERRERA et al., em 2007, avaliaram a influência da constrição apical na precisão das leituras realizadas com o Root ZX<sup>®</sup> utilizando limas com diâmetros variados em dentes com três diferentes diâmetros de constrição apical: 0,37, 0,62 e 1,02mm. Dez dentes unirradiculados, extraídos, foram seccionados na junção cimento-esmalte e colocados em alginato. O comprimento inicial de trabalho foi determinado utilizando-se uma lima nº 10 acoplada ao Root ZX<sup>®</sup> até que o aparelho indicasse a posição “APEX” no display. A partir daí, a lima foi recuada até a localização da constrição apical. Durante a instrumentação dos canais radiculares foi feita a irrigação com ácido cítrico a 50% e hipoclorito de sódio a 5,25%. Primeiramente, os canais radiculares foram instrumentados até a lima nº 35 cerca de 1,0mm além do comprimento inicial de trabalho, sendo realizadas seis medidas, variando-se o diâmetro da limas (nº 10, 15, 20, 25, 30 e 35); em seguida, a instrumentação seguiu até a lima nº 60, também ultrapassando o comprimento inicial de trabalho em 1,0mm, e onze medições foram feitas (da lima nº 10 até a nº 60); por fim, os canais radiculares foram instrumentados até a lima nº 100, seguindo o mesmo padrão anterior, sendo obtidas quinze medidas com o Root ZX<sup>®</sup>. Vale ressaltar que cada medida foi feita em triplicata, e o valor médio das três foi utilizado para a análise estatística. Os resultados mostraram que nos diâmetros de 0,37 e 0,62mm não houve diferença estatisticamente significativa entre o comprimento inicial de trabalho determinado pela lima nº 10 e o comprimento final de trabalho após a ampliação da constrição apical até as limas nº 35 e 60, respectivamente. Já, quando a constrição apical foi ampliada até 1,02mm de diâmetro, não houve diferença estatisticamente significativa entre os comprimentos iniciais e finais quando medidos com a lima nº 10 até a lima nº 25; contudo, diferenças significativas apareceram entre as limas nº 10 e as limas nº 30, 35 e 40 ( $p < 0,5$ ), e o grau de significância aumentou consideravelmente ( $p < 0,001$ ) para as limas nº 45 e superiores. Os autores concluíram, baseados nos resultados, que a precisão do Root ZX<sup>®</sup> variava em função do diâmetro da constrição apical.

EBRAHIM; WADACHI; SUDA, em 2007, examinaram os efeitos de soluções irrigadoras do canal radicular na precisão de leituras realizadas com o Dentaport ZX em

canais radiculares alargados. Quarenta e cinco dentes unirradiculados, extraídos, de humanos, foram utilizados neste estudo. No estágio 1, os canais radiculares foram instrumentados da lima n° 10 até a n° 40, sendo esta última designada como instrumento de memória; os dentes foram divididos em cinco grupos de acordo com a solução irrigadora utilizada durante as medições eletrônicas, a saber: grupo A = NaOCl a 0,5%, grupo B = NaOCl a 2,5%, grupo C = EDTA a 15%, grupo D = clorexidina a 0,8% e grupo E = RC Prep. No estágio 2, os canais radiculares foram ampliados até a lima n° 60, e no estágio 3 a ampliação se deu até a lima n° 80. Em cada estágio, o comprimento do canal radicular foi medido com o aparelho Dentaport ZX, com as limas n° 10 e 40, 10 e 60 e 10 e 80, para os estágios 1, 2 e 3, respectivamente. Os resultados indicaram que o Dentaport ZX foi preciso nas leituras em que foram utilizados o NaOCl a 0,5% ou a 2,5% e o EDTA a 15%, sendo comparáveis as medidas obtidas com instrumentos de pequeno e grande calibre. Contudo, na presença da clorexidina e do RC Prep as medidas foram precisas apenas quando realizadas com as limas de grande calibre.

Em 2007, VENTURI; BRESCHI compararam “*ex vivo*” o desempenho de dois localizadores apicais eletrônicos, o Apex Finder e o Root ZX<sup>®</sup>, na medição de canais radiculares com diferentes diâmetros, na presença ou não de solução irrigadora. Assim, sessenta canais radiculares foram preparados com limas manuais e instrumentos rotatórios de níquel-titânio de taper 0,04. Durante o preparo o diâmetro do canal radicular foi transportado para a superfície radicular apical. A irrigação foi feita com RC Prep e NaOCl a 5%. Os dentes foram divididos em seis grupos com dez dentes cada, de acordo com os diâmetros foraminais estabelecidos: 0,15, 0,20, 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80mm. Uma lima n° 15 foi colocada em cada canal radicular até que sua ponta pudesse ser vista no forame apical utilizando um microscópio com aumento de 10X, indicando, assim, o comprimento do canal radicular. Os dentes foram, então, fixados em uma barra plástica suspensa sobre um contêiner de vidro preenchido com solução salina a 0,9%. Cada localizador apical foi testado nas seguintes medidas indicadas pela lima: forame apical, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0mm aquém do forame apical; as medidas foram obtidas nas seguintes situações: com o ápice radicular imerso na solução salina, com o canal radicular seco ou irrigado com NaOCl. Para avaliar a precisão dos localizadores apicais eletrônicos utilizados, cada medida eletrônica obtida foi comparada à medida inicial do canal radicular. Das 2400 medidas obtidas, 100 foram consideradas eletricamente instáveis, sendo todas do aparelho Root ZX<sup>®</sup>. Considerando as condições em que o estudo foi realizado, tanto o Apex Finder como o Root ZX<sup>®</sup> mostraram-se precisos quando a lima estava localizada no forame apical. A precisão do Apex Finder foi influenciada

---

negativamente por altas condições de condutividade, enquanto o Root ZX<sup>®</sup> mostrou-se impreciso e instável quando utilizado em condições de baixa condutividade elétrica.

D'ASSUNÇÃO et al., em 2007, compararam a capacidade dos localizadores apicais eletrônicos Root ZX II<sup>®</sup> e Mini Apex Locator<sup>™</sup> em prevenir a sobre-medida do comprimento de trabalho dos canais radiculares. Quarenta dentes unirradiculados, extraídos, de humanos, foram utilizados neste estudo. A porção cervical de cada canal radicular foi preparada com brocas de Gates-Glidden números 5 e 6 e os dentes foram colocados em alginato. O hipoclorito de sódio a 2,5% foi utilizado para a irrigação dos canais radiculares. O comprimento inicial do canal radicular foi determinado inserindo-se uma lima n<sup>o</sup> 15 até a visualização de sua ponta no forame apical, sendo utilizada uma lente com aumento de 5X para auxiliar esse procedimento. Dessa primeira medida, diminuiu-se 0,5mm, indicando, assim, o comprimento inicial do canal radicular. As medições eletrônicas foram feitas com os dois aparelhos e as medidas obtidas foram comparadas às iniciais. A análise estatística indicou que a capacidade de prevenir a sobre-medida do comprimento de trabalho dos canais radiculares foi de 100% para o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e de 97,44% para o Root ZX II<sup>®</sup>, com uma tolerância de  $\pm 0,5$ mm.

Em 2008, LEONARDO et al. avaliaram “*ex vivo*” a precisão de dois localizadores apicais eletrônicos, o Root ZX II<sup>®</sup> e o Mini Apex Locator, em determinar o comprimento do canal radicular de incisivos e molares decíduos, com diferentes estágios de reabsorção radicular fisiológica. Um examinador, previamente calibrado, determinou o comprimento do canal radicular em 17 incisivos decíduos e 16 molares, também decíduos, totalizando 57 canais radiculares, com diferentes estágios de reabsorção radicular fisiológica. O comprimento inicial do canal radicular foi medido visualmente, por meio da colocação de uma lima 1,0mm aquém do forame apical ou do chanfro(?) da reabsorção radicular e, posteriormente, foram obtidas as medidas eletrônicas utilizando os aparelhos Root ZX II<sup>®</sup> e Mini Apex Locator, de acordo com as instruções dos fabricantes. A comparação entre o comprimento inicial e as medidas eletrônicas revelou um alto índice de correlação (ICC = 0,99), independente do tipo de dente (uni ou multirradicado) e da presença ou ausência de reabsorção apical fisiológica.

TOSUN et al., em 2008, também avaliaram a precisão de dois localizadores apicais eletrônicos na determinação do comprimento do canal radicular em dentes decíduos com e sem reabsorção apical. Trinta e quatro molares decíduos com reabsorção apical e dezenove sem a presença dessa característica foram extraídos e utilizados neste estudo. Primeiramente, foram obtidos os comprimentos iniciais dos canais radiculares colocando-se uma lima n<sup>o</sup> 10



até a visualização da sua ponta no forame apical, com a ajuda de um estereomicroscópio com aumento de 20X, e subtraindo-se 1,0mm dessa medida. Em seguida, os dentes foram colocados em alginato para que as medições com os localizadores apicais eletrônicos Root ZX<sup>®</sup> e Tri Auto ZX fossem realizadas. Verificou-se pelos resultados que o Root ZX<sup>®</sup> não apresentou diferença estatística significativa quando considerado o fator presença/ausência de reabsorção apical; já o Tri Auto ZX apresentou diferença significativa entre as medidas obtidas nos dentes com e sem reabsorção apical ( $p < 0,05$ ). Nos casos em que havia reabsorção apical, o índice de precisão (com tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ ) foi de 83,33% para o Root ZX<sup>®</sup> e 89,47% para o Tri Auto ZX; quando a tolerância foi de  $\pm 1,0\text{mm}$ , o Root ZX<sup>®</sup> obteve 98,95% de precisão, enquanto o Tri Auto ZX alcançou 100%. Quando a reabsorção apical encontrava-se ausente, a porcentagem de medidas precisas, com tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ , foi de 89,28% para o Root ZX<sup>®</sup> e de 80,35% para o Tri Auto ZX; com tolerância de  $\pm 1,0\text{mm}$ , a precisão das leituras foi de 98,22% para o Root ZX<sup>®</sup> e 100% para o Tri Auto ZX. Os autores afirmaram que com as limitações do estudo realizado em laboratório, a presença de reabsorção apical afetou mais o desempenho do Tri Auto ZX que o do Root ZX<sup>®</sup>.

Em outro estudo cujo objetivo foi avaliar a precisão dos localizadores apicais eletrônicos Root ZX<sup>®</sup> e Endex em dentes decíduos com ausência ou presença de reabsorção apical, “*in vitro*”, BODUR et al. (2008) utilizaram 90 dentes (60 molares e 30 incisivos), sendo 93 raízes com reabsorção apical visível e 51 sem reabsorção, totalizando 144 raízes avaliadas. Após a abertura coronária, os canais radiculares foram medidos visualmente. Os dentes foram colocados em alginato e as medidas eletrônicas obtidas com o Root ZX<sup>®</sup> e o Endex. Os resultados revelaram que os dois localizadores apicais utilizados apresentaram valores diferentes aos obtidos por meio da medida visual do canal radicular, inclusive, com diferença estatisticamente significativa nos casos em que havia reabsorção apical ( $p < 0,05$ ). Para os dentes que não apresentavam reabsorção apical, as medidas obtidas pelo Endex foram similares às medidas visuais. Porém, para o Root ZX<sup>®</sup>, os valores encontrados foram diferentes dos obtidos visualmente, com diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ).

Em 2008, ANGWARAVONG; PANITVISAI avaliaram a possível influência da reabsorção radicular de dentes decíduos na precisão de leitura com o Root ZX<sup>®</sup> e, também, compararam as medições realizadas com este aparelho nas posições “APEX” e 0,5mm com a medição direta do canal radicular. Sessenta molares decíduos extraídos, com reabsorção radicular variando de um sexto a um terço da raiz, foram utilizados neste estudo. O comprimento inicial do canal radicular foi medido por meio da inserção de uma lima tipo K até a visualização de sua ponta no forame apical. Os dentes foram colocados em alginato e

---

uma lima tipo K foi acoplada ao Root ZX<sup>®</sup> para a realização das medições eletrônicas nas posições “APEX” e 0,5mm. Todas as medidas foram lidas com o auxílio de um estereomicroscópio com aumento de 15X. Os resultados indicaram que a diferença média entre as medidas obtidas com o Root ZX<sup>®</sup> na posição “APEX” e o comprimento real do canal radicular foi de  $0,01 \pm 0,23$ mm, enquanto na posição 0,5mm a diferença média foi de  $-0,33 \pm 0,30$ mm. Considerando uma tolerância de  $\pm 0,5$ mm em relação ao forame apical, o Root ZX<sup>®</sup> apresentou 96,7% de precisão quando comparado ao comprimento real do canal radicular de molares decíduos com reabsorção apical. A posição “APEX” demonstrou um menor índice de erro em localizar o forame apical em relação à posição 0,5mm.

MATTAR; ALMEIDA, em 2008, analisaram a interferência sofrida pelo Root ZX<sup>®</sup> quando utilizado em situações simuladas de reabsorções apicais na obtenção das medidas de odontometria. Para a realização deste estudo, foram utilizados 40 dentes unirradiculados extraídos (caninos inferiores) com o mesmo padrão de volume na região apical, utilizando-se apenas a sua porção radicular. Inicialmente, cada dente teve seu comprimento determinado visualmente, com a colocação de uma lima n<sup>o</sup> 10 no canal radicular até o aparecimento desta no forame apical, de onde se recuou 1,0mm, definindo a medida do comprimento de trabalho. A medida foi tomada novamente com a utilização do Root ZX<sup>®</sup>. Logo após, foi preparado um desgaste lateral padronizado na região apical a 4,0mm do ápice. A medida foi tomada novamente com o aparelho, e as mesmas foram registradas e avaliadas estatisticamente. Os resultados mostraram que o Root ZX<sup>®</sup> foi preciso em até 100% dos casos quando consideradas variações de 1,0mm aquém e até 0,5mm além da medida pré-determinada para o comprimento de trabalho. Por meio desta comparação, constatou-se que o localizador apical foi eficaz, mostrando-se um método confiável. Entretanto, não foi detectada qualquer variação significativa na presença de reabsorções apicais simuladas.

FELIPPE et al., em 2008, analisaram a capacidade do Root ZX II<sup>®</sup> de localizar o forame apical e, também, controlar a extensão de trabalho durante a instrumentação rotatória do canal radicular. Sessenta e cinco dentes unirradiculados extraídos, de humanos, foram selecionados e mensurados diretamente utilizando uma lima n<sup>o</sup> 15 até que sua ponta fosse vista no forame apical (comprimento inicial = CI).. Os canais radiculares foram, então, medidos com o Root ZX II<sup>®</sup> de forma passiva, ou seja, sem o acionamento da função instrumentação rotatória, sendo esta medida anotada como medida eletrônica 1 (ME1). Para testar a função auto-reverso, a instrumentação foi feita com instrumentos rotatórios de níquel-titânio em diferentes níveis de acionamento da mesma (2, 1 e 0,5). Após a instrumentação, uma nova medida com o aparelho foi realizada, também de maneira passiva, e anotada como

medida eletrônica 2 (ME2). Os resultados indicaram que ME1 e ME2 foram coincidentes ao CI em 56 (86%) e 54 (83%) casos, respectivamente. Os autores concluíram que o Root ZX II<sup>®</sup> mostrou-se eficaz na localização do forame apical. Contudo, não se mostrou preciso no controle da extensão de trabalho durante a instrumentação rotatória, pois esta indicou que, mesmo com o uso do auto-reverso, o instrumento rotatório sempre esteve mais perto do forame apical do que o esperado.

Também, em 2008, JAKOBSON et al. realizaram um estudo com um objetivo semelhante (controle de extensão de trabalho durante a instrumentação rotatória) ao de FELLIPE et al., com a diferença de que este estudo foi realizado “*in vivo*”. Foram selecionados 24 pré-molares com apenas um canal radicular. Os dentes foram divididos em dois grupos de acordo com a calibração do reverso automático do Root ZX II<sup>®</sup>, nas posições 1 e 2. Após a abertura coronária, o preparo do canal radicular foi feito com instrumentos Protaper conectados ao Root ZX II<sup>®</sup>. Terminado o preparo, o último instrumento utilizado foi introduzido no canal e fixado em posição com resina acrílica. Os dentes foram extraídos e desgastados até a exposição do instrumento, o que permitiu que a distância entre a sua ponta e o forame apical fosse obtida. A porcentagem de medidas consideradas aceitáveis e a diferença média entre elas foram submetidas à análise estatística. Os resultados indicaram que as diferenças entre as posições 1 e 2 de reverso automático do aparelho não foram significantes, estatisticamente. Os autores também relataram que o Root ZX II<sup>®</sup> não foi preciso na determinação e no controle da extensão de trabalho durante a instrumentação rotatória.

Em 2008, KIM et al. compararam, “*in vivo*”, a precisão na determinação do comprimento de trabalho do canal radicular utilizando apenas o Root ZX<sup>®</sup> e a combinação entre o Root ZX<sup>®</sup> e o método radiográfico. Primeiramente, o comprimento de trabalho foi obtido em 25 pré-molares utilizando o Root ZX<sup>®</sup>. A lima utilizada foi fixada na posição indicada pelo aparelho e tomadas radiográficas foram feitas e interpretadas, sendo que a medida inicial obtida com aparelho foi ajustada, quando necessário, para uma nova medida. Os dentes foram, então, extraídos, com o objetivo de determinar a posição da ponta da lima em relação à constrição apical. Com base na ponta da lima em relação ao forame apical, foram obtidas impressões das raízes utilizando um material chamado polivinilsiloxano ou, então, as raízes foram embebidas em resina acrílica em mantidas em posição para medir a distância entre a ponta da lima e a constrição apical. Os resultados demonstraram que o Root ZX<sup>®</sup> sozinho detectou a constrição apical, com tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ , em 84% dos casos (21 de 25 canais). Entretanto, a combinação entre o Root ZX<sup>®</sup> e o método radiográfico resultou

---

em 96% (24 de 25 canais) de precisão na localização da constrição apical, também com tolerância de  $\pm 0,5$ mm.

BRISEÑO-MARROQUÍN et al., em 2008, avaliaram a influência do calibre da lima na precisão de leitura de quatro localizadores apicais eletrônicos. Cento e quarenta e seis raízes foram colocadas em uma solução de ágar e as medições eletrônicas foram feitas, até a localização da constrição apical, com os seguintes aparelhos: Elements Apex Locator, Justy II, RayPex 5 e ProPex II, sendo utilizadas as limas de nº 08, 10 e 15 para a obtenção das medidas. Os resultados obtidos indicaram que a localização exata da constrição apical foi atingida pelo Elements Apex Locator em 36,99%, 39,04% e 44,93% dos casos com as limas nº 08, 10 e 15, respectivamente. Para o Justy II, os resultados foram de 38,62%, 32,41% e 43,41%; no caso do RayPex 5, os índices de acerto foram de 42,76%, 39,31% e 39,06%. Por fim, o ProPex II apontou 38,62%, 43,45% e 40,63% de acerto para as limas nº 08, 10 e 15. Os autores concluíram que as limas nº 08, 10 e 15 não tiveram influência na precisão de leitura dos localizadores apicais utilizados neste estudo.

Em 2009, ELAYOUTI et al. testaram a consistência de dois localizadores apicais eletrônicos, o Root ZX<sup>®</sup> e o RayPex 5, em um estudo clínico. A definição de consistência foi dada pelos autores como sendo a permanência estável da escala de barras do visor dos aparelhos e que a movimentação dessa escala deve ocorrer apenas com a movimentação da lima no canal radicular. Assim, a medição eletrônica do comprimento do canal radicular foi realizada em 507 pacientes que necessitavam de tratamento endodôntico. Foram incluídos diferentes parâmetros clínicos, tais como vitalidade pulpar, obliteração do canal radicular e presença de restaurações metálicas. A cada medição com os localizadores apicais, uma radiografia com a lima posicionada no comprimento do canal radicular indicado pelos aparelhos foi feita. As medições eletrônicas foram consideradas aceitáveis quando a ponta da lima ficou posicionada entre 0,0 e 2,0mm aquém do ápice radiográfico. Na média, os localizadores apicais eletrônicos mostraram-se consistentes em 85% dos casos (429 de 507), sendo que o Root ZX<sup>®</sup> demonstrou ser mais consistente que o RayPex 5. As medidas consideradas inconsistentes estavam fortemente associadas à obliteração parcial ou total do canal radicular. Radiograficamente, 97% das medidas consistentes foram consideradas aceitáveis.

PASCON et al., em 2009, compararam a precisão de três localizadores apicais eletrônicos em estabelecer o comprimento de trabalho em dentes extraídos. Sessenta dentes, num total de 100 canais radiculares, foram inicialmente medidos por meio da inserção de uma lima nº 10 no canal até que sua ponta fosse vista no forame apical, com o auxílio de um

estereomicroscópio com aumento de 15X. Dessa medida, diminuiu-se 1,0mm para estabelecer o comprimento real de trabalho. Em seguida, os dentes foram colocados em alginato e medidos com os seguintes aparelhos: Dentaport ZX, RayPex 5 e Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, de acordo com as orientações dos fabricantes, com tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$  e de  $\pm 1,0\text{mm}$ . Todas as medições eletrônicas foram feitas com uma lima nº 15 após a irrigação dos canais radiculares com hipoclorito de sódio a 1%. Os resultados encontrados indicaram, considerada a tolerância de  $\pm 0,5\text{mm}$ , que a precisão foi de 39% para o Dentaport ZX, 31% para o RayPex 5 e 37% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator. Porém, quando a tolerância foi de  $\pm 1,0\text{mm}$ , os valores aumentaram para 90%, 82% e 73%, respectivamente. Os autores afirmaram que, levando-se em consideração as limitações deste tipo de estudo, o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator mostrou-se menos preciso que o Dentaport ZX e o RayPex 5 na determinação do comprimento real de trabalho.

Baseados no resultado do estudo citado anteriormente, os mesmos autores realizaram uma nova pesquisa com os localizadores apicais Dentaport ZX e RayPex 5, desta vez “*in vivo*” e com a utilização de um sistema digital de imagens radiográficas (VisualiX eHD) para a confirmação e análise das medidas obtidas com os aparelhos. Assim, o comprimento de trabalho de 831 canais radiculares foi medido com os localizadores apicais eletrônicos Dentaport ZX e RayPex 5 e confirmado radiograficamente com o VisualiX eHD. A distância entre a ponta da lima e o ápice radiográfico foi mensurada com o auxílio do software VixWin Pro e os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística. A distância média entre a ponta da lima e o ápice radiográfico foi de  $-1,08 \pm 0,73\text{mm}$  e  $-1,0 \pm 0,67\text{mm}$ , considerando os aparelhos Dentaport ZX e RayPex 5, respectivamente, sem significância estatística ( $p < 0,05$ ). Também não foi encontrada diferença estatística significativa quando considerado o mesmo tipo de dente medido com os dois aparelhos ( $p < 0,05$ ) e quando diferentes tipos de dentes foram medidos com o mesmo aparelho ( $p < 0,05$ ). Os autores concluíram que o Dentaport ZX e o RayPex 5 foram semelhantes, em termos de precisão, nas condições em que o estudo foi realizado.

Em 2009, DE CAMARGO et al. avaliaram a influência do preparo cervical na precisão de quatro localizadores apicais eletrônicos. Os aparelhos testados foram o Root ZX<sup>®</sup>, o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e o Apex DSP. Quarenta incisivos inferiores extraídos foram utilizados. O comprimento de trabalho foi estabelecido reduzindo-se em 1,0mm o comprimento total do dente, que foi determinado pela inserção de uma lima nº 15 até a visualização de sua ponta no forame apical, com o auxílio de um microscópio cirúrgico com aumento de 8X. Os localizadores apicais foram avaliados na

determinação da medida exata do canal radicular (-1,0mm do comprimento total) e, também, de medidas consideradas aceitáveis ( $1,0 \pm 0,5$ mm do comprimento total) em canais radiculares preparados e não preparados cervicalmente, pois, as medidas foram realizadas antes e após o preparo cervical, que foi feito utilizando-se os instrumentos rotatórios ProTaper S1 e SX. As leituras consideradas precisas antes do preparo foram de 50% para o Root ZX<sup>®</sup>, 47,5% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, 50% para o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e 45% para o Apex DSP; já as leituras consideradas aceitáveis apresentaram índices de 97,5%, 95%, 97,5% e 67,5%, respectivamente. Após a realização do preparo cervical, os resultados encontrados foram, para medidas precisas e aceitáveis, de 75%/97,5% para o Root ZX<sup>®</sup>, 55%/95% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, 75%/97,5% para o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e 60%,87,5% para o Apex DSP. Assim, os resultados mostraram que o Root ZX<sup>®</sup> e o Mini Apex Locator<sup>™</sup> tiveram o índice de precisão aumentado após a realização do preparo cervical e, além disso, pode-se verificar que, dos aparelhos testados, o Apex DSP foi o que apresentou o menor índice de precisão.

VERSIANI et al., em 2009, compararam “*ex vivo*” a precisão do Root ZX II<sup>®</sup> em detectar a constrição apical usando diferentes posições de leitura no display. Para isso, setenta dentes unirradiculados foram colocados em alginato e distribuídos em dois grupos (n=35). Após a irrigação do canal radicular com NaOCl a 1%, as medidas foram obtidas utilizando-se uma lima n<sup>o</sup> 20 inserida no canal até a indicação “APEX” no display, e recuada até a barra indicadora de 0,5mm (grupo I) ou de 1,0mm (grupo II). Então, a lima foi fixada em posição e o dente removido do alginato. A porção apical da raiz foi desgastada até que a ponta da lima pudesse ser vista, a distância até a constrição apical ser verificada com o auxílio de um estereomicroscópio e as medidas comparadas. Os resultados encontrados indicaram que a distância entre a ponta da lima e a constrição apical foi de  $-0,23 \pm 0,39$ mm para o grupo I e de  $-0,42 \pm 0,45$ mm para o grupo II, com ausência de diferença estatística ( $p < 0,05$ ). A precisão do Root ZX II<sup>®</sup> foi de 90,5% para a posição 0,5 e de 83,78% para a posição 1. Porém, os autores concluíram que a posição 1 no display do Root ZX II<sup>®</sup> reduz o risco de sobre-medida do comprimento de trabalho do canal radicular.

Em 2009, SIU; MARSHALL; BAUMGARTNER compararam “*in vivo*” a precisão de leituras realizadas com os localizadores apicais eletrônicos Root ZX II<sup>®</sup>, Apex NRG XRF e Mini Apex Locator<sup>™</sup> utilizando instrumentos rotatórios de níquel-titânio. Vinte e oito dentes tiveram seus comprimentos de trabalho determinados com os três localizadores apicais testados neste estudo utilizando instrumentos rotatórios ProFile taper 0.04 do número 40 ao 20, pela técnica coroa-ápice. Quatro dentes foram utilizados como controle, que foram

medidos com limas manuais. Após a medida com os localizadores, o instrumento que alcançou o comprimento de trabalho foi fixado em posição com cimento de ionômero de vidro e, após a sua secagem, os dentes foram extraídos. Os 4,0mm apicais de cada dente foram desgastados lateralmente até a constrição apical, expondo o instrumento. Fotografias foram obtidas com aumento de 15X e 30X e projetadas com aumento de 360X e 720X, para avaliação. Os resultados mostraram que a precisão dos localizadores apicais Root ZX II<sup>®</sup>, Apex NRG XRF e Mini Apex Locator<sup>™</sup> em localizar o menor diâmetro apical com tolerância de  $\pm 0,5$ mm foi de 50%, 46,43% e 39,29%, respectivamente, sem diferença estatística significativa. Além disso, os autores verificaram que a determinação do comprimento de trabalho no grupo controle, que utilizou limas manuais, foi mais precisa.

Em 2010, GUISE; GOODELL; IMAMURA compararam a precisão dos localizadores apicais eletrônicos Root ZX II<sup>®</sup>, Elements Apex Locator e Precision Apex Locator. Quarenta dentes unirradiculados extraídos tiveram suas coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e o preparo cervical do canal radicular foi feito com brocas de Gates-Glidden em ordem decrescente, da número 4 até a número 2. O comprimento inicial do canal radicular foi determinado pela inserção de uma lima n<sup>o</sup> 10 até a visualização de sua ponta no forame apical. Os dentes foram colocados em gelatina e as medições eletrônicas realizadas para determinar o comprimento de trabalho. A diferença entre os comprimentos de trabalho e o inicial foi calculada, e os resultados indicaram diferença média de -0,02mm para o Root ZX II<sup>®</sup>, 0,13mm para o Elements Apex Locator e 0,15mm para o Precision Apex Locator. A porcentagem de acerto dos localizadores apicais, com tolerância de  $\pm 0,5$ mm, foi de 97,5% para o Root ZX II<sup>®</sup>, 95% para o Elements Apex Locator e 90% para o Precision Apex Locator. Os autores concluíram que o Root ZX II<sup>®</sup> mostrou-se mais preciso que os outros dois aparelhos na localização do forame apical.

Em 2010, MELLO-MOURA et al. compararam o desempenho de cinco métodos utilizados para a determinação do comprimento do canal radicular em dentes decíduos extraídos. Vinte incisivos com a formação de, pelo menos, dois terços da raiz, foram usados neste estudo. Os dentes foram colocados em alginato e apenas um operador determinou o comprimento do canal radicular utilizando os seguintes métodos: sensação táctil, radiografia convencional, sensação táctil + radiografia convencional, radiografia digital e, por fim, uso do localizador apical eletrônico Root ZX<sup>®</sup>. Em seguida, o comprimento real do canal radicular foi medido pela inserção de uma lima tipo K até a visualização de sua ponta no forame apical ou no nível da reabsorção radicular apical. As medidas foram classificadas como aceitáveis (até  $\pm 1,0$ mm do comprimento real) e inaceitáveis. Os resultados indicaram que o método mais

---

---

preciso foi o eletrônico (Root ZX<sup>®</sup>), seguido pela associação da sensação táctil com a radiografia convencional.

Também, em 2010, D'ASSUNÇÃO et al. compararam, ex vivo, a precisão e o coeficiente de repetição dos localizadores apicais Root ZX II<sup>®</sup>, Mini Apex Locator<sup>™</sup> e Novapex em localizar a constrição apical. Trinta e um dentes unirradiculados tiveram as coroas seccionadas na junção cimento-esmalte e foram colocados em um modelo experimental que consistia em um anel ajustável para a fixação do dente e um micrômetro digital no qual a lima era conectada. Cada medida eletrônica foi obtida e, posteriormente, repetida. Após a última medida, a lima foi fixada em posição e os 4,0mm apicais foram desgastados no sentido do longo-eixo dos dentes, com o objetivo de se visualizar a posição da ponta do instrumento em relação à constrição apical. Essa distância foi determinada por três examinadores diferentes e comparada às medidas eletrônicas. O coeficiente de repetição foi considerado aceitável para os três aparelhos avaliados: Root ZX II<sup>®</sup>, 0,04mm; Mini Apex Locator<sup>™</sup>, 0,10mm e Novapex, 0,08mm. Utilizando o Root ZX II<sup>®</sup>, em 13 das 31 medidas eletrônicas a ponta da lima estava localizada na constrição apical. Já, para os outros aparelhos testados, em nenhum caso a ponta da lima ficou posicionada na constrição apical. Os autores concluíram que os localizadores testados apresentaram um alto coeficiente de repetição. Porém, também afirmaram que o Root ZX II<sup>®</sup> foi preciso na localização da constrição apical, enquanto o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e o Novapex não foram.

---





## **3 PROPOSIÇÃO**

---



### **3 – Proposição**

A revisão de literatura mostrou ser oportuna e viável a realização deste trabalho, conforme foi exposto na introdução. Desta forma, nos propusemos a avaliar:

3.1) a influência da espessura de dentina radicular apical, da eliminação da constrição apical, com conseqüente aumento do diâmetro do forame apical, na precisão de leitura realizada com os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®.

Hipótese nula: a espessura de dentina das paredes dos canais radiculares não interfere nas leituras dos localizadores foraminais eletrônicos.

---



## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

---



## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 – Localizadores foraminais eletrônicos

#### 4.1.1 – Mini Apex Locator™

Fabricado pela SybronEndo, Sybron Dental, com sede em Anaheim, Estados Unidos da América. Utiliza um sofisticado sistema de medidas por multi-frequência e um sinal digital. De acordo com o fabricante, após o acesso à câmara pulpar, deve ser conectada uma lima de número 08 a número 20. Quando o processo de medição se inicia é criado um micro circuito a partir das múltiplas frequências do aparelho. O seu painel possui luzes azuis indicadoras das posições 2,0; 1,5; 1,0 e 0,5mm aquém do forame apical; uma luz indicadora verde, onde se lê a marcação “APEX”, que indica a posição considerada pelos fabricantes como sendo a ideal e uma luz amarela, com a marcação “PAST APEX”, indicando que a lima está além do limite apical ideal. O software do localizador recebe e processa o sinal digital, emitido pelos eletrodos do aparelho, conectado ao lábio do paciente por meio da alça labial, o qual irá fechar o circuito e determinar a odontometria, traduzindo em milímetros a distância da ponta da lima até a constrição apical. O aparelho funciona com uma bateria AA de 1,5V.



**Figura 1:** Mini Apex Locator™.



#### 4.1.2 Root ZX II®

Fabricado pela J. Morita, MFG Corp., com sede em Kyoto, Japão. O aparelho funciona com 3 baterias AA de 1,5V. Apresenta um visor de cristal líquido colorido, de alta definição, com marcação digital que se inicia com a indicação “3” e vai até a marcação “APEX”. O ponto relativo à delimitação do comprimento de trabalho pode ser alterado pelo operador, porém, o fabricante assinala que a posição “0,5” deve ser a utilizada, pois indicaria a constrição apical. Para a realização da medição eletrônica, o fabricante indica a utilização de uma lima nº 10. Além disso, o Root ZX II® apresenta a possibilidade de selecionar o volume da campainha e possui ajuste automático em zero.



**Figura 2:** Root ZX II®.

#### 4.2 – Preparo dos dentes

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da FOB-USP (132/2009).

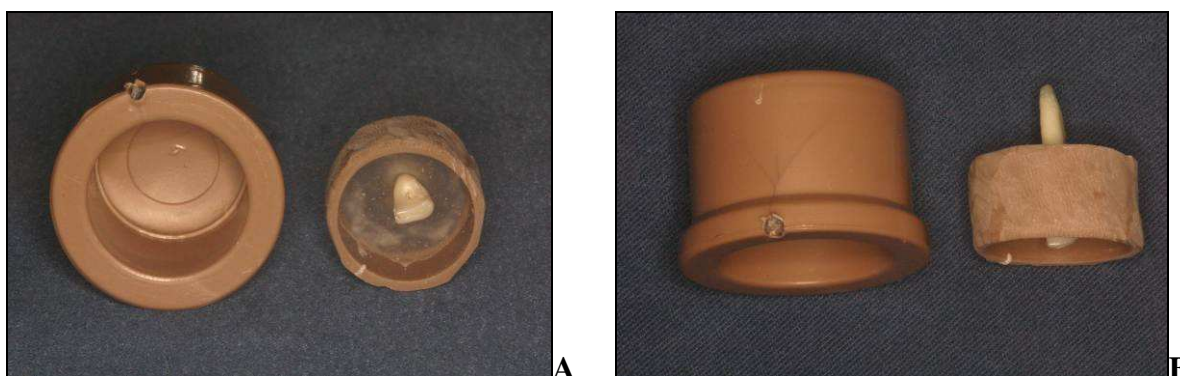
Foram utilizados 30 incisivos inferiores permanentes unirradiculados de humanos, extraídos, com raízes íntegras e ápices completamente formados, que foram mantidos em solução de formalina a 10% após a extração, feita por indicação cirúrgica e/ou protética, e mediante o consentimento dos pacientes atendidos em uma clínica particular na cidade de Bauru.

Para a realização do experimento os dentes foram retirados da solução de formalina, lavados em água corrente e armazenados em soro fisiológico pelo período de um dia. Por meio de um paquímetro (Mitutoyo, Suzano, Brasil), as espessuras radiculares dos dentes foram medidas, no sentido méso-distal a 1,0 e a 4,0mm aquém do forame apical. Essas medidas foram devidamente anotadas em fichas. Em seguida, a borda incisal dos dentes foi aplainada fazendo-se um desgaste com uma politriz modelo DP 10 (Panambra, São Paulo, Brasil), com o intuito de que, no momento da medição, o limitador de penetração de silicone mantivesse um assentamento ideal nessa superfície, permitindo boa estabilidade. Logo após, foi realizada a abertura coronária de todos os dentes com pontas diamantadas esféricas número 1013 e tronco-cônicas 3082 (KG Sorensen Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil) e, então, uma lima tipo K nº 10 (Denstsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Suíça), munida de limitador de penetração, foi introduzida no canal radicular até que sua ponta pudesse ser visualizada na altura do forame, com o auxílio de um microscópio óptico DF Vasconcelos, modelo M 900 (São Paulo, Brasil), com aumento de 7,8X; o limitador foi posicionado na borda incisal e a lima retirada do canal medindo-se, com uma régua milimetrada (ARCH, Japão) com subdivisões em 0,5mm, a distância entre o limitador e a extremidade da lima, anotando-se a mesma; dessa medida, recuou-se 1,0mm e a mesma foi considerada como o comprimento de trabalho, local para a confecção do batente apical. A seguir, realizou-se a dilatação do canal com brocas de Gates Glidden (Denstsply-Maillefer Instruments SA, Ballaigues, Suíça), em ordem numérica decrescente, da número 5 até a número 1, até 4,0mm aquém do forame apical, isto é, a 3,0mm aquém do comprimento de trabalho anteriormente estabelecido.

### **4.3 – Modelo experimental**

Os dentes foram colocados em um modelo experimental especialmente desenvolvido para permitir a medição com os localizadores foraminais eletrônicos Root ZX II<sup>®</sup> (J. Morita, MFG Corp., Kyoto, Japão) e Mini Apex Locator<sup>™</sup> (SybronEndo, Sybron Dental, Anaheim, Estados Unidos da América). Tal modelo era constituído por dois segmentos de PVC: um de menor calibre, com diâmetro correspondente a meia polegada por 2,0cm de comprimento, com as duas extremidades abertas e outro, de maior calibre, com uma das extremidades fechada e com diâmetro interno equivalente ao diâmetro externo do primeiro segmento (3/4 de polegada).

Em uma das extremidades dos segmentos de menor diâmetro, foram fixados os dentes, por meio de resina acrílica, de modo que a coroa dentária ficasse voltada para a extremidade oposta (dentro do segmento) e que a extensão de mais ou menos 5,0mm da porção apical ficasse saliente da resina acrílica (fora do segmento) (Figura 1). A resina acrílica utilizada para a fixação do dente, também, teve como propósito fechar totalmente a extremidade do segmento, isolando a parte coronária do dente, em relação ao segmento de PVC de maior diâmetro.



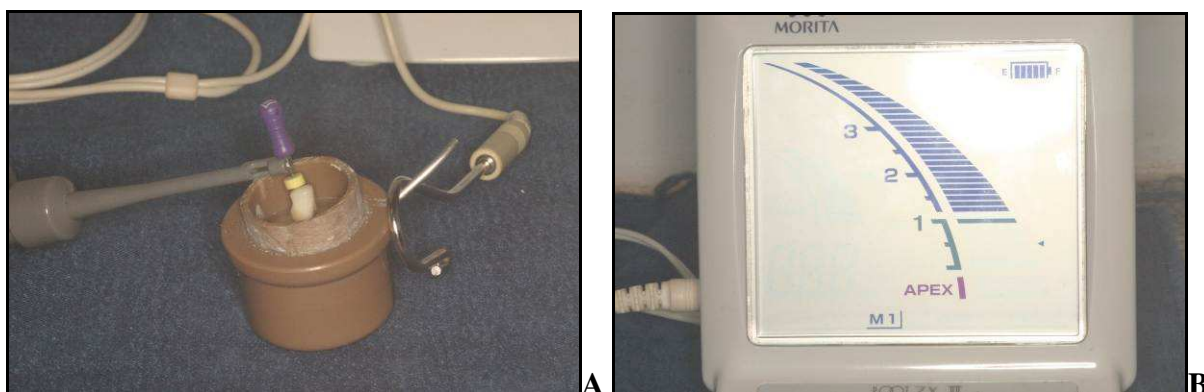
**Figura 3:** **A** – Segmentos de maior e menor diâmetro, com o de menor diâmetro mostrando um dente fixado com resina acrílica; **B** – Visão lateral mostrando a parte exposta da raiz e que ficará em contato com o alginato, quando da realização das leituras.

No segmento de maior diâmetro, foi feito um orifício lateral que permitiu o posicionamento do eletrodo labial do localizador foraminal eletrônico e, para a medição, no seu interior, era colocado alginato (Jeltrate<sup>®</sup>, Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, Brasil) recém-espaturado e, então, encaixado o componente de menor diâmetro, fazendo com que o ápice radicular ficasse imerso no interior do alginato (Figura 2).



**Figura 4:** Conjunto preparado para a medição eletrônica.

Preparado o conjunto, a instrumentação do canal radicular teve continuidade usando-se a técnica coroa-ápice, até que se atingisse o comprimento de trabalho pré-determinado com a lima tipo K n° 10. A cada troca de instrumento o canal foi irrigado com 1mL de hipoclorito de sódio a 1% (Biodinâmica Química e Farmacêutica Ltda, Iporã, Brasil). Alcançado o comprimento de trabalho, foram realizadas as medidas com os localizadores foraminais Root ZX II® (Figura 3) e Mini Apex Locator™ (Figura 4) iniciando-se com a lima tipo K n° 10 e seguindo-se a seqüência de instrumentação, a partir desta, até a lima tipo K n° 130. Para a medição, antes de colocar o instrumento dentro do canal, foram observados alguns detalhes, tais como: proceder a um toque entre os eletrodos (da lima e do colgante do lábio) para fechar o circuito e permitir o correto funcionamento do aparelho, assim como, verificar se a carga da bateria estava completa. Assim, após a dilatação do canal e com a lima tipo K n° 15, seguiu-se a obtenção da odontometria, com as limas tipo K n° 10 e 15. Dessa maneira, prosseguiu-se com a dilatação do canal, finalizando-se com a lima tipo K n° 130. Uma vez alcançada a extensão de trabalho com a lima subsequente, realizava-se a leitura com a mesma e com a lima tipo K n° 10. Portanto, esta foi utilizada em todos os diâmetros.



**Figura 5:** A – Medição realizada com o Root ZX II® ; B – Visão do display indicando a medida alcançada pela lima.



**Figura 6:** Medição com o aparelho Mini Apex Locator™, indicando a medida alcançada pela lima, mostrada pela seta (luz azul – 1,0mm).

Para cada instrumento foram realizadas três medidas com os dois localizadores foraminais eletrônicos e, para a análise estatística, foram utilizadas as médias obtidas.

Terminada essa fase, iniciou-se a sobreinstrumentação dos canais radiculares, isto é, a dilatação passou a ser realizada com a ponta da lima ultrapassando o forame apical em 1,0mm, a partir da lima tipo K n° 25. A seqüência operatória seguiu os mesmos parâmetros da fase anterior, até atingir a lima tipo K n° 130, realizando-se medidas com cada lima que ultrapassava o forame apical. A lima tipo K n° 10 foi utilizada em todos os diâmetros. Assim como na primeira etapa, também foram realizadas três medidas para cada instrumento com os dois localizadores foraminais eletrônicos, sendo o valor médio utilizado para a análise estatística.

---

## **5 RESULTADOS**

---



## 5 RESULTADOS

As diferenças entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II® foram submetidas à análise estatística, sendo realizados os testes de análise de variância a dois critérios (ANOVA) e de Tukey, com nível de significância de 5%.

As Tabelas 1 e 2 acolhem as médias e desvios-padrão das medidas realizadas com o Mini Apex Locator™, tanto quando a dilatação do canal radicular foi realizada no comprimento de trabalho pré-estabelecido (1,0mm aquém do forame apical) como, também, quando ocorreu a sobreinstrumentação. Nas tabelas 3 e 4 estão os resultados, para as mesmas situações, obtidos com o Root ZX II®.

Já, nas tabelas 5 e 6, estão as comparações entre as médias das medidas obtidas com o Mini Apex Locator™ e o Root ZX II®, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS) e as limas utilizadas no preparo, com correção de Bonferroni. Nas tabelas 7 e 8 as mesmas comparações foram feitas, porém utilizando os dados obtidos apenas com a lima tipo K n° 10.

Nas Tabelas 9 e 10 estão os resultados das comparações entre os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, tanto nos casos com forame íntegro como sobreinstrumentado. Nesses casos foram aplicados os testes T pareados, com correção pelo teste de Bonferroni.



**Tabela 1:** Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Mini Apex Locator<sup>TM</sup>, sem sobreinstrumentação do canal radicular.

<b>Instrumento</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>aa</sup>
Lima 15	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 20	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 25	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 30	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 35	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 40	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,017	0,091 <sup>a</sup>
Lima 45	0,017	0,091 <sup>a</sup>
Lima 10	0,067	0,173 <sup>a</sup>
Lima 50	0,067	0,173 <sup>a</sup>
Lima 10	0,2	0,249 <sup>b</sup>
Lima 55	0,2	0,249 <sup>b</sup>
Lima 10	0,3	0,249 <sup>b</sup>
Lima 60	0,267	0,254 <sup>b</sup>
Lima 10	0,467	0,127 <sup>c</sup>
Lima 70	0,433	0,173 <sup>c</sup>
Lima 10	0,533	0,127 <sup>cd</sup>
Lima 80	0,483	0,159 <sup>c</sup>
Lima 10	0,65	0,233 <sup>d</sup>
Lima 90	0,517	0,091 <sup>c</sup>
Lima 10	0,817	0,245 <sup>e</sup>
Lima 100	0,55	0,153 <sup>cd</sup>
Lima 10	0,983	0,091 <sup>f</sup>
Lima 110	0,667	0,239 <sup>de</sup>
Lima 10	1,033	0,127 <sup>f</sup>
Lima 120	0,75	0,254 <sup>e</sup>
Lima 10	1,1	0,203 <sup>fg</sup>
Lima 130	0,767	0,254 <sup>e</sup>
Lima 10	1,167	0,239 <sup>g</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa a 5% de probabilidade.

**Tabela 2:** Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Mini Apex Locator<sup>TM</sup>, com sobreinstrumentação do canal radicular.

Instrumento	Média	Desvio padrão
Lima 25	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,133	0,225 <sup>a</sup>
Lima 30	0,183	0,245 <sup>b</sup>
Lima 10	0,517	0,207 <sup>b</sup>
Lima 35	0,433	0,173 <sup>c</sup>
Lima 10	0,667	0,239 <sup>b</sup>
Lima 40	0,567	0,173 <sup>cd</sup>
Lima 10	0,933	0,287 <sup>c</sup>
Lima 45	0,683	0,245 <sup>d</sup>
Lima 10	1,167	0,330 <sup>d</sup>
Lima 50	0,867	0,225 <sup>e</sup>
Lima 10	1,4	0,275 <sup>e</sup>
Lima 55	0,983	0,091 <sup>ef</sup>
Lima 10	1,583	0,324 <sup>e</sup>
Lima 60	1,067	0,217 <sup>f</sup>
Lima 10	1,883	0,339 <sup>f</sup>
Lima 70	1,267	0,254 <sup>g</sup>
Lima 10	2,117	0,313 <sup>g</sup>
Lima 80	1,4	0,203 <sup>g</sup>
Lima 10	2,467	0,292 <sup>h</sup>
Lima 90	1,667	0,239 <sup>h</sup>
Lima 10	2,967	0,369 <sup>i</sup>
Lima 100	1,9	0,275 <sup>i</sup>
Lima 10	3,633	0,414 <sup>j</sup>
Lima 110	2,2	0,249 <sup>j</sup>
Lima 10	4,183	0,359 <sup>k</sup>
Lima 120	2,333	0,273 <sup>j</sup>
Lima 10	4,717	0,449 <sup>l</sup>
Lima 130	2,55	0,274 <sup>k</sup>
Lima 10	5,317	0,278 <sup>m</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa a 5% de probabilidade.

**Tabela 3:** Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Root ZX II<sup>®</sup>, sem sobreinstrumentação do canal radicular.

<b>Instrumento</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>aa</sup>
Lima 15	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0
Lima 20	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0
Lima 25	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0
Lima 30	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 35	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 40	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 45	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 50	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 55	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,017	0,091 <sup>a</sup>
Lima 60	0,017	0,091 <sup>a</sup>
Lima 10	0,167	0,239 <sup>b</sup>
Lima 70	0,167	0,239 <sup>b</sup>
Lima 10	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 80	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 10	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 90	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 10	0,567	0,173 <sup>c</sup>
Lima 100	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 10	0,717	0,252 <sup>d</sup>
Lima 110	0,583	0,189 <sup>cd</sup>
Lima 10	0,933	0,173 <sup>e</sup>
Lima 120	0,617	0,215 <sup>d</sup>
Lima 10	1,05	0,152 <sup>f</sup>
Lima 130	0,65	0,233 <sup>d</sup>
Lima 10	1,1	0,203 <sup>f</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa a 5% de probabilidade.

**Tabela 4:** Médias e desvios-padrão das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Root ZX II<sup>®</sup>, com sobreinstrumentação do canal radicular.

<b>Instrumento</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio padrão</b>
Lima 25	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 30	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 35	0,0	0,0 <sup>a</sup>
Lima 10	0,233	0,254 <sup>b</sup>
Lima 40	0,217	0,252 <sup>b</sup>
Lima 10	0,433	0,173 <sup>c</sup>
Lima 45	0,45	0,152 <sup>c</sup>
Lima 10	0,633	0,225 <sup>d</sup>
Lima 50	0,5	0,0 <sup>c</sup>
Lima 10	0,85	0,233 <sup>e</sup>
Lima 55	0,55	0,152 <sup>c</sup>
Lima 10	1,083	0,189 <sup>f</sup>
Lima 60	0,717	0,252 <sup>d</sup>
Lima 10	1,283	0,252 <sup>g</sup>
Lima 70	0,933	0,173 <sup>e</sup>
Lima 10	1,55	0,331 <sup>h</sup>
Lima 80	1,033	0,225 <sup>e</sup>
Lima 10	2,05	0,240 <sup>i</sup>
Lima 90	1,183	0,245 <sup>f</sup>
Lima 10	2,5	0,435 <sup>j</sup>
Lima 100	1,417	0,265 <sup>g</sup>
Lima 10	3,083	0,396 <sup>k</sup>
Lima 110	1,65	0,267 <sup>h</sup>
Lima 10	3,6	0,462 <sup>l</sup>
Lima 120	1,817	0,278 <sup>i</sup>
Lima 10	4,033	0,392 <sup>m</sup>
Lima 130	2,083	0,296 <sup>j</sup>
Lima 10	4,383	0,429 <sup>n</sup>

Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significante a 5% de probabilidade.

**Tabela 5:** Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com as limas utilizadas no preparo, com correção pelo teste de Bonferroni.

<b>Comparação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor de p</b>
Lima 25 FI	0,0	0,0	
Lima 25 FS	0,0	0,0	1,000000
Lima 30 FI	0,0	0,0	
Lima 30 FS	0,183	0,245	0,000307
Lima 35 FI	0,0	0,0	
Lima 35 FS	0,433	0,173	0,000000
Lima 40 FI	0,0	0,0	
Lima 40 FS	0,567	0,173	0,000000
Lima 45 FI	0,017	0,091	
Lima 45 FS	0,683	0,245	0,000000
Lima 50 FI	0,067	0,173	
Lima 50 FS	0,867	0,225	0,000000
Lima 55 FI	0,2	0,249	
Lima 55 FS	0,983	0,091	0,000000
Lima 60 FI	0,267	0,254	
Lima 60 FS	1,067	0,217	0,000000
Lima 70 FI	0,433	0,173	
Lima 70 FS	1,267	0,254	0,000000
Lima 80 FI	0,483	0,159	
Lima 80 FS	1,4	0,203	0,000000
Lima 90 FI	0,517	0,091	
Lima 90 FS	1,667	0,239	0,000000
Lima 100 FI	0,55	0,153	
Lima 100 FS	1,9	0,275	0,000000
Lima 110 FI	0,667	0,239	
Lima 110 FS	2,2	0,249	0,000000
Lima 120 FI	0,75	0,254	
Lima 120 FS	2,333	0,273	0,000000
Lima 130 FI	0,767	0,254	
Lima 130 FS	2,55	0,274	0,000000

Significante se  $p < 0,00048$ .

**Tabela 6:** Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Root ZX II<sup>®</sup>, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com as limas utilizadas no preparo, com correção pelo teste de Bonferroni.

<b>Comparação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor de p</b>
Lima 25 FI	0,0	0,0	
Lima 25 FS	0,0	0,0	1,000000
Lima 30 FI	0,0	0,0	
Lima 30 FS	0,0	0,0	1,000000
Lima 35 FI	0,0	0,0	
Lima 35 FS	0,0	0,0	1,000000
Lima 40 FI	0,0	0,0	
Lima 40 FS	0,217	0,252	0,000057
Lima 45 FI	0,0	0,0	
Lima 45 FS	0,45	0,152	0,000000
Lima 50 FI	0,0	0,0	
Lima 50 FS	0,5	0,0	0,000000
Lima 55 FI	0,0	0,0	
Lima 55 FS	0,55	0,152	0,000000
Lima 60 FI	0,017	0,091	
Lima 60 FS	0,717	0,252	0,000000
Lima 70 FI	0,167	0,239	
Lima 70 FS	0,933	0,173	0,000000
Lima 80 FI	0,5	0,0	
Lima 80 FS	1,033	0,225	0,000000
Lima 90 FI	0,5	0,0	
Lima 90 FS	1,183	0,245	0,000000
Lima 100 FI	0,5	0,0	
Lima 100 FS	1,417	0,265	0,000000
Lima 110 FI	0,583	0,189	
Lima 110 FS	1,65	0,267	0,000000
Lima 120 FI	0,617	0,215	
Lima 120 FS	1,817	0,278	0,000000
Lima 130 FI	0,65	0,233	
Lima 130 FS	2,083	0,296	0,000000

Significante se  $p < 0,00048$ .

**Tabela 7:** Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Mini Apex Locator™, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com a lima 10, com correção pelo teste de Bonferroni.

<b>Comparação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor de p</b>
Lima 10 FI <sup>25</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>25</sup>	0,133	0,225	0,002939
Lima 10 FI <sup>30</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>30</sup>	0,517	0,207	0,000000
Lima 10 FI <sup>35</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>35</sup>	0,667	0,239	0,000000
Lima 10 FI <sup>40</sup>	0,017	0,091	
Lima 10 FS <sup>40</sup>	0,933	0,287	0,000000
Lima 10 FI <sup>45</sup>	0,067	0,173	
Lima 10 FS <sup>45</sup>	1,167	0,330	0,000000
Lima 10 FI <sup>50</sup>	0,2	0,249	
Lima 10 FS <sup>50</sup>	1,4	0,275	0,000000
Lima 10 FI <sup>55</sup>	0,3	0,249	
Lima 10 FS <sup>55</sup>	1,583	0,324	0,000000
Lima 10 FI <sup>60</sup>	0,467	0,127	
Lima 10 FS <sup>60</sup>	1,883	0,339	0,000000
Lima 10 FI <sup>70</sup>	0,533	0,127	
Lima 10 FS <sup>70</sup>	2,117	0,313	0,000000
Lima 10 FI <sup>80</sup>	0,65	0,233	
Lima 10 FS <sup>80</sup>	2,467	0,292	0,000000
Lima 10 FI <sup>90</sup>	0,817	0,245	
Lima 10 FS <sup>90</sup>	2,967	0,369	0,000000
Lima 10 FI <sup>100</sup>	0,983	0,091	
Lima 10 FS <sup>100</sup>	3,633	0,414	0,000000
Lima 10 FI <sup>110</sup>	1,033	0,127	
Lima 10 FS <sup>110</sup>	4,183	0,359	0,000000
Lima 10 FI <sup>120</sup>	1,1	0,203	
Lima 10 FS <sup>120</sup>	4,717	0,449	0,000000
Lima 10 FI <sup>130</sup>	1,167	0,239	
Lima 10 FS <sup>130</sup>	5,317	0,278	0,000000

Significante se  $p < 0,00048$ .

**Tabela 8:** Comparações entre as médias das medidas obtidas com o Root ZX II<sup>®</sup>, considerando os canais com forames íntegros (FI) ou sobreinstrumentados (FS). Medidas realizadas com a lima 10, com correção pelo teste de Bonferroni.

<b>Comparação</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Valor de p</b>
Lima 10 FI <sup>25</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>25</sup>	0,0	0,0	1,000000
Lima 10 FI <sup>30</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>30</sup>	0,0	0,0	1,000000
Lima 10 FI <sup>35</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>35</sup>	0,233	0,254	0,000023
Lima 10 FI <sup>40</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>40</sup>	0,433	0,173	0,000000
Lima 10 FI <sup>45</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>45</sup>	0,633	0,225	0,000000
Lima 10 FI <sup>50</sup>	0,0	0,0	
Lima 10 FS <sup>50</sup>	0,85	0,233	0,000000
Lima 10 FI <sup>55</sup>	0,017	0,091	
Lima 10 FS <sup>55</sup>	1,083	0,189	0,000000
Lima 10 FI <sup>60</sup>	0,167	0,239	
Lima 10 FS <sup>60</sup>	1,283	0,252	0,000000
Lima 10 FI <sup>70</sup>	0,5	0,0	
Lima 10 FS <sup>70</sup>	1,55	0,331	0,000000
Lima 10 FI <sup>80</sup>	0,5	0,0	
Lima 10 FS <sup>80</sup>	2,05	0,240	0,000000
Lima 10 FI <sup>90</sup>	0,567	0,173	
Lima 10 FS <sup>90</sup>	2,5	0,435	0,000000
Lima 10 FI <sup>100</sup>	0,717	0,252	
Lima 10 FS <sup>100</sup>	3,083	0,396	0,000000
Lima 10 FI <sup>110</sup>	0,933	0,173	
Lima 10 FS <sup>110</sup>	3,6	0,462	0,000000
Lima 10 FI <sup>120</sup>	1,05	0,152	
Lima 10 FS <sup>120</sup>	4,033	0,392	0,000000
Lima 10 FI <sup>130</sup>	1,1	0,203	
Lima 10 FS <sup>130</sup>	4,383	0,429	0,000000

Significante se  $p < 0,00048$ .



**Tabela 9:** Comparação entre os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, sem sobreinstrumentação do canal radicular.

Comparação	Instrumento	Valor de p
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 15	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 20	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 25	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 30	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 35	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 40	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,325582
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 45	0,325582
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,043397
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 50	0,043397
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000135
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 55	0,000135
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000001*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 60	0,000009
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 70	0,000003*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,160788
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 80	0,572515
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,001426
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 90	0,325582
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000009
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 100	0,083075
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000003*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 110	0,133973
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,031352
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 120	0,008404
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,263811
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 130	0,005913
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,211314

Significante se  $p < 0,000009$ , indicado por \*.

**Tabela 10:** Comparação entre os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, com sobreinstrumentação do canal radicular.

Comparação	Instrumento	Valor de p
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 25	1,000000
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,002939
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 30	0,000307
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 35	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000001*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 40	0,000002*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 45	0,000109*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 50	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 55	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 60	0,000007*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 70	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 80	0,000001*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000001*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 90	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000023*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 100	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000001*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 110	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 120	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 130	0,000000*
MiniApex Locator™ x Root ZX II®	Lima 10	0,000000*

Significante se  $p < 0,00011$ , indicado por \*.



## **6 DISCUSSÃO**

---



## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 – Da metodologia

Neste estudo, os dentes escolhidos para a realização do experimento foram os incisivos inferiores permanentes. Segundo MORFIS et al., (1994) os incisivos inferiores apresentaram um baixo índice de forames localizados no ápice radicular (posição ortorradial), de cerca de 11,4%, fato que, segundo os autores, serviria para não se utilizar o vértice radiográfico apical como referência para as medições dos dentes. Além disso, os autores relataram, ainda, que a distância média do forame principal ao ápice radicular era cerca de 0,977mm nesses dentes, o que foi importante para a realização deste estudo, já que os localizadores foraminais eletrônicos Root ZX II<sup>®</sup> e Mini Apex Locator<sup>™</sup> foram utilizados e tiveram suas leituras indicadas quando alcançada a medida “1,0” aquém do forame apical.

Outro fator a ser considerado é a medição da espessura radicular no sentido méso-distal a 1,0 e a 4,0mm do forame apical, levando-se em consideração que um dos objetivos do trabalho foi avaliar a influência da espessura de dentina na leitura dos localizadores foraminais eletrônicos. Como o canal radicular localiza-se, na maioria dos casos, no centro do maciço radicular, essas medidas serviram de referência para que a última lima fosse determinada de modo que deixasse, na constrição apical, a menor espessura de dentina possível. Neste estudo, 93,33%, isto é, 28 dentes dos 30 utilizados apresentaram, a 1,0mm aquém do forame apical, espessura radicular no sentido méso-distal de cerca de 1,4mm, o que, após a instrumentação do canal radicular com a lima nº 130, deixaria uma espessura de 0,05mm de tecido dentário em cada parede proximal da raiz nesse nível.

A borda incisal dos dentes foi aplainada por meio de um desgaste com uma politriz com o objetivo de, no momento da medição, possibilitar a manutenção do limitador de penetração com a maior estabilidade possível, para que a obtenção das medidas fosse feita da mesma maneira para todos os instrumentos. Conduta semelhante foi realizada por WU; SHI; HUANG (1992), CZERW et al. (1994), JENKINS et al. (2001), BALDI (2005) e DE CAMARGO et al. (2009). Assim, optou-se pela manutenção da coroa dentária para a realização do experimento, como nos estudos de JENKINS et al. (2001), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST (2002), GOLDBERG et al. (2002), KAUFMAN; KEILA; YOSHPE (2002), POMMER; STAMM; ATTIN (2002), BALDI (2005), D’ASSUNÇÃO et al. (2006), PLOTINO et al. (2006), SHANMUGARAJ et al. (2007), D’ASSUNÇÃO et al. (2007), JAKOBSON et al. (2008), dentre outros, pois consideramos que a secção da coroa dentária na

junção cimento-esmalte, concordando com KOBAYASHI; SUDA (1994), OUNSI; HADDAD (1998), OUNSI; NAAMAN (1999), WEIGER et al. (1999), TINAZ; ALAÇAM; TOPUZ (2002), THOMAS; HARTWELL; MOON (2003), HERRERA et al. (2007), GUISE; GOODELL; IMAMURA (2010) facilitaria o acesso ao canal radicular e não seria indicada em nosso estudo, já que se procurou ficar o mais próximo possível da realidade clínica. Desta forma, a abertura coronária foi feita normalmente, com pontas diamantadas esféricas número 1013 e tronco-cônicas 3082 (KG Sorensen Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil).

Para a determinação do comprimento real do canal radicular uma lima tipo K n° 10, munida de limitador de penetração, foi introduzida no canal até que sua ponta pudesse ser visualizada na altura do forame, com o auxílio de um microscópio, como também fizeram FOUAD et al. (1990), SAITO; YAMASHITA (1990), RIVERA; SERAJI (1993), CZERW; FULKERSON; DONELLY (1994), JENKINS et al. (2001), ELAYOUTI; WEIGER; LÖST (2002), THOMAS; HARTWELL; MOON (2003), BALDI (2005), EBRAHIM; WADACHI; SUDA (2007), BERNARDES et al. (2007), TOSUN et al. (2008), PASCON et al. (2009). A utilização do microscópio possibilitou que se determinasse, com exatidão, a coincidência da ponta da lima com o forame apical, facilitando a obtenção do comprimento real do canal radicular. As medidas foram obtidas com uma régua milimetrada com subdivisões de 0,5mm, semelhante aos estudos de TIDMARSH et al. (1985) e BALDI (2005). A mesma régua foi utilizada para determinar as medidas obtidas com os localizadores foraminais eletrônicos avaliados nesse estudo.

A dilatação do canal radicular foi feita com brocas de Gates Glidden, assim como nos estudos de MAYEDA et al. (1993), RIVERA; SERAJI (1993), PAGAVINO; PACE; BACCETTI (1998), OISHI et al. (2002), HOER; ATTIN (2004), GARCIA (2004), D'ASSUNÇÃO et al. (2006), D'ASSUNÇÃO et al. (2007), GUISE; GOODELL; IMAMURA (2010). Tal procedimento se justifica pelo fato de que o mesmo serve para eliminar as interferências no trajeto do canal radicular, permitindo que a lima alcance o forame apical de maneira mais fácil e direta. Desta forma, a leitura realizada com os localizadores foraminais eletrônicos seria mais precisa, como relataram em seus estudos IBARROLA et al. (1999), JENKINS et al. (2001), TINAZ et al. (2002), WELK; BAUMGARTNER; MARSHALL (2003), DE CAMARGO et al. (2009).

O modelo experimental utilizado nesse estudo difere dos propostos por NAHMIA; AURELIO; GERSTEIN (1987) e DONNELLY (1993), pois, enquanto os primeiros autores recomendaram que se usasse um tubo de polietileno preenchido com ágar a 2% em solução salina tamponada, DONNELLY sugeriu a substituição do ágar por gelatina comercial sem

açúcar e solução de cloreto de sódio a 0,9% como solução tamponada. Em nosso estudo, optou-se pelo desenvolvimento de um aparato diferente, constituído por dois segmentos de PVC: um de menor diâmetro, correspondente a meia polegada por 2,0cm de comprimento, com as duas extremidades abertas e outro, de maior diâmetro (três quartos de polegada), com uma das extremidades fechada e com diâmetro interno equivalente ao diâmetro externo do primeiro segmento. Além disso, o material usado para preencher o segmento de maior calibre foi o alginato, ao invés do ágar, como proposto pelos autores citados. A opção pelo alginato deveu-se ao fato de que estudos mais recentemente realizados utilizaram-se desse material (TINAZ et al. 2002, TINAZ et al. 2002, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, 2002, BERNARDES et al., 2007, HERRERA et al., 2007, D'ASSUNÇÃO et al., 2007, TOSUN et al., 2008, BODUR et al., 2008, ANGWARAVONG; PANITVISAI, 2008, PASCON et al., 2009, DE CAMARGO et al., 2009, VERSIANI et al., 2009, MOURA-MELO et al., 2010) e encontraram excelentes resultados. Contudo, a constatação mais relevante para a escolha pelo alginato foi feita baseando-se no estudo de BALDI et al. (2007), no qual os autores compararam a influência de diferentes meios (ágar a 1%, gelatina, alginato, solução salina e uma esponja utilizada para arranjos florais embebida em solução salina) em que os dentes eram colocados para a obtenção de medidas com os localizadores foraminiais eletrônicos. Verificaram que o alginato foi o meio que apresentou melhores resultados, pois apresentou uma boa eletrocondutividade e permaneceu ao redor da raiz, simulando o ligamento periodontal com sua consistência coloidal.

A partir do momento em que surgiram aparelhos capazes de realizar a medição eletrônica dos canais radiculares com umidade em seu interior, vários estudos foram feitos com a intenção de verificar qual solução irrigadora poderia ou deveria ser utilizada (FOUAD; RIVERA; KRELL, 1993, FRANK; TORABINEJAD, 1993, KAUFMAN; KATZ, 1993, KOBAYASHI; SUDA, 1994, ARORA; GULABIVALA, 1995, CZERW et al., 1995, PILOT; PITTS, 1997, WEIGER et al., 1999, JENKINS et al., 2001, TINAZ et al., 2002, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, 2002, LEE et al., 2002, MEARES; STEIMAN, 2002, VENTURI; BRESCHI, 2005, FAN et al., 2006, EBRAHIM et al., 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA, 2007, VENTURI; BRESCHI, 2007). Segundo JENKINS et al., 2001, as soluções irrigadoras, independente de qual seja utilizada, não causam interferência nas leituras feitas com os localizadores foraminiais eletrônicos. Optou-se, nesse estudo, pela utilização do hipoclorito de sódio a 1% (solução de Milton), já que tal solução é a mais utilizada na Endodontia durante o preparo dos canais radiculares. Além disso, de acordo com TINAZ et al., 2002, e MEARES; STEIMAN, 2002, o hipoclorito de sódio, em qualquer concentração, não tem influência nas



leituras realizadas com os localizadores foraminais eletrônicos. Porém, existem relatos na literatura de que o hipoclorito de sódio, tanto pode influenciar as leituras de forma negativa (ARORA; GULABIVALA, 1995, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, 2002, VENTURI; BRESCHI, 2005, FAN et al., 2006), quanto de forma positiva (WEIGER et al., 1999, EBRAHIM et al., 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA, 2007). Entretanto, devem ser feitas algumas considerações: no estudo de ARORA; GULABIVALA, 1995, quando se utilizou o hipoclorito de sódio como solução irrigadora do canal radicular, o índice de precisão nas leituras feitas com o aparelho RCM Mark II foi de 20%. Contudo, deve-se levar em consideração que o RCM Mark II é um aparelho cujo funcionamento é baseado no princípio da resistência, e aparelhos desse tipo apresentavam um grande problema, que segundo MCDONALD, 1992, residia no fato dos mesmos apresentarem medições imprecisas quando o canal radicular apresentava qualquer tipo de umidade em seu interior, fechando o circuito numa posição anterior à do forame apical. Tanto que, quando considerados os resultados do outro localizador testado por ARORA; GULABIVALA, 1995, o Endex, cujo funcionamento é baseado no princípio da frequência, o índice de precisão na presença do hipoclorito de sódio foi de 100%. Assim, voltamos a salientar que o hipoclorito de sódio foi escolhido para ser utilizado nesse estudo com base nos resultados obtidos por JENKINS et al., 2001, MEARES; STEIMAN, 2002, e TINAZ et al., 2002.

Outro fator a ser analisado é a posição utilizada como referência nos localizadores foraminais eletrônicos. Verificou-se que, em alguns estudos já realizados, a metodologia adotada pelos autores foi a de utilizar a marcação “APEX” ou “0,0” dos aparelhos (PRATTEN; MCDONALD, 1996, PAGAVINO; PACE; BACCETI, 1998, WEIGER et al., 1999, LEE et al., 2002, EBRAHIM et al., 2006). Já, outros autores (KATZ; MASS; KAUFMANN, 1996, SHABAHANG; GOON; GLUSKIN, 1996, VAJRABHAYA; TEPMONGKOL, 1997, ELAYOUTI; WEIGER, LÖST, 2002, MEARES; STEIMAN, 2002, BALDI, 2005) indicaram que a marcação utilizada deveria ser a de “0,5”mm; existem, ainda, aqueles que afirmam que, primeiramente, deve-se atingir a posição “APEX” ou “0,0” e, então, recuar por volta de 0,5 a 1,0mm (PAGAVINO; PACE; BACCETI, 1998, DUNLAP et al., 1998, GOLDBERG et al., 2002, HERRERA et al., 2007). BERNARDES et al., 2007, mostraram que o Root ZX<sup>®</sup> apresentou um índice de precisão de 97,5% quando utilizado na posição “1,0”. Já, VERSIANI et al., 2009, ao compararem a precisão do Root ZX II<sup>®</sup> em detectar a constrição apical verificaram que a posição “0,5” teve um índice de acerto maior que a posição “1,0”. Contudo, os autores recomendaram que a posição “1,0” no display do Root ZX II<sup>®</sup> deveria ser a escolhida para a realização das medições eletrônicas com esse

aparelho, pois nessa posição o risco de superestimação do comprimento do canal radicular é menor. Considerando que ainda não há um consenso sobre qual posição indicada no display dos localizadores foraminais eletrônicos seja a melhor e a mais confiável para a realização das medidas e, além disso, sabendo-se que o limite apical de instrumentação deve coincidir com a junção cimento-dentinária, posição esta considerada ideal por ser a mais próxima à constrição apical, e que na maioria dos casos está localizada à cerca de 1,0mm aquém do forame apical, a nossa escolha foi a de realizar as medidas, tanto com o Root ZX II<sup>®</sup> como com o Mini Apex Locator<sup>™</sup>, utilizando a posição “1,0”, inclusive, para servir de parâmetro com a extensão de trabalho pré-determinada, após a medida real do comprimento do canal radicular, realizada com a lima e o microscópio.

A opção pela lima n<sup>o</sup> 25 para ser a primeira a ser utilizada com a finalidade de ampliar o forame apical levou em consideração o fato de que a constrição apical, que é o ponto de menor diâmetro do canal radicular, tem, em média, um diâmetro de 0,27mm em jovens e 0,23mm em idosos (RAMOS; BRAMANTE, 2001).

A escolha pelos aparelhos Root ZX II<sup>®</sup> (J. Morita, MFG Corp., Kyoto, Japão) e Mini Apex Locator<sup>™</sup> (SybronEndo, Sybron Dental, Anaheim, Estados Unidos da América) deveu-se ao fato de serem, os mesmos, relativamente novos no mercado e, também, por ainda terem sido pouco avaliados cientificamente. O Mini Apex Locator<sup>™</sup> é um aparelho pequeno, leve e, segundo o fabricante, de fácil manuseio. O Root ZX II<sup>®</sup>, além da função de localizador foraminal, também pode ser utilizado para a instrumentação dos canais radiculares, fazendo uso de instrumentos rotatórios. Alguns estudos (FELIPPE et al., 2008, JAKOBSON et al., 2008) avaliaram a possibilidade de se utilizar esse aparelho com as duas funções, operando simultaneamente. Porém, nesses estudos, os autores constataram que o Root ZX II<sup>®</sup> não foi eficiente em manter o controle da extensão de trabalho durante a instrumentação rotatória, mesmo com o uso do auto-reverso. Outros estudos realizados (D’ASSUNÇÃO et al., 2007, LEONARDO et al., 2008, DE CAMARGO et al., 2009, SIU; MARSHALL; BAUMGARTNER, 2009, D’ASSUNÇÃO et al., 2010) compararam esses aparelhos entre si e também com outros localizadores foraminais eletrônicos. Contudo, a discussão a respeito desses estudos será feita quando da discussão dos resultados.

## 6.2 – Dos resultados

Os aparelhos de terceira geração têm o seu princípio de funcionamento baseado na mensuração com corrente alternada a partir de duas ou mais frequências (método da

impedância frequência dependente). Segundo RAMOS; BRAMANTE (2005), tais aparelhos baseiam-se na detecção da diminuição da espessura de dentina em relação ao terço final do canal radicular (últimos 3,0mm apicais do canal). Desta forma, o princípio que rege o funcionamento dos localizadores foraminais eletrônicos tipo frequência estaria vinculado ao fato de as paredes do canal radicular possuírem uma impedância maior que o forame apical, representando, eletricamente, um capacitor. Assim, o quociente, ou a diferença, calculado a partir de dois valores de frequências, mantêm-se constante quando a ponta da lima, inserida no canal radicular, está distante do forame apical, aumentando consideravelmente ao se aproximar da constrição apical.

Alguns autores (IIZUKA et al., 1987, RAMOS; BRAMANTE, 2005) relataram que as paredes do canal radicular apresentam baixa condutividade elétrica e, à medida que se aproxima do terço apical, essa capacidade é diminuída, pois o tecido dentinário torna-se menos espesso. Tal diminuição é vista como diminuição da impedância da dentina. Como mostraram PILOT; PITTS (1997), a maior variação na impedância ocorreu a aproximadamente 0,25mm aquém do forame apical. Considerando que os procedimentos operatórios em Endodontia deverão estar contidos em um limite que não cause danos aos tecidos periapicais, favorecendo o reparo após o tratamento, que esse limite seria a constrição apical e que, de acordo com KUTTLER (1957), a mesma está localizada, em média, a 1,0mm aquém do forame apical, a maior variação de impedância mostrada por PILOT; PITTS (1997) estaria localizada entre a constrição apical e o forame apical, ou seja, no canal cementário.

Considerando os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 3, que mostram as médias e desvios padrões das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com o Mini Apex Locator™ e o Root ZX II® quando a constrição apical foi mantida, indicam que a diferença entre os valores obtidos com a primeira lima utilizada (lima nº 10) e a lima usada para confeccionar o batente apical (lima nº 130) foi, na média, de 0,767mm (Tabela 1) para o MiniApex Locator™ e de 0,650mm (Tabela 3) para o Root ZX II®. Pensando que a maioria dos dentes utilizados nesse estudo (28 dos 30 dentes) apresentou uma espessura radicular de 1,4mm a 1,0mm aquém do forame apical e que, quando medida a 4,0mm aquém do forame apical, a espessura média foi de 1,8mm, devemos fazer a seguinte reflexão: caso a espessura dentinária das paredes do canal radicular tivesse alguma influência na precisão da leitura realizada com os localizadores foraminais eletrônicos, já que haveria uma diminuição da impedância da dentina nos 3,0mm apicais do canal, conforme afirmaram IIZUKA et al., 1987 e RAMOS; BRAMANTE, 2005, a espessura de dentina a 4,0mm aquém do forame apical seria igual à espessura inicial, a 1,0mm aquém do forame apical, quando a

instrumentação do canal chegasse ao instrumento nº 35. Isso significaria que, a partir da lima nº 35, as leituras dos localizadores foraminais eletrônicos deveriam indicar a posição da constrição apical a 4,0mm aquém do forame apical. Mantida a proporção, seria praticamente impossível utilizar instrumentos calibrosos, como a lima nº 130, para realizar a medição eletrônica do canal radicular. Como mostram os resultados das Tabelas 1 e 3, quando utilizada a lima nº 35 para a medição com os aparelhos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, a diferença entre o comprimento de trabalho e as medidas eletrônicas foi de 0,0mm, ou seja, apesar de já haver uma diminuição da espessura dentinária das paredes do canal radicular, pois, conforme descrito na metodologia, a medição eletrônica era feita após a instrumentação do canal radicular com a lima a ser utilizada para a medição, tal diminuição não alterou a precisão dos localizadores foraminais eletrônicos. Assim, concordamos com USHYIAMA (1983), que desenvolveu o método para determinar o comprimento de trabalho do canal radicular de maneira que o mesmo pudesse estar preenchido com eletrólitos, baseando-se no fenômeno elétrico dos tecidos duros dentais (esmalte, dentina e cimento) apresentarem-se como isolantes elétricos, e que ao determinar-se a variação do gradiente de voltagem de uma corrente elétrica (por meio da medição da milivoltagem entre dois eletrodos), a constrição apical seria detectada; tal fenômeno se deve ao fato da intensidade de corrente elétrica (voltagem) ser inversamente proporcional ao diâmetro do meio condutor (no caso, o canal radicular).

Analisando-se, ainda, as Tabelas 1 e 3, constatou-se que a diferença entre o comprimento de trabalho e as medidas obtidas com os localizadores foraminais eletrônicos passou a ser significativa a partir da lima nº 55, no caso do Mini Apex Locator™, e a partir da lima nº 70 para o Root ZX II®. Quando analisadas apenas a lima nº 10, a diferença passou a ser significativa após o uso da lima nº 50 para o Mini Apex Locator™ e após a lima nº 60, no caso do Root ZX II®. Tais resultados estão em concordância com os obtidos por EBRAHIM et al. (2006), que mostraram que conforme o diâmetro do canal radicular aumenta, a medida indicada por limas de menor diâmetro é menor do que a medida inicialmente registrada.

As Tabelas 2 e 4 apresentam os resultados das diferenças, em milímetros, entre os comprimentos de trabalho e as medidas obtidas com os localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, com a eliminação da constrição apical e o consequente aumento do diâmetro do forame apical. Os resultados mostram, claramente, que houve um aumento da imprecisão dos aparelhos, apresentando leituras mais curtas. Ainda, nas Tabelas 5 e 6, em que são feitas as comparações entre limas do mesmo diâmetro utilizadas para a medição eletrônica na presença e na ausência da constrição apical, a diferença fica mais

evidente; o mesmo acontece com os resultados apresentados nas Tabelas 7 e 8, em que as mesmas comparações são feitas, porém, considerando a lima n° 10. Desta forma, os resultados encontrados estão de acordo com os de SAITO; YAMASHITA, 1990, KAUFMAN; KATZ, 1993, RAMOS; BERNARDINELLI, 1994, EBRAHIM et al, 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA, 2006, HERRERA et al, 2007, que mostraram leituras mais curtas em dentes com os forames apicais ampliados. Concordamos, ainda, com a afirmação de BERMAN, FLEISCHMANN, 1984, de que a presença da constrição apical delimita o isolamento elétrico parcial do canal radicular em relação aos tecidos periapicais e sua continuidade com os demais tecidos bucais, e que esse limite norteia a leitura dos localizadores foraminais eletrônicos. Por isso, BERMAN; FLEISCHMAN, 1984, ABBOTT, 1987, HUANG, 1987, HÜLSMAN; PIEPER, 1989, WU; SHI; HUANG, 1992, MAYEDA et al., 1993, ARORA; GULABIVALA, 1995, PILOT; PITTS, 1997, DUNLAP et al., 1998 estavam corretos em apontar a possibilidade da ausência da constrição apical comprometer a precisão das medições eletrônicas, como ocorre nos casos de ápice incompleto, reabsorção apical avançada e sobreinstrumentação, pois o fluxo de corrente elétrica, nesse local, estará alterado, propiciando valores de gradientes de voltagem muito próximos aos valores dos tecidos periapicais, provocando leituras anteriores à posição pré-determinada de 1,0mm aquém do forame apical.

Com relação aos localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®, as Tabelas 9 e 10 trazem as comparações entre eles quando a constrição apical foi mantida e quando foi removida. É interessante notar que, quando houve a manutenção da constrição apical, em apenas um instrumento (lima n° 70) e em três repetições da lima n° 10 (após as limas n° 55, 60 e 100) a diferença entre os aparelhos foi significativa, com superioridade de precisão do Root ZX II®. Já, nos casos em que houve a eliminação da constrição apical com a conseqüente ampliação do forame apical, o Root ZX II® mostrou maior precisão, inclusive com significância estatística, a partir da lima n° 35 e da lima n° 10 utilizada após a lima n° 30. De maneira geral, o Root ZX II® foi mais preciso que o Mini Apex Locator™, assim como mostraram SIU; MARSHALL; BAUMGARTNER, 2009 e D'ASSUNÇÃO et al., 2010.

Pelos resultados obtidos, acreditamos que as variáveis capazes de influenciar a precisão das leituras com os localizadores foraminais eletrônicos sejam a eliminação da constrição apical com o conseqüente aumento do diâmetro do forame apical, ao contrário da espessura da parede dentinária do canal radicular, que não interferiu significativamente na precisão das leituras.

### 6.3 Considerações finais

Na realização de uma pesquisa, dessa natureza, muitas variáveis estão presentes. Procurou-se eliminar o máximo delas, porém, algumas permaneceram.

Cuidados foram tomados para que apenas um operador realizasse todas as etapas operatórias, buscando sempre que o cansaço não interferisse nos procedimentos. Assim, para a instrumentação e determinação da odontometria com os localizadores foraminais eletrônicos, determinou-se que haveria um limite de tempo e uma quantidade de dentes a terem os canais radiculares instrumentados e medidos com os dois aparelhos utilizados nesse estudo. Além disso, a renovação do alginato colocado no modelo experimental foi uma preocupação que se teve durante o trabalho, já que tal material perde água com o passar do tempo e esse ressecamento poderia interferir na precisão das leituras. Desta forma, o alginato colocado inicialmente foi substituído após a instrumentação e medição eletrônica realizada até a lima nº 40 e novamente trocado após o uso até a lima nº 80, o que possibilitou um tempo de vida útil do alginato para um número de medições mais ou menos equivalentes (12 limas inicialmente, 10 intermediárias e 11 finais) quando a constrição apical foi mantida. A partir do momento em que se passou a ampliar o forame apical, iniciando-se com a lima nº 25, as trocas de alginato ocorreram após a medição com a lima nº 10 utilizada posteriormente à nº 45 e também após a medição com a lima nº 10 utilizada depois da nº 80, sendo utilizadas 10 limas para cada intervalo de alginato renovado.

Outro cuidado que se teve foi o de verificar a consistência dos localizadores foraminais eletrônicos Mini Apex Locator™ e Root ZX II®. ELAYOUTI et al. (2009) definiram consistência como sendo a permanência estável da escala de barras do visor dos aparelhos e que a movimentação dessa escala deve ocorrer apenas com a movimentação da lima no canal radicular. No caso do Mini Apex Locator™, o aparelho não apresenta uma escala de barras, e sim marcações luminosas que indicam desde 2,0mm aquém do “ápice” até a indicação “past apex”; assim, as leituras foram consideradas válidas quando, ao atingir a marcação “1,0”, a luz ficava acesa e o sinal sonoro funcionando durante 5 segundos. O mesmo tempo foi considerado para o Root ZX II® quando a escala de barras alcançou a marcação “1,0” e o sinal sonoro indicou tal posição, apesar desse aparelho permitir a supressão do som.

Além disso, com o intuito de fazer com que o estudo se tornasse mais preciso e confiável, todas as medidas com os localizadores foraminais eletrônicos foram obtidas em

triplicata, assim como fizeram HERRERA et al. (2007), sendo a média dos valores obtidos utilizada para a análise estatística.

Agora, cabem aqui algumas reflexões. Alguns autores (STEIN; CORCORAN; ZILICH, 1990, HOER; ATTIN, 2004, RAMOS; BRAMANTE, 2005) ao falarem sobre comprimento de trabalho na operatória endodôntica, relatam que o forame apical divide-se em forame maior e forame menor. De acordo com o dicionário MICHAELIS, a palavra forame vem do latim, “foramen”, e seu significado é “abertura”; em anatomia, significa “orifício ou passagem natural”. Analisando anatomicamente o canal radicular principal, como se explica que apenas um canal possa apresentar duas aberturas ou orifícios sem que tal canal seja bifurcado? Desta forma, discordamos dos autores que adotam a nomenclatura “forame maior” e “forame menor”. O ponto que chamam de “forame menor” é, na verdade, a constrição apical, que é o ponto onde o canal radicular apresenta o menor diâmetro em todo o seu trajeto. Aliás, como já é fato consagrado na Endodontia e demonstrado por KUTTLER (1955) e SELTZER; SOLTANOFF; SMITH (1973), a constrição apical é o ponto em que se devem limitar a instrumentação e a obturação do canal radicular, pois, assim os índices de sucesso do tratamento endodôntico aumentam.

Outro ponto importante é o seguinte: qual é o motivo pelo qual as medidas indicadas pelos localizadores foraminais eletrônicos são mais curtas quando se utiliza a lima tipo K n° 10? De acordo com os fabricantes, tanto do Mini Apex Locator™ como do Root ZX II®, a lima tipo K n° 10 pode e/ou deve ser utilizada para se realizar a medição eletrônica do comprimento do canal radicular. NGUYEN et al. (1996) mostraram que, quando comparadas as medidas realizadas com o Root ZX® utilizando-se as limas tipo K n° 10 e 60 em canais radiculares ampliados, os resultados foram semelhantes. Porém, há que se ressaltar que as medições foram realizadas com os canais radiculares secos. VENTURI; BRESCHI (2005) relataram que o Root ZX® apresentou-se instável quando utilizado sob condições de baixa condutividade elétrica, ou seja, em canais secos, pois, conforme afirmou USHYIAMA (1983), os tecidos dentários são isolantes elétricos. Segundo PILOT; PITTS (1997) líquidos condutores de corrente elétrica proporcionaram menores mudanças nos valores de impedância do que soluções não condutoras. No estudo realizado por OISHI et al. (2002), os autores relataram o uso da solução de hipoclorito de sódio a 6% preenchendo o canal radicular durante a medição com o Root ZX®. Segundo os autores, o uso dessa solução se fez necessário porque as paredes do canal radicular possuem uma alta impedância, e como a solução de hipoclorito de sódio é condutora de corrente elétrica, ao conseguir penetrar nos túbulos dentinários, diminuiria a impedância das paredes dentinárias do canal radicular. Seria

---

isso possível? Considerando a afirmação de HUANG (1987) de que o fenômeno que propicia a leitura dos localizadores recai em um processo físico e não de características biológicas e, também, que tanto o calibre do forame apical como a presença de solução irrigadora condutora de corrente elétrica interferem na leitura realizada com esses aparelhos; que nos estudos de EBRAHIM; WADACHI; SUDA (2006) e HERRERA et al. (2007) foi utilizado o hipoclorito de sódio como solução irrigadora e que os resultados obtidos são semelhantes aos deste estudo, isto é, a lima tipo K n° 10 apresentou leituras significativamente mais curtas quando o forame apical foi ampliado até a lima tipo K n° 130, julgamos que uma hipótese possível para a explicação desse fato esteja na dependência do líquido irrigador utilizado para a realização da medida: um canal, quando alargado e preenchido com hipoclorito de sódio, se uma lima tipo K n° 10 for colocada no seu interior, esta ficará frouxa no canal radicular, tendo ao seu redor grande quantidade de líquido condutor de corrente elétrica. Já a lima que dilatou o canal terá a quantidade de líquido à sua volta, diminuída, à medida que se aproxima do batente apical. Assim, ela terá que ser introduzida um pouco mais para indicar a medida, isto é, para que o circuito elétrico aconteça.

Sem dúvida, apesar dos resultados encontrados nessa pesquisa, pode-se considerar que os mesmos ainda encontram-se um pouco limitados. Assim, novas pesquisas deverão ser conduzidas futuramente, para que as dúvidas possam ser solucionadas. Todavia, fica o alerta: as paredes dos canais radiculares são isolantes elétricos perfeitos, independente da espessura das mesmas e, o processo de leitura só é possível de ocorrer via comunicação do canal com o ligamento periodontal e o mesmo será mais facilitado, provocando medidas mais curtas, quanto maior for o diâmetro dessa comunicação.

---





## **7 CONCLUSÕES**

---



## 7 CONCLUSÕES

Considerando a metodologia utilizada e os resultados obtidos nesse estudo, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

7.1 A espessura da parede dentinária do canal radicular não influenciou significativamente a precisão das leituras realizadas com os localizadores foraminais eletrônicos;

7.2 A eliminação da constrição apical, e o conseqüente aumento do diâmetro do forame apical, influenciaram a precisão de leitura dos localizadores foraminais eletrônicos, ocasionando medidas mais curtas.

7.3 Dentre os aparelhos, o Root ZX II<sup>®</sup> mostrou um índice de precisão maior, sem significância estatística na presença da constrição apical e estatisticamente significante na sua ausência e com o forame apical ampliado.

---



## **REFERÊNCIAS**

---



---

**REFERÊNCIAS**

Angwaravong O, Panitvisai P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. *Int Endod J.* 2008;42(2):115-21.

Arora RK, 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.* 1995;79(4):497-503.

Aun CE, Gavini G, Moura AAM. Avaliação clínica de um localizador apical audiométrico na determinação do comprimento dos canais radiculares. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 1988; 42(6):346-8.

Aun CE, Moura AAM, Gavini G, Santocchi Jr C. Determinação do comprimento de canais radiculares através do uso de localizador apical. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 1988;42(6):349-51.

Baldi JV. Influência do diâmetro do forame apical e do calibre do instrumento endodôntico nas leituras odontométricas proporcionadas por dois aparelhos localizadores apicais [tese]. Bauru (SP): Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo; 2005.

Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA, Moraes IG, Bramante CM, Garcia RB et al. Influence of embedding media on the assessment of electronic apex locators. *J Endod.* 2007;33(4):476-9.

Becker GJ, Lankelma P, Wesselink PR, Thoden van Velsen SK. Electronic determination of root canal length. *J Endod.* 1980;6(12):876-80.

Berman LH, Fleischmann SB. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. *J Endod.* 1984;10(4):164-7.

Bernardes RA, Duarte MAH, Vasconcelos BC, Moraes IG, Bernardineli N, Garcia RB et al. Evaluation of precision of length determination with 3 electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, and RomiAPEX D-30. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(4):e91-4.

Best EJ, Gervasio W, Sowle JT, Winter S, Gurney F. A new method of tooth length determination for endodontic practice. *Dent Dig.* 1960;66:450-4.

---



Blank LW, Tenca JI, Pelleu GB. Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. *J Endod.* 1975;1(4):141-5.

Bodur H, Odabas M, Tulunoglu Ö, Tinaz AC. Accuracy of two different apex locators in primary teeth with and without root resorption. *Clin Oral Invest.* 2008;12:137-41.

Bramante CM, Berbert A. A critical evaluation of some methods of determining tooth length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1974;37(3):463-73.

Bregman RC. A mathematical method of determining the length of a tooth for root canal treatment and filling. *J Can Dent Assoc.* 1950;16:305-6.

Briseño-Marroquín B, Frajlilich S, Goldberg F, Willershausen B. Influence of instrument size on the accuracy of different apex locators: an in vitro study. *J Endod.* 2008;34(6):698-702.

Britto Jr LS, Biral RR, Valdrighi L. Estudo comparativo dos métodos eletrônico e radiográfico nas odontometrias. *Rev Paul Odont.* 1989;11(3):2-14.

Brunton PA, Abdeen D, MacFarlane TV. The effect of an apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. *J Endod.* 2002;28(7):524-6.

Busch LR et al. Determination of accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. *J Endod.* 1976;2(10):295-7.

Cash PW. Electronic measurement of root canals. *Dent Surv.* 1972;48(12):19-20.

Chong BS, Pitt Ford TR. Apex locators in endodontics: which, when and how? *Dent Update.* 1994;21(8):328-30.

Christie WH, Peikoff MD, Hawrlish CE. Clinical observations on a newly designed electronic apex locator. *J Can Dent Assoc.* 1993;59(9):765-72.

Chunn CB, Zardiackas LD, Menke RA. An in vivo root canal length determination using the Foramer. *J Endod.* 1981;7(11):515-20.

---

---

Coutinho TF, Siqueira NL. Avaliação qualitativa “in vivo” da eficiência do localizador apical elétrico – Apit. *Rev Bras Odontol.* 1994;51(6):50-3.

Custer LE. Exact methods of location the apical foramen. *J Nat Dent Assoc.* 1918;5(8):815-9.

Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnely JC. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. *J Endod.* 1994;20(12):605-6.

Czerw RJ, Fulkerson MS, Donnely JC, Walmann JO. In vitro evaluation of the accuracy of several electronic apex locators. *J Endod.* 1995;21(11):572-5.

Dahlin J. Medición electrométrica del foramen apical: un nuevo método para el diagnóstico y la terapia endodóncica. *Quintessence Esp.* 1980;2:15-24.

D’assunção FLC, Albuquerque DA, Ferreira LCQ. The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. *J Endod.* 2006;32(6):560-2.

D’assunção FLC, Albuquerque DA, Salazar-Silva JR, Ferreira LCQ, Bezerra PM. The accuracy of root canal measurements using the Mini Apex Locator and Root ZX II: an evaluation in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;104(3):e50-3.

D’assunção FLC, Albuquerque DA, Salazar-Silva JR, dos Santos VC, Sousa JC. Ex vivo evaluation of the accuracy and coefficient of repeatability of three electronic apex locators using a simple mouting model: a preliminary report. *Int Endod J.* 2010;43(4):269-74.

De Camargo EJ, Ordinola-Zapata R, Medeiros PL, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. *J Endod.* 2009;35(9):1300-2.

Donnely JC. A simplified model to demonstrate the operation of root canal measuring devices. *J Endod.* 1993;19(11):579-80.

Dunlap CA, Remeikis NA, BeGole EA, Rauschenberger CR. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. *J Endod.* 1998;24(1):48-50.

---

Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Ex vivo evaluation of the ability of four different electronic apex locators to determine the working length in teeth with various foramen diameters. *Aus Dent J.* 2006;51(3):258-62.

Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. In vitro evaluation of the accuracy of five different electronic apex locators for determining the working length of endodontically retreated teeth. *Aus Endod J.* 2007;33:7-12.

Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. *Aus Dent J.* 2007;52(3):193-7.

Ebrahim AK, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged canals: an in vitro study. *Aus Dent J.* 2006;51(2):153-7.

Elayouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod.* 2009;35(2):179-81.

Elayouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod.* 2001;27(1):49-52.

Elayouti A, Weiger R, Löst C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. *J Endod.* 2002;28(2):116-9.

Ezura A, Mizunuma H. An evaluation of the gradient method and other electrical methods of measuring the root canal length. *Nippon Dent Univ Annual Publ.* 1991;25:61-2.

Fan W, Fan B, Gutmann JL, Bian Z, Fan MW. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. *Int Endod J.* 2006;39(2):127-35.

Felippe MCS, Soares IJ. In vitro evaluation of an audiometric device in locating the apical foramen of teeth. *Endod Dent Traumatol.* 1994;10:220-2.

Felippe WT, Felippe MCS, Reyes Carmona J, Crozoé FCI, Alvisi BB. Ex vivo evaluation of the ability of the Root ZX II to locate the apical foramen and to control the apical extent of rotary canal instrumentation. *Int Endod J.* 2008;41(6):502-7.

Ferreira CM, Fröner IC, Duarte MAH, Moraes IG. Avaliação clínica do localizador eletrônico apical em Endodontia. *Stoma.* 2000;10(57):5-8.

---

---

Fouad AF, Krell KV. An in vitro comparison of five root canal length measuring instruments. *J Endod.* 1989;15(12):573-7.

Fouad AF, Krell KV, McKendry DJ, Koobusch GJ, Olson RA. Clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. *J Endod.* 1990;16(9):446-9.

Fouad AF, Reid LC. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. *J Endod.* 2000;26(6):364-7.

Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod.* 1993;19(2):63-7.

Frank AL, Torabinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod.* 1993;19(4):177-9.

Garcia GA. Evaluación clínica de un nuevo dispositivo electrónico en la determinación de la longitud de trabajo. *Rev Assoc Odont Arg.* 2004;92(4):301-3.

Goldberg F, De Silvio AC, Manfré S, Nastri N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. *J Endod.* 2002;28(6):461-3.

Goldberg F, Briseño-Marroquín B, Frajlich S, Dreyer C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. *J Endod.* 2005;31(9):676-8.

Gordon MPJ, Chandler NP. Electronic apex locator – review. *Int Endod J.* 2004;37(7):425-37.

Grimberg F, Banegas G, Chiacchio L, Zmener O. In vitro determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating hand piece. *Int Endod J.* 2002;35(7):590-3.

Guise GM, Goodell GG, Imamura GM. In vitro comparison of three electronic apex locators. *J Endod.* 2010;36(2):279-81.

Gutmann JL, Leonard J. Problem solving in endodontic working-length determination. *Compend Contin Educ Dent.* 1995;16(3):288-302.

---

Hembrough JH, Weine FS. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. *J Endod.* 1993;19(5):242-5.

Herrera M, Ábalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. *J Endod.* 2007;33(8):995-8.

Hilú RE. Estudio “in vivo” del localizador apical Foramatron IV en la determinación de la longitud de trabajo. *Rev Assoc Dent Arg.* 2001;89(4):427-9.

Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J.* 2004;37(2):125-31.

Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. *J Endod.* 1987;13(2):60-4.

Hülsman M, Pieper K. Use of an electronic apex locator in treatment of teeth with incomplete root formation. *Endod Dent Traumatol.* 1989;5:238-41.

Ibarrola JL, Chapman BL, Howard JH, Knowles KI, Ludlow MO. Effect of preflaring on Root ZX apex locators. *J Endod.* 1999;25(9):625-6.

Iizuka H, Hasegawa K, Takei M, Kato Y, Nihei M, Ohashi M. A study on electric method for measuring root canal length. *J Nihon Univ Sch Dent.* 1987;29(4):278-86.

Ingle JJ. Endodontics instruments and instrumentation. *Dent Clin North Am.* 1957;1:805-22.

Inoue N. An audiometric method for determining the length of root canals. *J Can Dent Assoc.* 1973;9:630-6.

Inoue N; Skinner DH. A simple and accurate way of measuring root canal length. *J Endod.* 1985;11(10):421-7.

Jakobson SJM, Westphalen VPD, Silva Neto UX, Fariniuk LF, Picoli F, Carneiro E. The accuracy in the control of the apical extent of rotary canal instrumentation using Root ZX II and ProTaper instruments: an in vivo study. *J Endod.* 2008;34(11):1342-5.

---

---

Jenkins JA, Walker WA 3rd, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. *J Endod.* 2001;27(3):209-11.

Katz A, Mass E, Kaufman AY. Electronic apex locator: a useful tool for root canal treatment in the primary dentition. *J Dent Child.* 1996;6(63):414-7.

Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1991;72:248-52.

Kaufman AY, Katz A. Reliability of Root ZX apex locator tested by an in vitro model. *J Endod.* 1993;19(4):201 – Abstract.

Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. *Int Endod J.* 2002;35(2):186-92.

Kaufman AY, 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.* 1989;67(5):573-7.

Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. *Dent Clin North Am.* 2004;48(1):35-54.

Kim E, Marmo M, Lee SJ, Oh NS, Kim IK. An in vivo comparison of working length determination by only Root ZX apex locator versus combining Root ZX apex locator with radiographs using a new impression technique. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105:e79-83.

Kobayashi C. Electronic canal length measurement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995;79(2):226-31.

Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod.* 1994;20(3):111-4.

Kobayashi C, Yoshioka T, Suda H. A new engine-driven canal preparation system with electronic canal measuring capability. *J Endod.* 1997;23(12):751-4.

Komamura D, Matsumoto H, Kawaguchi Y, Sunada I. The method for measuring the length of the tooth using the A.C. ohmmeter. *Jpn J Conserv Dent.* 1965;7:221-6.

---

Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Am Dent Assoc.* 1955;50:544-52.

Lauper R, Lutz F, Barbakow F. An in vivo comparison of gradient and absolute impedance electronic apex locator. *J Endod.* 1996;22(5):260-3.

Lee SJ, Nam KC, Kim YJ, Kim DW. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. *J Endod.* 2002;28(10):706-9.

Leonardo MR, Silva LAB, Nelson-Filho P, Silva RAB, Raffaini MSGG. Ex vivo evaluation of the accuracy of two electronic apex locators during root canal length determination in primary teeth. *Int Endod J.* 2008;41(4):317-21.

Levy AB, Glatt L. Deviation of the apical foramen from the radiographic apex. *J N J St Dent Soc.* 1970;41:12-3.

Lucena-Martin C, Robles-Gijón V, Ferrer-Luque CM, Navajas-Rodríguez de Mondelo JM. In vitro evaluation of the accuracy of three electronic apex locators. *J Endod.* 2004;30(4):231-3.

Martinez MH, Mediero RSB, Gil MM, Pinzón AJ, Cadaval RL. Estudio in vitro de la efectividad del localizador de apice Justy II frente al estudio radiológico convencional. *Endodoncia.* 2000;18(2):85-8.

Martinez-Lozano MA, Forner-Navarro L, Sánchez-Cortés JL, Llena-Puy C. Methodological considerations in the determination of working length. *Int Endod J.* 2001;34(5):371-6.

Mattar R, Almeida CC. Análise da interferência em localizador apical eletrônico, modelo Root ZX, quando utilizado em dentes com reabsorção radicular simulada. *Robrac.* 2008;17(43):13-21.

Mayeda DL, Simon JHS, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod.* 1993;19(11):545-8.

McDonald NJ. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am.* 1992;36(2):293-307.

---

---

McDonald NJ, Hovland EJ. An evaluation of the apex locator Endocater. *J Endod.* 1990;16(1):5-8.

Meares WA, Steiman HR. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 2002;28(8):595-8.

Mello-Moura ACV, Moura-Neto C, Araki AT, Guedes-Pinto AC, Mendes FM. Ex vivo performance of five methods for root canal length determination in primary anterior teeth. *Int Endod J.* 2010;43(2):142-7.

Moderno Dicionário da Língua Portuguesa Michaelis – UOL. [acesso em 01/09/2010] Disponível em <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index> .

Morfis A, Sylaras SN, Georgopoulou M, Kernani M, Prountzos F. Study of the apices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1994;77(2):172-6.

Nahmias Y, Aurelio JA, Gerstein H. An in vitro model for evaluation of electronic root canal length measuring devices. *J Endod.* 1987;13(5):209-14.

Nguyen HQ, Kaufman AY, Komorowsky RC, Friedman S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. *Int Endod J.* 1996;29(6):359-64.

Nishiyama CK, Duarte MAH, De Godoy FF, De Moraes IG, De Almeida CM. Avaliação clínica da eficiência de um aparelho eletrônico empregado na determinação da odontometria. *Rev Bras Odontol.* 1994;51(6):45-8.

Oishi A, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Electronic detection of root canal constrictions. *J Endod.* 2002;28(5):361-4.

Olson Ak, Goerig AC, Cavatio RE, Luciano J. The ability of the radiograph in determine the location of apical foramen. *Int Endod J.* 1991;24(1):28-31.

Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of reliability of the Root ZX electronic apex locator. *Int Endod J.* 1999;32(2):20-3.

Pagavino G, Pace R, Baccetti T. A SEM study of in vivo accuracy of the Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1998;24(6):438-41.

---



Pallarés A, Faus V. An in vivo comparative study of two apex locators. *J Endod.* 1994;20(12):576-9.

Palmer MJ, Weine FS, Healey HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. *J Can Dent Assoc.* 1971;37(8):305-8.

Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An ex vivo comparison of working length determination by 3 electronic apex locators. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(3):e147-51.

Pascon EA, Marrelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. *Int Endod J.* 2009;42(11):1026-31.

Pilot TF, Pitts DL. Determination of impedance changes at varying frequencies in relation to root canal file position and irrigant. *J Endod.* 1997;23(12):719-24.

Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. *J Endod.* 2002;28(2):83-5.

Plotino G, Grande NM, Brigante L, Lesti B, Somma F. Ex vivo accuracy of three electronic apex locators: Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator and ProPex. *Int Endod J.* 2006;39(5):408-14.

Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod.* 1996;22(4):173-6.

Ramos CAS, Bernardineli N. Influência do diâmetro do forame apical na precisão de leitura de um modelo de localizador apical eletrônico. *Rev FOB.* 1994;2(3):83-90.

Ramos CAS, Bramante CM. *Endodontia: fundamentos biológicos e clínicos.* São Paulo: Livraria Santos Editora; 2001.

Ramos CAS, Bramante CM. *Odontometria: fundamentos e técnicas.* São Paulo: Livraria Santos Editora; 2005.

Rivera EM, Seraji MK. Effect of recapitulation on accuracy of electronically determined canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1993;76(2):225-30.

---

Saito T, Yamashita Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. *Dent Jpn.* 1990;27(1):65-72.

Seidberg BH, Alibrandi BV, Fine H, Logue B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. *J Am Dent Assoc.* 1975;90(2):379-87.

Seltzer S, Soltanoff W, Smith J. Biologic aspects of endodontics – V. Periapical tissue reactions to root canal instrumentation beyond the apex and root canal fillings short of and beyond the apex. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1973;36(5):725-37.

Shabahang S, Goon WWY, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod.* 1996;22(11):616-8.

Shanmugaraj M, Nivedha R, Mathan R, Balagopal S. Evaluation of working length determination methods: an in vivo / ex vivo study. *Indian J Dent Res.* 2007;18(2):60-2.

Siu C, Marshall JG, Baumgartner C. An in vivo comparison of the Root ZX II, the Apex NRG XRF, and Mini Apex Locator by using rotary nickel-titanium files. *J Endod.* 2009;35(7):962-5.

Sousa Neto MD, Bonini A, Silva RG, Saquy PC, Pécora JD. Avaliação de um aparelho eletrônico para a determinação da odontometria (condutometria). *Rev Odontol Univ São Paulo.* 1995;9(1):33-7.

Stein TJ, Corcoran JF. Nonionizing method of locating the apical constriction (minor foramen) in root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71(1):96-9.

Stein TJ, Corcoran JF, Zillich RM. The influence of the major and minor foramen diameter on apical electronic probe measurements. *J Endod.* 1990;16(11):520-2.

Stoianov DD. Determinação do comprimento dos canais radiculares – estudo experimental. *Bol Fac Farm Odontol R Preto.* 1968;5(2):101-14.

Suchde RV, Talim ST. Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1977;43(1):141-9.

Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res.* 1962;41(2):375-87.

Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *Nihon Kokuka Gakkai Zasshi*. 1942;16:411 apud Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res*. 1962;41(2):375-87.

Tenenbaum M. *Conductometria endodontica por reduccion de la resistencia eletrica [tese]*. Buenos Aires: Faculdade de Odontologia de Buenos Aires; 1967.

Thomas AS, Hartwell GR, Moon PC. The accuracy of the Root ZX electronic apex locator using stainless-steel and nickel-titanium files. *J Endod*. 2003;29(10):662-3.

Tinaz AC, Alaçam T, Topuz Ö. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. *Int Endod J*. 2002;35(11):940-5.

Tinaz AC, Sevimli LS, Görgül G, Türköz EG. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. *J Endod*. 2002;28(3):160-2.

Tinaz AC, Maden M, Aydin C, Türköz EG. The accuracy of three different electronic root canal measuring devices: an in vitro evaluation. *J Oral Sci*. 2002;44(2):91-5.

Tosun G, Erdemir A, Eldeniz AU, Sermet U, Sener Y. Accuracy of two electronic apex locators in primary teeth with and without apical resorption: a laboratory study. *Int Endod J*. 2008;41(5):436-41.

Trope M, Rabie G, Trosntad L. Accuracy of an electronic apex locator under controlled clinical conditions. *Endod Dent Traumatol*. 1985;1(1):142-5.

Ushiyama J. New principle and method for measuring the root canal length. *J Endod*. 1983;9(3):97-104.

Ushiyama J. Reliability and safety of the voltage gradient method of root canal measurement. *J Endod*. 1984;10(11):532-7.

Ushiyama J, Nakamura M, Nakamura Y. A clinical evaluation of the voltage gradient method of measuring the root canal length. *J Endod*. 1988;14(6):283-7.

Vajrabhaia L, Tepmongkol P. Accuracy of apex locator. *Endod Dent Traumatol*. 1997;13(4):180-2.

---

Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. *Int Endod J.* 2005;38(1):36-45.

Venturi M, Breschi L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. *Int Endod J.* 2007;40(5):362-73.

Versiani MA, Santana BP, Caram CM, Pascon EA, Souza CJA, Biffi JCG. Ex vivo comparison of the accuracy of Root ZX II in detecting apical constriction using different meter's reading. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(1):e41-45.

Weiger R, John C, Geigle H, Löst C. An in vitro comparison of two modern apex locators. *J Endod.* 1999;25(11):765-8.

Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vitro comparison of two frequency-based electronic apex locator. *J Endod.* 2003;29(8):497-500.

Wu YN, Shi JN, Huang LZ. Variables affecting electronic root canal measurement. *Int Endod J.* 1992;25(2):88-92.

Yamaoka M, Yamashita Y, Saito T. Electrical root canal measuring instrument based on a new principle – makes measurements possible in wet root canals. *Osada Product Information.* 1989;6:12.

---



**ANEXO**

---



**Anexo 1:** Carta de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos.**Universidade de São Paulo  
Faculdade de Odontologia de Bauru**

Al. Dr. Octávio Pinheiro Brisolla, 9-75 – Bauru-SP – CEP 17012-901 – C.P. 73  
PABX (0XX14)3235-8000 – FAX (0XX14)3223-4679

Comitê de Ética em Pesquisa (14)3235-8356  
e-mail: [mferrari@fob.usp.br](mailto:mferrari@fob.usp.br)

**Processo nº 132/2009**

Bauru, 1 de outubro de 2009.

Senhor Professor,

O projeto de pesquisa encaminhado a este Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos, denominado **“Influência da espessura de dentina, da constrição apical e do diâmetro do forame apical na precisão de leitura com localizadores foraminais eletrônicos”**, de autoria de Fernando Accorsi Orosco, que será desenvolvido sob sua orientação, foi enviado ao relator para avaliação.

Na reunião de 30 de setembro de 2009 o parecer do relator, **aprovando o projeto**, foi aceito pelo Comitê, considerando que não existem infrações éticas pendentes.

Informamos que qualquer alteração efetuada no trabalho de pesquisa, o pesquisador/orientador deverá comunicar ao CEP-FOB/USP, bem como ao final do trabalho enviar um Relatório para novo parecer, o qual será utilizado para publicação científica.

Atenciosamente,

Profª Drª Maria Teresa Atta

Coordenadora

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

Docente do Departamento de Dentística, Endodontia e Materiais Dentários