

**Bianca Palma Santana**

**Avaliação *ex vivo* da precisão do localizador eletrônico Root ZX II na determinação da posição do limite CDC, utilizando-se o registro 1 do visor**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração em Reabilitação Oral.

Uberlândia  
2007

**Bianca Palma Santana**

**Avaliação *ex vivo* da precisão do localizador eletrônico Root ZX II na determinação da posição do limite CDC, utilizando-se o registro 1 do visor**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de Uberlândia, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Odontologia, Área de Concentração em Reabilitação Oral.

**Orientador:** Prof. Dr. João Carlos Gabrielli Biffi  
**Co-Orientador:** Prof. MSc. Marco Aurélio Versiani

**Banca Examinadora:**  
Prof. Dr. João Carlos Gabrielli Biffi  
Prof. Dr. Manoel D. Sousa Neto  
Prof. Dra. Luciana A. Porto Carvalho  
Prof. Dr. Cássio José Alves de Sousa

Uberlândia  
2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

S232a Santana, Bianca Palma, 1980-

Avaliação *ex vivo* da precisão do localizador eletrônico Root ZX II na determinação da posição do limite CDC, utilizando-se o registro 1 do visor / Bianca Palma Santana. - 2007.

73 f. : il.

Orientador: João Carlos Gabrielli Biffi.

Co-orientador: Marco Aurélio Versiani.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia.  
Inclui bibliografia.

1. Endodontia - Teses. I. Biffi, João Carlos Gabrielli. II. Versiani, Marco Aurélio. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. IV. Título.

CDU:

616.314.18

---



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

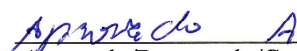
AV. Pará, 1720, bloco 2u – sala 2U09 – Campus Umuarama - UBERLÂNDIA –MG – 38400-902  
(0XX) 034 –3218-2550

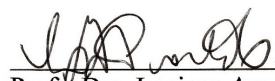
**RELATÓRIO DA COMISSÃO JULGADORA DA PROVA DEFESA DE MESTRADO DA C.D. BIANCA PALMA SANTANA, DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA DESTA UNIVERSIDADE.**

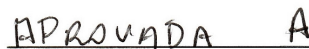
Às nove horas do dia trinta e um de janeiro do ano de dois mil e oito, reuniu-se a Comissão Julgadora indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação desta Faculdade, para o julgamento da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata, BIANCA PALMA SANTANA, com o título: *Avaliação ex vivo da precisão do localizador eletrônico Root ZX II na determinação do limite CDC, utilizando-se o registro 1 no visor*. O julgamento do trabalho foi realizado em sessão pública compreendendo a exposição, seguida de arguição pelos examinadores. Encerrada a arguição, cada examinador expressou o seu julgamento em sessão secreta e exarou o seu parecer. A Comissão Julgadora, após análise do Trabalho, verificou que o mesmo encontra-se em condições de ser incorporado ao banco de Dissertações e Teses da Biblioteca desta Universidade. Acompanham este relatório os pareceres individuais dos membros da Comissão Julgadora.

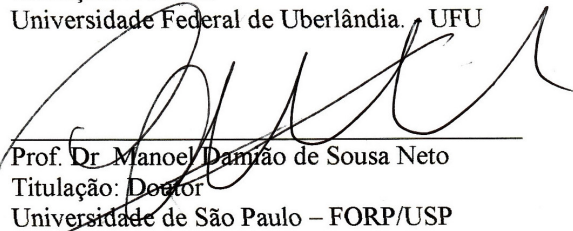
Uberlândia 31 de janeiro de 2008

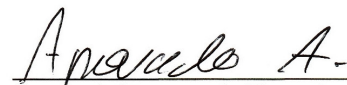
  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. João Carlos Gabrielli Biffi  
Titulação: Doutor  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado/Reprovado/Conceito

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Luciana Arantes Porto Carvalho  
Titulação: Doutora  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado/Reprovado/Conceito

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Manoel Damázio de Sousa Neto  
Titulação: Doutor  
Universidade de São Paulo – FORP/USP

  
\_\_\_\_\_  
Aprovado/Reprovado/Conceito

**DEDICATÓRIA**

## DEDICATÓRIA

É com amor que dedico esse trabalho,

á DEUS, por me dar a vida e os dons que tenho, por me dar forças pra prosseguir as caminhadas as vezes com flores, as vezes com pedras, e nunca me abandonar.

*“Só em Deus a minha alma repousa,  
porque dele vem a minha salvação.*

*Só ele é a minha rocha e a minha salvação,  
a minha fortaleza: jamais serei abalado! (Salmo 62(61), 2-3)*

aos meus pais José Santana e Nilce Santana, que sempre me apoiaram nunca desistindo do que eu pudesse ser um dia. Ensinarão-me tudo o que eu sei e sempre se esforçaram pra me dar de tudo o que tenho, sempre com muito amor e dedicação.

*“Ouve, meu filho, a instrução de teu pai,*

*Não desprezes o ensinamento de tua mãe.*

*Isso será, pois, um diadema de graça para tua cabeça*

*E um colar para teu pescoço” (Provérbios 1, 8-9)*

ao meu esposo Flaviano Moreira, “AMO DA MA VIDA”, que sempre esteve por perto, e dentro do meu coração, sempre amigo, fiel, companheiro e dedicado.

*“O amor é paciente, é bondoso.*

*Não tem inveja, não é orgulho, não é arrogante, nem escandaloso.*

*Não busca seus próprios interesses, não se irrita, não guarda rancor.*

*Não se alegra com a injustiça, mas se rejubila com a verdade.*

*Tudo desculpa, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.*

*O amor jamais acabará” ( I Coríntios 13, 4-8).”*

## **AGRADECIMENTO**

## **AGRADECIMENTO**

Ao Prof. Dr. Carlos José Soares pela excelente coordenação da Pós Graduação, se mostrando sempre solícito quando a ele recorri.

Ao Prof. Dr. Cássio José Alves de Sousa pela oportunidade de um dia termos trabalhado juntos e pelos ensinamentos que aprendi ao teu lado.

Ao Prof. MSc Marco Aurélio Versiani pela sabedoria com que me ensinou o que hoje sei, ficando eternamente gravados em minha memória.

Ao Prof. Dr. João Carlos Gabrielli Biffi pela paciência e compreensão estando sempre pronto a dirimir qualquer dúvida que fosse apresentada, mostrando um espírito de orientação e de amizade; e pela oportunidade de estar aprendendo ao teu lado.

A Prof. MSc. Cristiane Mello Caran pelas horas que passamos juntas no desenvolvimento desse trabalho, disponibilizando seu consultório para a coleta dos dados, estando sempre disposta a ajudar.

Ao Prof. MSc Rodrigo Antonio de Faria pelos longos anos de convivência e amizade, com sua sabedoria sempre teve palavras de incentivo e apoio que me inspiraram a aprofundar nos estudos da Endodontia, sendo sua aluna de graduação e aperfeiçoamento.

Ao Prof. MSc Caio Lúcio Marinho Correia pela disponibilidade e acessibilidade a mim dedicados quando necessitei no momento da coleta de meus dados

As secretárias da Endodontia (Eunice e Mairivone), que sempre quando a elas recorri se mostraram solícitas.

A Abigail, secretária do Mestrado, sempre disposta a desvendar as maiores dúvidas decorrida das papeladas burocráticas e necessárias para a apresentação do trabalho.

## SUMÁRIO

---

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | 1  |
| RESUMO                         | 2  |
| ABSTRACT                       | 3  |
| 1 INTRODUÇÃO                   | 4  |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA        | 9  |
| 3 PROPOSIÇÃO                   | 33 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS           | 35 |
| 5 RESULTADOS                   | 42 |
| 6 DISCUSSÃO                    | 47 |
| 7 CONCLUSÃO                    | 66 |
| REFERÊNCIAS                    | 68 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

---

|                               |                                                                             |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| CDC                           | - Cimento-Dentina-Canal                                                     |
| CRC                           | - Comprimento Real do Canal                                                 |
| CT                            | - Comprimento de trabalho                                                   |
| EDTA                          | - Ácido Etilenodiaminotetracético                                           |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | - Peróxido de Hidrogênio (Água Oxigenada)                                   |
| KΩ                            | - Kilo Ohms (medida de resistência elétrica)                                |
| LAE                           | - Localizador(es) Apical(is) Eletrônico(s)                                  |
| LAIO                          | - Limite Apical de Instrumentação e Obturação                               |
| μA                            | - Microampère                                                               |
| mm                            | - Milímetros                                                                |
| NaCl                          | - Cloreto de Sódio                                                          |
| NaOCl                         | - Hipoclorito de Sódio                                                      |
| °                             | - Graus                                                                     |
| RC-PREP                       | - Produto comercial a base de uréia, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> e glicol |
| SCR                           | - Sistema de Canais Radiculares                                             |

## RESUMO

---

É geralmente aceito que os procedimentos realizados durante o tratamento endodôntico dever-se-iam manter nos limites do sistema de canais radiculares. Para atingir este objetivo, o término do canal radicular deve ser determinado com precisão durante o preparo biomecânico e o controle do comprimento de trabalho mantido durante todo o processo. Várias técnicas têm sido utilizadas para a determinação do comprimento real do canal, incluindo métodos eletrônicos. O objetivo deste estudo *ex vivo* foi avaliar a capacidade do localizador apical Root ZX II em determinar a posição do limite CDC, a partir de análise radiográfica e macroscópica. Foram selecionados 37 dentes permanentes humanos não tratados endodônticamente. Após abertura coronária convencional, realizou-se, cuidadosamente, a patência dos canais com uma lima 06. Após armazená-los em NaOCl 1% por um período de 1 hora, os terços, cervical e médio dos canais, foram alargados com auxílio de limas e brocas Gates-Glidden, sob irrigação abundante, visando remover tanto quanto possível o tecido pulpar remanescente. A determinação eletrônica do comprimento de trabalho com o Root ZX II foi feita com o canal radicular preenchido com NaOCl 1% e uma lima tipo K de diâmetro compatível com o terço apical do canal. Todos os dentes e o conector de lábio foram inseridos em um modelo de alginato. A lima, presa ao outro conector, foi progressivamente inserida no interior do canal até que o visor do localizador apical indicasse o registro *Apex*. O instrumento foi, então, recuado até o registro *1*. Neste ponto as limas foram fixadas na câmara pulpar com resina autopolimerizável. Os dentes foram removidos do alginato e radiografados no sentido ortorradial. Um sensor digital de raios-X captou e transferiu as imagens para um computador. A distância da ponta da lima ao ápice foi mensurada por três investigadores. Então, os 5 mm apicais da raiz foram desgastadas no sentido longitudinal do dente até que a lima fosse vista através de uma fina camada de dentina. A camada remanescente foi, então, cuidadosamente removida usando uma lâmina de bisturi. Cada espécime foi fotografado e três investigadores, de forma independente, mensuraram a distância entre a ponta da lima ao limite CDC, com auxílio de microscópio. As medidas obtidas foram comparadas usando o teste *t* para amostras pareadas. A distância média entre o comprimento de trabalho obtido eletronicamente e o limite CDC foi de  $-0,42 \pm 0,45$  mm. O limite CDC ( $\pm 0,5$  mm) foi localizado em 83,78% das vezes. A distância entre a ponta da lima e o ápice mensurada no exame radiográfico ( $-0,95 \pm 0,43$  mm) e macroscópico ( $-0,93 \pm 0,44$  mm) não apresentou diferença estatística ( $p > 0,05$ ). Concluiu-se que o registro *1* do visor do Root ZX II apresentou uma precisão de 83,78% quando da identificação do limite CDC sendo uma margem de segurança para prevenir sobre-instrumentação não intencional.

**Palavras-Chave:** Endodontia, Localizador Apical Eletrônico, Odontometria

## ABSTRACT

---

It is generally accepted that root canal treatment procedures should be confined within the root canal system. To achieve this objective the canal terminus must be detected accurately during canal preparation and precise control of working length during the process must be maintained. Several techniques have been used for determining the apical canal terminus including electronic methods. The purpose of this *ex vivo* study was to evaluate the ability of apex locator Root ZX II to locate the CDC limit under radiographic and macroscopic analysis. Thirty seven extracted permanent human teeth that had not been endodontically treated previously were selected. After conventional access, patency of the root canal was carefully checked with a #6 file. After storage in 1% NaOCl for a period of 1 h, the cervical and the middle portions of the root canal were slightly enlarged with endodontic files and Gates-Glidden burs to remove the pulp tissue as completely as possible under thorough irrigation with 1% NaOCl. The electronic working length measurement was conducted with 1% NaOCl as canal irrigant and a K-type file fitting loosely in the apical third of the canal. To measure the canal length with Root ZX II, all the samples and 1 lip clip of the apex locator were mounted in an alginate model. A file attached to the file holder was slowly inserted into the root canal until the meter on the apex locator dial indicated the meter reading *Apex*. The file was then withdrawn until the flashing bar on the meter designated the *1* mark. After the measurements, the files were fixed with self-curing resin in the pulpal chamber. All teeth were removed from alginate and radiographed with a zero-degree inclination in buccolingual plane. A digital sensor records the X-ray image and transfers the image to a computer. The distance from the end of the file to apex was measured by three investigators, and recorded. Then, the apical 5 mm of the root was shaved along the long axis of the tooth until the file could be seen through a thin layer of dentin. The remaining layer was then carefully removed using a scalpel blade. Each specimen was photographed and the distance from the end of the file to CDC limit was measured microscopically by three investigators, independently. The obtained distances were compared using a paired samples *t* test to determine the accuracy. The mean distance between the apex locator working length and CDC limit was  $-0.42 \pm 0.45$  mm. The CDC limit ( $\pm 0.5$  mm) was located 83.78% of the times. The distance from the end of the file to apex measured on both radiographic ( $-0.95 \pm 0.43$  mm) and macroscopic examinations ( $-0.93 \pm 0.44$  mm) showed no statistical differences ( $p > 0.05$ ). It was concluded that the meter reading *1* on Root ZX II display allowed 83.78% precision providing a safety margin to prevent unintentional overinstrumentation.

**Key Words:** Endodontics, apex locator, working length.

## **1. INTRODUÇÃO**

---

## 1. INTRODUÇÃO

A presença de bactérias e seus produtos metabólicos no interior do sistema de canais radiculares (SCR) predispõem à periodontite apical (Ricucci & Langeland, 1998). Essencialmente, o tratamento de uma doença inflamatória de etiologia microbiana é direcionado à eliminação da fonte antigênica por meio da eliminação da infecção (Chugal *et al.*, 2003; Schaeffer *et al.*, 2005). Assim, um dos objetivos do tratamento endodôntico é remover os microorganismos presentes no SCR, com sua posterior obturação, prevenindo nova contaminação (Lin *et al.*, 2005).

É consenso que os procedimentos envolvidos no tratamento endodôntico devem se limitar ao canal dentinário (Ricucci, 1998; Lin *et al.*, 2005; Schaeffer *et al.*, 2005). Neste sentido, um dos principais desafios seria determinar, com precisão, o limite apical de instrumentação e obturação (LAIO) (Katz *et al.*, 1991; Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Chugal *et al.*, 2003).

Estruturalmente, o canal radicular não consiste apenas em um único cone, o canal principal, mas sim, por dois cones, sendo um extenso, pouco cônico e revestido por dentina, e outro curto, acentuadamente cônico e revestido por cimento (Ramos & Bramante, 2005). Eles se unem por seus vértices na constrição apical, localizada próxima ou na união cimento-dentina-canal (CDC) (Green, 1958; Kuttler, 1958). Em outras palavras, a porção mais apical do canal radicular vai se estreitando a partir da saída do forame principal, revestido por cimento, até o limite CDC, antes de se alargar novamente formando o canal principal (Nekoofar *et al.*, 2006).

O LAIO ideal é considerado, pela maioria dos autores, como sendo o limite CDC (Kuttler, 1958; Ricucci, 1998; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). Este ponto coincide com a junção entre os tecidos pulpar e periodontal, ou seja, é o local onde o tecido pulpar se modifica em tecido periodontal apical, sendo, teoricamente, o limite apropriado para o tratamento endodôntico uma vez que é a menor área de contato entre os tecidos periapicais e o material de obturação, favorecendo o processo de reparo (Katz *et al.*, 1991; Ricucci & Langeland, 1998). Nota-se, entretanto, que o limite CDC não se caracteriza por ser um

ponto de referência constante ou consistente, pois a extensão do cimento para ao interior do canal pode variar (Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). Assim, o limite CDC só pode ser identificado com precisão em dentes extraídos preparados histologicamente, sendo difícil, com os atuais recursos técnicos, confirmar clinicamente sua localização (Ricucci & Langeland, 1998).

Por outro lado, na prática clínica, alguns autores sugerem o ponto de menor diâmetro do canal na porção apical do SCR, chamado constrição apical ou forame menor, como ponto de referência mais consistente (Katz *et al.*, 1991; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). Foi determinado em estudos anatômicos da região apical que este ponto se localizaria, em média, de 0,5 e 1,0 milímetro do forame apical e, nem sempre, coincide com o limite CDC (Green, 1958; Kuttler, 1958; Katz *et al.*, 1991), podendo variar de forma e posição, ou mesmo inexistir (Dummer *et al.*, 1984). Destarte, estas variações anatômicas poderiam redundar em sub ou sobre-instrumentação, com óbvio impacto na posição do material obturador e, conseqüentemente, no prognóstico do tratamento (Chugal *et al.*, 2003). A partir destas considerações, definir o LAIO na constrição apical também é problemático, pois sua topografia é inconstante, podendo apresentar variações morfológicas que torna imprevisível a sua identificação (Dummer *et al.*, 1984).

Algumas técnicas têm sido sugeridas para a determinação do LAIO e a mais popular tem sido o exame radiográfico. Vários autores têm demonstrado que o comprimento do canal determinado radiograficamente varia consideravelmente em relação ao comprimento real do canal (Kuttler, 1958; Dummer *et al.*, 1984; Stein & Corcoran, 1992; Brunton *et al.*, 2002). Além disto, a precisão da determinação do comprimento do canal pelo método radiográfico depende da técnica radiográfica utilizada (Forsberg, 1987; Katz *et al.*, 1991; Stein & Corcoran, 1992). Isto acontece pelo fato do forame principal geralmente não coincidir com a posição do ápice radiográfico (Green, 1958; Kuttler, 1958), por ser assimétrico (Blasković-Subat *et al.*, 1992), pela sua posição variar com a idade, com o grupo dentário (Stein & Corcoran, 1992) e com a presença de alterações patológicas na região apical (Goldberg *et al.*, 2002). Desta maneira,

mesmo tomadas radiográficas de variados ângulos não seriam suficientes para precisar a posição do instrumento em relação aos pontos anatômicos da região apical do canal (Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Schaeffer *et al.*, 2005).

Uma recente inovação, introduzida para otimizar o tratamento endodôntico, foi o desenvolvimento de aparelhos para detecção eletrônica do LAIO, os chamados localizadores apicais eletrônicos (LAE) (McDonald, 1992; Gordon & Chandler, 2004). Sua funcionalidade está baseada no fato da condutividade elétrica dos tecidos ao redor do ápice radicular ser maior que a verificada no interior do SCR, em condição úmida ou seca, ou mesmo preenchido com líquido não condutivo (Custer, 1918). Baseado em estudos preliminares indicando que a resistência elétrica entre o instrumento inserido no canal e um eletrodo posicionado na mucosa oral apresentava valor constante (Suzuki, 1942), desenvolveram-se os primeiros LAE (Sunada, 1958). Sua principal deficiência se relacionava à leitura inadequada do comprimento do canal na presença de eletrólitos. Posteriormente, esta deficiência foi superada com o desenvolvimento de aparelhos cujo processamento das informações passou a ser realizado por meio do cálculo dos valores de impedância (McDonald, 1992; Gordon & Chandler, 2004).

Dentre os aparelhos desta última geração, o Root ZX II (J. Morita Corp., Tokyo, Japan) se propõe a identificar a posição do instrumento dentro do canal a partir do cálculo do quociente entre os valores de impedâncias obtidas a partir de duas frequências (8 kHz e 0,4 kHz), por meio de complexos algoritmos (Kobayashi & Suda, 1994). Seu funcionamento está baseado nas alterações dos valores da capacitância elétrica observadas na constrição apical (Shabahang *et al.*, 1996; Pagavino *et al.*, 1998), mesmo na presença de diferentes eletrólitos e sob diferentes condições clínicas (Kobayashi & Suda, 1994; Dunlap *et al.*, 1998; Jenkins *et al.*, 2001; Meares & Steiman, 2002).

O manual de instruções do Root ZX II orienta que a determinação do LAIO deve ser feita tomando-se como base a posição 0.5 do visor do aparelho, ou seja, entre os registros *Apex* e *1*, indicando “[...que a ponta da lima está na

constricção apical]” (JMorita, 2004)\*. Relatos prévios referentes à precisão do Root ZX nesta posição do visor demonstra percentuais variando de 34,4% a 100% (Weiger *et al.*, 1999). Estes achados levantam o questionamento se o comprimento de trabalho deveria, de fato, ser estabelecido no comprimento de trabalho sugerido pelo fabricante do Root ZX como sendo indicativo da constricção apical (Tselnik *et al.*, 2005).

Assim, tendo em vista o número de evidências que indicam percentual de risco significativo de leitura além do forame apical quando utilizado o limite 0.5 do visor no Root ZX (Shabahang *et al.*, 1996; Dunlap *et al.*, 1998; ElAyouti *et al.*, 2002; Goldberg *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Tinaz *et al.*, 2002b; Welk *et al.*, 2003; Tselnik *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; Ebrahim *et al.*, 2007; Venturi & Breschi, 2007; Wrbas *et al.*, 2007), a orientação do fabricante que os números indicativos do visor são aleatórios, não indicando a posição real do instrumento dentro do canal (JMorita, 2004), a consideração que o limite CDC seria o ponto anatômico ideal para LAIO (Green, 1958; Kuttler, 1958) e pelo fato de alguns autores sugerirem que o registro 0.5 do Root ZX não seria seguro na determinação do LAIO (Pagavino *et al.*, 1998; Tselnik *et al.*, 2005), seria importante se determinar o percentual de precisão do registro 1 do Root ZX II, em relação ao limite CDC.

---

\* The meter's 0.5 reading indicates that the tip of the file is in the apical constriction (JMorita, 2004, p. 10).

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

---

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Custer (1918) mostrou-se preocupado com a dificuldade técnica de um perfeito selamento biológico da constrição apical, fato esse que implicaria no aumento dos índices de insucesso do tratamento endodôntico. Neste sentido, o autor citou o uso de um aparelho para localização do forame apical a partir da passagem de corrente elétrica contínua entre dois eletrodos, o negativo colocado próximo ao dente a ser medido e, o positivo, em forma de fio de aço, colocado no interior do canal. Quando os eletrodos estavam conectados, a lima foi introduzida no canal e, ao passar do forame apical, fechou o circuito, registrando sua localização.

Suzuki (1942) realizando um estudo em cães verificou que a resistência elétrica obtida entre a mucosa oral e um eletrodo acoplado a um instrumento inserido no interior do canal radicular era constante, próxima a 6,5KΩ.

Kuttler (1958) demonstrou, *in vitro*, a variabilidade na forma e posição da saída foraminal sendo que, em menos de 50% dos casos, existia uma coincidência entre a saída do forame e o ápice anatômico. O autor conclui que o forame apical possui uma constrição, formada pela junção das paredes dentinária e cementária do canal, sendo esta constrição distante da saída o forame, em média, de 0,507 mm a 0,704 mm.

Green (1958) demonstrou em estudos da região apical de raízes dos diversos grupos dentários que o forame apical não estava localizado no ápice anatômico na maioria dos dentes e que a diferença entre estes dois pontos poderia variar em até 2 mm.

Sunada (1958) avaliou, *in vivo*, em 124 dentes, um método para determinação do comprimento de trabalho utilizando-se um ohmímetro, sem o uso de radiografias. O autor verificou que a resistência elétrica à passagem de corrente elétrica pela membrana periodontal era constante e igual a 6,5 KΩ (40 μA), sendo coincidente com a mucosa oral. Constatou ainda que era possível determinar o comprimento real do canal quando o amperímetro registrava 40 μA. Baseado neste valor, o autor sugeriu a teoria de que haveria uma relação

constante entre a resistência elétrica da mucosa e do ligamento periodontal, independente do sexo, idade ou tipo de dente. A partir de então, aparelhos eletrônicos utilizando este princípio foram desenvolvidos e sua eficiência avaliada por diversas metodologias.

Dummer *et al.* (1984) avaliaram *in vitro* a posição e a topografia do ápice ao forame (A-F) e do ápice a constrição apical (A-C) em duzentos e setenta dentes com aumento de 20 vezes. A média da distância entre A-F foi de 0,38 mm e A-C 0,89 mm, observando-se uma grande diferença entre os valores. O estudo confirma que é impossível estabelecer com certeza a posição da constrição apical durante o tratamento de canal, mas indica que a combinação de métodos pode ser mais bem sucedida.

Forsberg *et al.* (1987) reproduziram, *in vitro*, um indicador de metal simulando uma lima endodôntica posicionada na porção apical de um dente, para comparar as técnicas radiográficas da bisettriz e paralelismo. As tomadas radiográficas realizadas na técnica do paralelismo demonstraram boa correlação entre a posição do indicador de metal e a inspeção visual. Já a técnica da bisettriz produziu resultados menos precisos. Os autores concluíram que a localização da posição da ponta do indicador metálico foi mais precisa quando utilizada a técnica do paralelismo.

Huang (1987) demonstrou uma metodologia na qual não era necessária a presença de ligamento periodontal para realizar medições eletrônicas. A partir de conceitos de física ele demonstrou o funcionamento dos localizadores apicais eletrônicos, provando não ser necessária a presença do ligamento periodontal para se fazer medições eletrônicas e, com isto, tornou possível desenvolver análises *in vitro* das medições eletrônicas.

Yamashita (1990) relatou o desenvolvimento de um LAE que calculava a diferença entre duas impedâncias calculadas a partir de duas frequências (1 e 5 Hz) e que foi comercializado nos Estados Unidos com o nome de Endex e, no Japão, como Apit. A maior vantagem deste aparelho foi o fato de que funcionava bem mesmo em um ambiente de alta eletrocondutividade no interior do canal, seja na presença de pus, sangue ou

solução irrigante. Sua desvantagem residia no fato de ser necessária sua calibração previamente a cada vez que fosse ser utilizado.

Katz *et al.* (1991) revisaram comparativamente os métodos radiográfico e eletrônico de determinação do comprimento do canal. Os autores relataram que as técnicas radiográficas eram menos precisas do que previamente se acreditava e que os LAE apresentaram precisão entre 80 e 94%. Sendo assim, os autores concluíram que os LAE em breve teriam lugar definitivo no tratamento endodôntico.

Stein & Corcoran (1992) avaliaram, *in vivo*, utilizando 87 dentes vitais e 24 não-vitais, a precisão do método radiográfico na determinação do comprimento de canal. Procedida as odontometria, as limas foram fixadas no comprimento de trabalho determinado radiograficamente e o dente extraído. Os elementos foram seccionados e, em seguida, verificada a relação da ponta do instrumento e o forame apical. Os resultados mostraram que a distância radiográfica da lima ao ápice foi, em média, 0,7 mm menor que a posição real da lima. Os autores chamaram atenção para o fato de que esta discrepância poderia induzir ao clínico a realizar o tratamento mais próximo ao ápice radiográfico, sendo que, na verdade, a ponta da lima estaria mais próxima ao ápice do que aparenta. Os autores concluíram que o método radiográfico ainda era indispensável durante o tratamento endodôntico e que, clinicamente, o comprimento de trabalho definido de 1,5 mm a 2,0 mm do ápice radiográfico poderia aumentar a margem de segurança quando apenas o exame radiográfico é utilizado.

Blasković-Subat *et al.* (1992) analisaram, microscópica e radiograficamente, 230 raízes de dentes permanentes, quanto a posição e distância média do forame apical maior ao ápice anatômico. O percentual de desvio do forame maior determinada microscopicamente foi de 76%, variando de acordo com o tipo de dente examinado, ao passo que, a análise radiográfica destes mesmos elementos detectou desvio em apenas 57% dos casos. A concordância entre os achados microscópico e radiográfico foi de 61%. O maior percentual de desvio do forame maior foi verificado na face distal (29%).

Em média, a distância entre a saída do forame maior e o ápice anatômico foi de 0,99 mm. Os autores concluíram que, durante o tratamento, o clínico deveria considerar o alto percentual de desvio do forame, pois o mesmo pode não ser detectado facilmente no exame radiográfico.

McDonald (1992) revisou as técnicas eletrônicas para determinação do comprimento de canal. Segundo o autor, os LAE podem ser didaticamente divididos em três tipos, a partir do princípio de funcionamento: tipo resistência, tipo impedância e tipo frequência. Este último tipo tem apresentado percentual de precisão variando de 83,0% a 93,4% e alguns protocolos devem ser seguidos para sua máxima eficiência: as baterias precisam estar bem carregadas; não há necessidade de calibração antes do uso; as limas utilizadas na leitura devem se ajustar confortavelmente no canal; o contato com restaurações metálicas deve ser evitado; o eletrodo labial deve estar bem ajustado; não há necessidade de secagem do canal. O autor sugere que a utilização correta dos LAE, associado ao exame radiográfico de boa qualidade e diagnóstico padronizado, fornece ao clínico um preciso e útil adjunto na terapia endodôntica.

Kobayashi & Suda (1994) relataram o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico que realizava o cálculo do comprimento do canal a partir da razão de duas impedâncias obtidas por meio de duas diferentes frequências, de forma simultânea. O quociente desta relação é mostrado no visor do dispositivo e representa a posição da ponta da lima no canal. Os autores concluíram que este quociente não era influenciado significativamente pela presença de eletrólitos no canal e diminuía consideravelmente quando da aproximação da ponta da lima em relação à saída foraminal.

Shabahang *et al.* (1996) avaliaram, *in vivo*, a precisão do LAE Root ZX na localização do forame apical em 26 canais vitais. Após a mensuração, os dentes foram extraídos, a porção apical desgastada, até haver exposição da ponta da lima, e os espécimes avaliados por meio de estereomicroscopia. Os resultados mostraram que o Root ZX identificou com precisão a saída foraminal em 65,4% dos casos. Em 3,8% dos casos o instrumento permaneceu aquém e,

em 30,8%, além. Quando considerada uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm a partir do forame obteve-se uma precisão de 96,2%.

Kaufman *et al.* (1997) compararam, *in vitro*, a precisão dos LAE Root ZX, Sono Explorer Mark II Junior e Apit III, na detecção de perfurações radiculares simuladas. Trinta dentes extraídos foram perfurados artificialmente no terço médio da raiz e fixados em um recipiente contendo alginato. Para a localização das perfurações, foram utilizadas limas tipo K e, após cada mensuração eletrônica, os dentes foram radiografados. Por meio de um estereomicroscópio, determinou-se a relação da ponta da lima e a superfície externa da raiz, comparando-as a imagem radiográfica. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística entre as medidas morfométrica e radiográfica, bem como entre diferentes tamanhos de perfurações. Em média, a distância da ponta da lima em relação à superfície externa da raiz foi de 0,06 a 0,25 mm. Os autores concluíram que os resultados obtidos com os localizadores foram aceitáveis do ponto de vista clínico para detecção das perfurações.

Ricucci (1998) revisou a literatura quanto aos conhecimentos relacionados à anatomia da região apical e da reação histológica da polpa e tecidos periapicais aos materiais endodônticos, além de revisar conceitos de forame apical, constrição apical e limite CDC. Segundo o autor, há consenso quanto à evidência que uma obturação homogênea, mantida nos limites anatômicos do canal radicular favorece a obtenção de índices de sucesso de até 94% e que, neste processo, o grande desafio seria a determinação precisa da constrição apical, ponto histológico considerado pelo autor como limite ideal de instrumentação e obturação.

Ricucci & Langeland (1998) avaliaram, histologicamente, 49 raízes quanto ao limite apical de instrumentação e obturação. Os resultados demonstraram que as condições histológicas favoráveis foram observadas quando a instrumentação e obturação permaneceram aquém da constrição apical, em casos de polpa vital ou necrótica. Quando material obturador foi extravasado no tecido periapical, nos canais laterais e nas ramificações

apicais, apesar de ausência de sintomas clínicos, houve sempre reação inflamatória severa, incluindo reação de corpo estranho.

Dunlap *et al.* (1998) avaliaram, *in vivo*, quanto a influência do diagnóstico pulpar na precisão do LAE Root ZX. Após a mensuração eletrônica de 34 canais, as limas foram fixadas na câmara pulpar, os dentes extraídos e, em seguida, verificada a distância da ponta da lima à constrição apical. Os resultados indicaram precisão de 82,3%, considerada uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm da constrição apical. Em média, a ponta do instrumento distanciou-se de 0,21 a 0,49 mm da constrição apical nos casos de dentes vitais e necrosados, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram que o diagnóstico pulpar não influenciou os resultados da leitura com o LAE Root ZX.

Pagavino *et al.* (1998) avaliaram, *ex vivo*, a precisão do LAE Root ZX na determinação do forame apical. A leitura eletrônica foi realizada em 29 dentes extraídos que tiveram sua porção apical desgastada e analisada ao microscópio eletrônico de varredura para se verificar a relação da ponta da lima ao forame. A amostra foi dividida em dois grupos segundo a localização do forame apical: seguindo o longo eixo da raiz ou deslocado lateralmente. Os resultados mostraram precisão de 82,5% e 100%, consideradas as margens de tolerância de  $\pm 0,5$  mm e  $\pm 1,0$  mm, respectivamente. Os autores concluíram que a precisão da localização do forame apical quando o mesmo seguia o longo eixo da raiz foi significativamente maior do que quando o forame apical localizava-se lateralmente.

Weiger *et al.* (1999) utilizando 41 canais, compararam, *in vitro*, a precisão dos aparelhos Root ZX e Apit na determinação da posição da constrição apical, na presença das seguintes soluções irrigantes: NaOCl 1%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% e NaCl 0,9%. Considerando as marcações O comprimento de trabalho foi obtido com o Root ZX nas medidas *Apex*, 0,5 e 1, enquanto que, no Apit, nas medidas *Apex* e 3. Considerada uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm da constrição apical as mensurações com o Root ZX variaram, em média, 0,76 e 0,85 mm, com o registro no visor em *Apex* ou 0,5, respectivamente. O localizador Apit proporcionou mensurações com valores significativamente

menores que o Root ZX. Os autores concluíram que houve diferença nas medidas obtidas quando da presença de NaOCl 1% ou H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% e que o Root ZX apresentou resultados mais precisos quando do uso NaOCl 1% com o registro no visor em *Apex* ou *0,5*.

Ounsi & Naaman (1999) avaliaram, *in vitro*, a confiabilidade do LAE Root ZX, a partir da medida real do canal radicular, com diferentes operadores. Trinta e nove dentes unirradiculares com ápice completamente formado foram colocados dentro de um gel salino, simulando o periodonto. As medidas foram anotadas quando o instrumento registrou, no visor, as posições *0,5* e *Apex*, e foram, em seguida, comparadas em relação ao comprimento real do dente. Considerando uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm, o Root ZX apresentou precisão em 84,72% dos casos, sem diferença estatística quanto as leituras obtidas por diferentes operadores. Os autores sugeriram que o Root ZX não fosse segundo recomendações do fabricante e, sim, realizar a medida no registro *Apex* do visor.

Fouad & Reid (2000) avaliaram, *in vivo*, o efeito do uso dos LAE quanto ao número de radiografias tiradas durante o tratamento endodôntico. O comprimento real de trabalho de 58 canais foi determinado pelos pesquisadores. Em seguida, alunos de graduação realizaram o mesmo procedimento utilizando o método eletrônico ou radiográfico, sendo que, considerou-se aceitável as medidas obtidas na radiografia que estivessem de 0 a 2 mm aquém do ápice radicular. Após o procedimento de obturação, compararam-se as distâncias do limite apical da obturação em relação ao ápice radiográfico, que foram de 1,25 mm e 1,64 mm para o método eletrônico e radiográfico, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram que o uso dos LAE, previamente ao exame radiográfico, possibilitou maior precisão na determinação do limite apical de instrumentação e obturação, reduzindo o número de radiografias.

Brochado *et al.* (2001) compararam a precisão na determinação do comprimento de trabalho propiciada pelos localizadores apicais eletrônicos Root ZX, Justy II e Bingo 1020. Foram selecionados 30 incisivos centrais superiores permanentes com raízes retas e ápices totalmente formados. Os

dentes foram armazenados em solução de formol a 10% até o momento de sua utilização, quando foram lavados abundantemente em água corrente. Em seguida, procederam-se a abertura coronária dos espécimes e sua posterior inclusão em solução de ágar a 1% em solução salina de fosfato tamponado, de maneira que somente a porção radicular permanecesse submersa na solução. Após, realizou-se a determinação do comprimento de trabalho com os referidos aparelhos e os resultados em milímetros, foram submetidos à análise estatística pelo teste ANOVA. Não se verificou diferença estatisticamente significativa entre os localizadores.

Jenkins *et al.* (2001) compararam, *in vitro*, a precisão do Root ZX na mensuração do comprimento de trabalho de 30 dentes unirradiculares inseridos em um gel de cloreto de sódio, na presença de diferentes soluções irrigadoras: água destilada, lidocaína com epinefrina 1:100,000, NaOCl 5,25 %, RC Prep, EDTA líquido, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% e clorexidina 12%. As medidas eletrônicas foram comparadas com o comprimento real do canal. Os resultados indicaram precisão total do Root ZX dentro de uma margem de tolerância 0,31 mm, independente do tipo de solução irrigante utilizada. Os autores concluíram a solução irrigante não influenciou a precisão da leitura com o Root ZX.

Tinaz *et al.* (2002a) desenvolveram um novo modelo para demonstrar e ensinar o funcionamento dos LAE, consistindo em um modelo plástico da mandíbula no qual foram inseridos dentes humanos extraídos e alginato, simulando o periodonto. O modelo foi validado com uma série de mensurações com forames apicais de 0,2, 0,3 e 0,45 mm de diâmetro e, sua estabilidade, após 45 horas. Todas as avaliações foram feitas utilizando-se o LAE Root ZX e as soluções irrigantes de NaOCl 2,65% e 5,25%. Os resultados mais precisos foram obtidos a 1 mm do comprimento real do canal (amplitude de -2,2 mm a + 0,21 mm), não havendo diferença estatística após 45 horas nos dentes com forames iguais ou menores a 0,3 mm. No caso de dentes com forames de 0,45 mm, as medidas permaneceram estáveis após 28 horas. Os autores concluíram que as concentrações testadas do NaOCl não afetaram significativamente as leituras e que este era um modelo simples e barato que

poderia ser fabricado para se demonstrar didaticamente o funcionamento dos LAE.

Tinaz *et al.* (2002b) avaliaram, *in vitro*, a influência do alginato e de diferentes concentrações de NaOCl na precisão do Root ZX na mensuração do comprimento de trabalho de 50 dentes unirradiculares. Após as mensurações, realizadas com o registro do visor em 0,5, as limas foram fixadas com resina autopolimerizável, os dentes retirados do alginato e o terço apical desgastado longitudinalmente até que a ponta do instrumento ficasse visível. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística com relação às variáveis testadas. Os autores concluíram que as concentrações do NaOCl não afetaram a precisão de leitura com o Root ZX e que o modelo de alginato poderia ser utilizado como método *in vitro* para avaliação dos LAE.

ElAyouti *et al.* (2002) avaliaram, *in vitro*, a precisão do Root ZX quanto à prevenção de sobre-instrumentação em 30 pré-molares, após radiografia convencional de verificação do comprimento de trabalho. Os resultados demonstraram que, utilizando apenas o método radiográfico, em 51% da amostra o instrumento encontrava-se além do forame apical, apesar da imagem apresentá-lo entre 0 a 2 mm aquém do ápice. Quando do uso do Root ZX, este valor foi reduzido para 21%. Os autores concluíram que a determinação radiográfica do comprimento de trabalho deveria ser conjugada com a leitura eletrônica, reduzindo a incidência de sobre-instrumentação em pré-molares.

Meares & Steiman (2002) avaliaram, *in vitro*, a influência da presença e tipo de solução irrigante na precisão do LAE Root ZX. Quinze dentes extraídos foram utilizados, sendo montados em cubetas de plástico com 0,9% de solução salina esterilizada. A mensuração foi feita com o canal seco ou preenchida com hipoclorito de sódio a 2,125% e 5,25%. O comprimento real de trabalho foi determinado com a inserção da lima até que a ponta da mesma fosse vista no forame apical. Os resultados obtidos foram de  $-0,05 \pm 0,44$  mm,  $-0,11 \pm 0,44$  mm e  $-0,08 \pm 0,38$  mm para os canais secos, com hipoclorito de sódio 2,125% e 5,25% respectivamente, sem diferença entre os grupos. Os

autores concluíram que a leitura eletrônica do comprimento do canal não foi afetada pela presença da solução irrigante.

Oishi *et al.* (2002) investigaram, radiograficamente, a capacidade do Root ZX em detectar a constrição apical de setenta canais de dentes extraídos em que não era possível realizar patência apical. Os dentes foram divididos em três grupos: grupo A (constrição a 3 mm do ápice radiográfico), grupo B (sem constrição a 3 mm do ápice radiográfico) e grupo C (constrição a mais de 3 mm aquém do ápice radiográfico). Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os grupos A e B. Os autores concluíram que o Root ZX não foi eficaz apenas em localizar o forame apical, mas também em detectar as constrições do canal.

Brunton *et al.* (2002) avaliaram se o uso dos LAE reduziria o número de tomadas radiográficas durante o tratamento endodôntico. Cinquenta dentes extraídos entre caninos e incisivos foram selecionados aleatoriamente e divididos em dois grupos conforme o método de determinação do comprimento de trabalho: radiograficamente (grupo A) ou com o auxílio do localizador apical (grupo B). Após a mensuração do comprimento de trabalho, os dentes foram seccionados e a medida real determinada. No grupo A, 14 radiografias foram repetidas para determinar o comprimento de trabalho, enquanto no grupo B não houve a necessidade de novas tomadas radiográficas ( $p < 0,001$ ). O LAE foi extremamente preciso em localizar o forame apical em todos os dentes testados a 0,5 mm do ápice anatômico. Quinze dentes do grupo A estavam dentro dos 0,5 mm do ápice anatômico e somente 4 estavam realmente no ápice anatômico. Os autores concluíram que, com a utilização do LAE o tratamento endodôntico pode ser realizado reduzindo-se o número de radiografias para a determinação do comprimento de trabalho. Além disto, a determinação da saída do forame apical foi mais preciso quando combinados o LAE e o exame radiográfico.

Goldberg *et al.* (2002) avaliaram, *in vitro*, a precisão do LAE Root ZX em determinar o comprimento de trabalho de cinquenta dentes unirradiculares extraídos, com reabsorção apical simulada. Três operadores utilizaram o Root ZX para medir o comprimento de trabalho, comparando-se a leitura eletrônica

com a visual. O Root ZX foi 62,7%, 94,0% e 100% preciso nas medidas de 0,5 mm, 1 mm e 1,5 mm nas medidas visuais, respectivamente. Houve diferença estatística significativa entre o operador A e os demais, mas não entre o operador B e C. Os autores concluíram que a experiência no uso do LAE esteve diretamente relacionada ao percentual verificado em relação à precisão do aparelho e que o Root ZX poderia ser utilizado na determinação do comprimento de trabalho em dentes com reabsorção apical.

Kaufman *et al.* (2002) compararam radiograficamente, *in vitro*, a precisão do Bingo 1020 e do Root ZX na determinação do comprimento de trabalho de cento e vinte dentes extraídos em um modelo com alginato. Os dentes foram divididos em 12 grupos de 10 dentes e o comprimento real dos canais determinado visualmente. O comprimento do canal foi medido eletronicamente com os canais secos ou na presença de diferentes soluções irrigantes: NaOCl 3%; solução salina; clorexidina 0,2%, EDTA 17% e Xilol. As medidas obtidas com o Bingo 1020 foram consideradas mais próximas ao comprimento real do que as obtidas com o Root ZX, no entanto, sem diferença estatística. Os autores concluíram que ambos localizadores foram precisos, independente da solução irrigante utilizada.

Chugal *et al.* (2003) investigaram a influência do diagnóstico pulpo-periapical, da qualidade da obturação e do limite apical de instrumentação e obturação no prognóstico, a partir da preservação de 441 raízes tratadas endodônticamente, por um período de  $4 \pm 0,5$  anos. Os autores concluíram que dentes com necrose pulpar e periodontite apical crônica, com densidade radiográfica da obturação deficiente ou LAIO inadequado contribuíram direta e significativamente para o insucesso do tratamento.

Ponce & Vilar Fernández (2003) avaliaram a localização do limite CDC e os diâmetros do forame e da raiz em 18 dentes ântero-inferiores (canino, central, e incisivos laterais), a partir da avaliação histológica, em microscopia ótica, de 269 secções. Os resultados indicaram maior comprimento do canal cementário no canino seguido pelo incisivo lateral e central, respectivamente. O maior diâmetro do forame apical foi observado no incisivo lateral, seguido pelo canino e incisivo central, respectivamente. O

diâmetro do canal no limite CDC foi maior no canino e menor no incisivo central e lateral, respectivamente. Os autores concluíram que houve grande variação nas mensurações realizadas.

Welk *et al.* (2003) compararam, *in vivo*, a precisão dos localizadores eletrônicos Root ZX e Endo Analyzer na localização da constrição apical. Trinta e dois dentes foram utilizados sendo que a lima utilizada na mensuração foi fixada coronariamente na posição de leitura. Em seguida, os dentes foram extraídos e 4 mm apicais foram longitudinalmente desgastados até a visualização da ponta da lima quando foi mensurada sua distância em relação à constrição apical. Os resultados demonstraram que, em média, as distâncias obtidas foram de 0,19 e 1,03 mm com os localizadores Root ZX e Endo Analyzer, respectivamente. Os autores concluíram que o Root ZX determinou a posição da constrição apical em 90,7% da amostra, enquanto o Endo Analyzer, em apenas 34,4%.

Thomas *et al.* (2003) investigaram, *in vitro*, a influência do tipo de instrumento utilizado na mensuração eletrônica realizada com o localizador Root ZX em 20 dentes unirradiculares extraídos. Os dentes foram colocados em cubetas com alginato e o LAE foi utilizado para determinar o comprimento do canal com limas de aço inox e níquel-titânio. Os resultados demonstraram diferença estatística entre os tipos de lima, mas o resultado da diferença (0,11 mm) foi considerado com não tendo significância clínica. A variação da medida do LAE e do comprimento real de trabalho foi de aproximadamente 6%. Apenas a lima #20 resultou em leituras menores que o comprimento de trabalho.

Gordon & Chandler (2004) realizaram extensa revisão da literatura relacionada aos LAE, descrevendo seu desenvolvimento, sua forma de utilização, além da descrição dos diversos tipos. Os autores relataram que nenhuma técnica individual era satisfatória na determinação do comprimento de canal; que a constrição apical seria o limite anatômico ideal para a instrumentação e obturação do canal; que sua distância até a saída foraminal não poderia ser determinada radiograficamente; que os LAE poderiam

determinar essa posição com exatidão de 90%, no entanto, com limitações. Os autores concluíram que a conjunção entre o conhecimento da anatomia apical, o exame radiográfico e o uso correto dos LAE redundaria em resultados mais precisos, clinicamente.

Lucena-Martin *et al.* (2004) compararam, *in vitro*, a precisão dos LAE Justy II, Root ZX e Neosono Ultima EZ, em vinte dentes humanos unirradiculares. Um primeiro operador (A) determinou o comprimento real do canal em cada dente. Logo, todos os canais foram mensurados eletronicamente por outros dois outros operadores (B e C). Os resultados obtidos com cada LAE e por cada operador foram comparados com o comprimento real do canal. A análise estatística dos resultados mostrou a confiabilidade do LAE em detectar o ápice variando de 80% a 85% e 85% a 90% (dependendo do operador) para o Justy II e Neosono, respectivamente, e de 85% para o Root ZX. Os autores concluíram que estes resultados, combinados com uma elevada concordância observada, sugeriram que a leitura eletrônica do canal era uma técnica objetiva e aceitável na determinação do comprimento de trabalho.

Kim & Lee (2004) realizaram uma revisão sobre os LAE disponíveis, a partir do seu histórico e funcionamento, sugerindo sua utilização com a finalidade de aumentar a precisão na determinação do comprimento de trabalho durante o tratamento endodôntico. Os autores concluíram que, em razão das limitações existentes na utilização destes aparelhos, a técnica radiográfica não deveria ser suprimida.

ElAyouti *et al.* (2005) avaliaram, *ex vivo*, a precisão dos localizadores Root ZX, Raypex4 e Apex Pointer na determinação do término apical de 182 canais que tiveram 3 mm de sua porção apical removidos após preparo biomecânico e obturação. Após a remoção do material obturador com instrumentos HERO o diâmetro do canal no extremo apical ficou entre 0,50 e 0,90 mm. Para verificação da precisão eletrônica foi utilizado um modelo experimental conectado a um micrometro. As medidas obtidas foram comparadas com o comprimento real do canal, determinado visualmente. Os

resultados indicaram que todos os localizadores apresentaram coeficiente de repetição aceitável (0,02 a 0,03 mm). A precisão da ponta da lima ao extremo apical, considerada uma margem de tolerância de 1 mm foi de 90%, 74% e 71% para o Root ZX, Raypex 4 e Apex Pointer, respectivamente. Não foi observada nenhuma leitura além do forame apical com o uso do Root ZX, ao contrário dos outros localizadores. Os autores concluíram que os localizadores testados foram precisos na determinação do término apical em dentes apicetomizados, sendo que o Root ZX mostrou-se mais preciso dentro da margem de tolerância especificada.

Haffner *et al.* (2005) compararam, *in vivo*, a precisão dos LAE Root ZX, Endy, Justy II e Endox Lysis, a partir da determinação do comprimento de trabalho de 40 dentes. Após a mensuração eletrônica, os dentes foram extraídos, determinando-se o comprimento real de trabalho, com auxílio de microscópio, a partir de um instrumento inserido no canal e desgaste longitudinal do terço apical. As distâncias obtidas, em relação à constrição apical, foram de  $0,3 \pm 0,6$  mm com o Root ZX,  $0,7 \pm 1,0$  mm com o Endy,  $0,2 \pm 0,7$  mm com o Justy II e  $1,3 \pm 1,7$  mm com o Endox. Considerando-se uma margem de tolerância de 0,5 mm, os percentuais de precisão obtidos foram de 78%, 67%, 80% e 31% para o Root ZX, Endy, Justy II e Endox, respectivamente. Os autores concluíram que, apesar da diferença nos resultados e do Justy II ter fornecido resultados mais precisos, os LAE testados eram aparelhos confiáveis para a determinação do comprimento de canal.

Schaeffer *et al.* (2005) compararam, por meio de meta-análise, os índices de sucesso publicados previamente em trabalhos que avaliaram o prognóstico do tratamento endodôntico. Os critérios utilizados para a avaliação foram acompanhamento mínimo de 2 anos, dados referentes ao limite e qualidade da obturação, definição dos critérios de sucesso e insucesso, percentuais de sucesso/insucesso e avaliação realizada radiograficamente. As correlações foram feitas com relação ao percentual de sucesso/insucesso em e ao limite apical de obturação. Os autores concluíram que as melhores taxas de sucesso foram obtidas quando a obturação terminou aquém do ápice.

Lin *et al.* (2005) revisaram, por meio do relato de casos, o comprometimento do resultado do tratamento endodôntico a partir de erros de procedimento como sub e sobre obturação, perfuração radicular e instrumentos fraturados. Os autores relataram que, embora estes erros pudessem ter diferentes fatores etiológicos, todos poderiam, potencialmente, afetar o resultado do tratamento. Os erros não seriam a causa direta do insucesso, mas sim, a presença de patógenos em canais incompletamente tratados ou não tratados. Além disto, uma parte destes erros de procedimentos estaria relacionada à falta de compreensão da anatomia do canal, aos princípios de instrumentação mecânica e ao processo de reparo/regeneração tecidual. Os autores concluíram que os erros que impedem a terapia endodôntica, aumentam o risco de insucesso do tratamento, especialmente em dentes com polpa necrosada e lesões perirradiculares.

Tselnik *et al.* (2005) compararam, *in vivo*, a precisão dos LAE Root ZX e Elements Diagnostic. Trinta e seis dentes indicados para extração foram utilizados, suas coroas foram retiradas e a medida do canal foi realizada eletronicamente com auxílio de limas tipo K. Após a leitura do segundo aparelho, as limas foram fixadas na posição com ionômero de vidro e os dentes extraídos. Os 4 mm apicais foram desgastados longitudinalmente, fotografados e avaliada a distância da ponta da lima à constrição apical. As distâncias médias obtidas foram de 0,346 e 0,410 mm com os LAE Elements Diagnostic e Root ZX, respectivamente, sem diferença estatística.

Goldberg *et al.* (2005) avaliaram, *in vitro*, a precisão dos LAE ProPex, NovApex, e Root ZX na determinação do comprimento de trabalho durante o retratamento endodôntico. Vinte dentes unirradiculares extraídos com ápices completamente formados foram utilizados. O comprimento do canal de cada dente foi medido colocando-se lima #15 até que a ponta da mesma fosse visualizada no forame apical. Para a determinação do comprimento de trabalho a medida visual foi reduzida em 0,5 mm. Os canais instrumentados foram obturados nesta medida, usando-se a técnica de condensação lateral. Após 7 dias os dentes foram retratados e o comprimento de trabalho determinado pelos LAE. Considerada uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm, os LAE

ProPex, NovApex, e Root ZX foram em 80, 85, e 95%, respectivamente. Considerada uma margem de tolerância de 1 mm, o percentual de precisão foi de 95, 95, e 100%, respectivamente. Os autores concluíram que não houve diferença nos percentuais de precisão dos LAE testados quando considerado sua utilização em casos de retratamento.

Venturi & Breschi (2005) compararam, *in vivo*, os LAE Apex Finder e Root ZX, em cinco diferentes estágios do tratamento endodôntico. Sessenta e quatro dentes com polpa vital ou necrótica foram utilizados. As medidas foram realizadas nos seguintes estágios: (1) após instrumentação e irrigação; (2) após uma breve obturação, irrigação com álcool isopropílico 70% e secagem parcial; (3) após lubrificação do canal com RC-Prep; (4) após completa instrumentação e irrigação com NaOCl 5%; (5) após secagem final. A propriedade de condutividade foi considerada baixa nos estágios 2, 3 e 5 e alta no estágio 4. Após a mensuração eletrônica, os dentes foram extraídos e uma lima 15 tipo K foi inserida até que sua ponta fosse visualizada em um estereomicroscópio atingindo o forame, determinando-se o comprimento real do canal. Dentre as 640 mensurações realizadas, 133 foram consideradas instáveis. Dentre elas, 68 relacionaram-se às condições de baixa condutividade do canal (mais freqüente para o Root ZX) e 63 em razão da presença de NaOCl no canal (mais freqüente para o Apex Finder). Assim, para avaliação dos resultados, considerou-se apenas medidas estáveis. Os resultados mostraram que, em média, o Root ZX e o Apex Finder permaneceram aquém da saída foraminal em  $0,03 \pm 0,39$  mm e  $0,31 \pm 0,46$  mm, respectivamente. Em condições de canal seco o Apex Finder foi mais preciso. Os autores concluíram que, consideradas as distintas fases do tratamento, os LAE testados revelaram precisão aceitável, contudo, o Apex Finder foi negativamente influenciado pelo NaOCl e o Root ZX foi freqüentemente incapaz de revelar medidas estáveis em canais de baixa condutividade.

Ebrahim *et al.* (2006a) avaliaram, *in vitro*, a precisão dos LAE Root ZX, Foramatron D10 e Apex NRG na detecção de fraturas horizontais e verticais simuladas em um total de 90 dentes unirradiculares, divididos em seis grupos. Nos espécimes dos grupos A, B e C foram preparadas fraturas

horizontais incompletas, de 0,25 mm de espessura, a partir de incisões nas porções coronária, média ou apical envolvendo a metade da circunferência da raiz. Nos grupos D, E e F foram simuladas fraturas verticais incompletas, de 0,25 mm de espessura, preparadas a partir de incisões verticais que expunham o canal nos terços coronário, médio e apical. Para realizar as mensurações, as porções apicais dos dentes foram inseridas em um meio contendo ágar 1% sendo utilizada solução salina como irrigante. A detecção das fraturas simuladas foi realizada com limas #10 quando o LAE registrava o valor *Apex*. Os resultados mostraram não haver diferença estatística entre os grupos A, B e C, ao contrário dos grupos D, E e F. Os autores concluíram que os LAE testados foram precisos na detecção de fraturas horizontais, contudo, todos eles foram imprecisos na detecção de fraturas verticais.

Ebrahim *et al.* (2006b) avaliaram a precisão dos LAE Root ZX, Foramatron D10, Apex NRG e Apit 7 na determinação do comprimento de trabalho de 36 pré-molares inferiores extraídos, com forames apicais com diâmetros de 0,82 mm (Grupo A), 1,02 mm (Grupo B), 1,22 mm (Grupo C) e 1,5 mm (Grupo D). Após a determinação visual do comprimento real do canal, os dentes foram montados em um modelo com ágar 1%, irrigados com NaOCl 6% e mensurados eletronicamente com instrumentos #10 a #80 (Grupo A), #10 a #100 (Grupo B), #10 a #120 (Grupo C) e #10 a #140 (Grupo D). Os resultados mostraram diferenças significantes quanto ao LAE, ao tamanho do instrumento a ao tamanho do forame. Os autores concluíram que todos os LAE testados foram imprecisos na determinação do comprimento de trabalho em canais com forames amplos, utilizando-se instrumentos de pequeno diâmetro e que os LAE Root ZX e Foramatron D10 demonstraram os melhores resultados.

Ebrahim *et al.* (2006c) avaliaram o efeito do tamanho do instrumento de leitura na precisão do LAE Root ZX, em 36 pré-molares inferiores extraídos, utilizando o modelo com ágar quando na presença de sangue ou NaOCl 6% em canais radiculares amplos. Após a determinação visual do comprimento de trabalho, os canais foram mensurados eletronicamente em 3 estágios: (1) após o preparo apical com instrumento #40 e irrigação de metade dos canais com NaOCl 6% e a outra metade com sangue humano; (2) os canais foram

instrumentados até a lima 60 no comprimento de trabalho; e (3) os canais foram instrumentados até a lima 80 no comprimento de trabalho. Os resultados mostraram que o tamanho do preparo, o tipo de solução irrigante e o estágio no qual foi realizada a mensuração tiveram influência no resultado. Os autores concluíram que à medida que o diâmetro do canal radicular aumentava, as mensurações com instrumentos menos calibrosos ficavam mais aquém e que, um instrumento de diâmetro próximo ao diâmetro real do canal deveria ser utilizado para a realização das mensurações, principalmente na presença de sangue.

Nekoofar *et al.* (2006) revisaram os princípios operacionais da mensuração eletrônica do comprimento do canal por meio de localizadores apicais eletrônicos. Os autores esclareceram que os procedimentos realizados durante o tratamento endodôntico deveriam ser mantidos dentro do sistema de canais radiculares. Para atingir este objetivo, o término do canal deveria ser detectado com precisão e mantido durante todo o preparo do canal. Segundo eles, os princípios básicos do uso destes dispositivos eletrônicos estão fundamentados no fato dos tecidos humanos apresentarem propriedades elétricas mensuráveis. Conseqüentemente, identificando estas propriedades, tais como a resistência e a impedância, seria possível se detectar o término do canal. O canal radicular é revestido internamente pela dentina e cimento, sabidamente isolantes elétricos. O forame apical menor, entretanto, funciona como via de comunicação entre os materiais presentes dentro do espaço do canal e o ligamento periodontal. Assim, a dentina e o material no interior do canal funcionam como um resistor com valores variáveis, dependendo de suas dimensões. Quando um instrumento endodôntico é inserido no canal, a resistência elétrica diminui à medida que este se aproxima do forame apical menor, uma vez que o comprimento e diâmetro da dentina e do conteúdo do canal diminuem. Assim, a estrutura radicular apresenta características capacitivas. Conseqüentemente, os vários métodos eletrônicos desenvolvidos utilizam uma variedade de princípios elétricos para a determinação do término do canal. Os dispositivos mais simples medem a resistência, outros dispositivos

medem a impedância usando a alta frequência, as duas frequências, ou frequências múltiplas.

Plotino *et al.* (2006) avaliaram a precisão dos localizadores Root ZX, Elements Diagnostic e ProPex em quarenta dentes extraídos, utilizando-se a constrição apical como referência, em um modelo experimental utilizando alginato. As distâncias médias obtidas foram de  $-0,157 \pm 0,228$  mm,  $-0,103 \pm 0,359$  mm e  $0,307 \pm 0,271$  mm para o Root ZX, o Elements Diagnostic e ProPex, respectivamente com diferença estatística apenas entre o ProPex e os outros localizadores testados. Os autores concluíram que, considerando-se uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm da constrição apical, os LAE foram precisos na determinação do comprimento do canal.

D'Assunção *et al.* (2006) avaliaram, *in vitro*, a precisão dos LAE Root ZX e Novapex na determinação da posição do forame apical em 40 dentes inseridos em um modelo experimental com alginato. Considerando-se uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm do forame apical, os percentuais de precisão observados foram de 89,7% e 82,1% para o Root ZX e o Novapex, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram os localizadores foram precisos na localização do forame apical.

Fan *et al.* (2006) avaliaram a precisão dos LAE Root ZX, Propex e Neosono Ultima EZ utilizando 48 tubos de vidro de diferentes diâmetros, simulando canais radiculares, inseridos em um modelo de ágar. Foram utilizadas como solução irrigante NaCl 0,9%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%, NaOCl 2,5% e EDTA 17%. Foram comparados o comprimento real do tudo (CR) e o comprimento medido (CM) pelos aparelhos. Foram consideradas as margens de tolerância de  $CR \pm 0,5$  mm (M1) e  $CR \pm 1$  mm (M2). Nos tubos secos, o Propex e o Neosono apresentaram todas as medidas dentro de M1, enquanto o Root ZX apresentou precisão de 75% em M1 e 100% em M2. Ao mesmo tempo, no caso dos tubos secos, não foi observada influência do diâmetro dos tubos na precisão dos três LAE. Considerado o uso de soluções irrigantes, o Root ZX apresentou menor precisão com o aumento do diâmetro do tubo. O Propex apresentou precisão de 75% em M1 e 100% em M2, com o diâmetro do tubo até 0,80 mm, diminuindo com diâmetro maiores e preenchidos com NaOCl

2,5% ou EDTA 17%. Quase todas as medidas obtidas com o Neosono estavam 1 mm menor do que o CR, independente do conteúdo nos tubos e do diâmetro. Os autores concluíram que houve diminuição da precisão do Root ZX com o aumento no diâmetro dos tubos, do Propex, na presença de eletrólitos em tubos de maior diâmetro. Por outro lado, a presença dos eletrólitos e o diâmetro dos tubos não tiveram influência no desempenho do Neosono Ultima EZ.

Baldi *et al.* (2007) compararam, *in vitro*, diferentes meios utilizados para simular as condições elétricas do periodonto durante testes de LAE. Determinaram-se os comprimentos reais dos canais de 30 incisivos centrais inferiores, colocados em tubos de polietileno preenchidos com diferentes meios condutores (ágar 1%, solução salina, gelatina, alginato, esponja embebida em solução salina) e, em seguida, determinou-se a leitura eletrônica com o Root ZX. Dentre os meios testados, a esponja embebida em solução salina foi que a que apresentou os piores resultados. Os autores concluíram que não houve diferença estatística entre os outros materiais, contudo, recomendaram o uso do alginato como meio de escolha para uso em testes *in vitro* tendo em vista sua facilidade de manipulação, suas boas propriedades eletrocondutoras, sua consistência coloidal, semelhante ao ligamento periodontal, além do baixo custo.

Bernardes *et al.* (2007) compararam a precisão dos LAE Root ZX, Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e RomiAPEX D-30. Quarenta dentes humanos unirradiculares extraídos foram selecionados. Após o acesso endodôntico, a medida do comprimento real do canal foi executada visualmente pela inserção de uma lima 10 tipo K até que sua ponta poderia ser observada no forame apical com o auxílio de um microscópio. Os dentes foram colocados em um recipiente plástico contendo alginato e os canais foram mensurados com os três LAE no registro 1 do visor. A margem de tolerância foi definida como  $\pm 1$  mm da constrição apical. Os resultados indicaram percentual de precisão de 97,5% para o Root ZX, 95% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator e 92,5% para o RomiAPEX D-30, sem diferença estatística. Apesar do alto percentual descrito, os autores não descreveram nenhuma das medidas obtidas na mensuração. Os autores concluíram que os LAE

apresentaram boa precisão considerada a margem de tolerância de 1 mm da constrição apical.

D'Assunção *et al.* (2007) utilizaram 40 dentes unirradiculares para comparar, *in vitro*, o percentual de sobre-leitura dos LAE Root ZX II e Mini Apex Locator. Após determinação visual do comprimento real do canal, cada canal foi submetido à leitura eletrônica com os localizadores no ponto 0,5 do visor. Considerada uma margem de tolerância de 0,5 mm, os percentuais de precisão foram de 100 e 97,44% para o Mini Apex Locator e Root ZX, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram que ambos os aparelhos foram eficientes quanto à prevenção em superestimar o comprimento de trabalho.

Ebrahim *et al.* (2007) avaliaram, *in vitro*, a precisão dos LAE Dentaport ZX, ProPex, Foramatron D10, Apex NRG e Apit 7 na determinação do comprimento de trabalho após o retratamento de 32 dentes unirradiculares. O comprimento de trabalho foi determinado a partir da verificação visual do comprimento real do canal menos 0,5 mm. Os canais foram instrumentados, obturados e divididos em 6 grupos (controle e experimentais). Os espécimes foram mantidos em estufa e retirados após 15 dias, quando foi realizada a remoção do material obturador e inserção das porções apicais das raízes em um aparato experimental para realização das mensurações. Para isto, utilizou-se limas #25 e os canais foram irrigados com NaOCl 2,5%. Os resultados mostraram que, considerada uma margem de tolerância de 0,5 mm, os percentuais de precisão obtidos foram de 92%, 81%, 73%, 58% e 31% e, em uma margem de tolerância de 1,0 mm, de 100%, 92%, 85%, 69% e 58%, para os LAE Dentaport ZX, ProPex, Foramatron D10, Apex NRG e Apit 7, respectivamente. Os autores concluíram que os LAE Dentaport ZX, ProPex e Foramatron D10 mostraram maior precisão que o Apex NRG e o Apit 7 na determinação do comprimento de trabalho em caso de retratamento.

Herrera *et al.* (2007) avaliaram a influência do diâmetro da constrição apical na precisão do Root ZX, utilizando limas de diferentes diâmetros. Foram realizados acessos coronários em 10 dentes unirradiculares e a determinação visual do comprimento real do canal. Em seguida, os dentes

tiveram suas porções apicais inseridas em alginato. Para determinar a precisão do LAE, os canais foram progressivamente ampliados pela inserção de limas de diâmetros crescentes 1 mm além do comprimento de trabalho. A cada ampliação do diâmetro apical (0,37, 0,62 e 1,02 mm) realizava-se nova mensuração com o Root ZX com limas #10 até aquela que promoveu a ampliação, sucessivamente. Os resultados mostraram que não houve diferença na determinação do comprimento de trabalho quando utilizadas limas #10 até #25. Contudo, foram encontradas diferenças significantes acima do instrumento #30. Os autores concluíram que a precisão do Root ZX variou de acordo com o diâmetro da constrição apical.

Topuz *et al.* (2007) avaliaram, *in vitro*, a precisão dos LAE TCM Endo V e Root ZX. Quarenta e sete incisivos superiores e inferiores, após a mensuração do comprimento real de trabalho, foram inseridos em alginato e os LAE testados de acordo com as recomendações do fabricante. O comprimento de trabalho foi definido visualmente como o comprimento real do canal menos 0,5 mm. Ambos foram ajustados para registrar 0,5 mm do comprimento real do canal. Os resultados mostraram que no comprimento de trabalho médio de  $14,39 \pm 1,95$ , as leituras realizadas foram de  $14,11 \pm 2,02$  mm e de  $14,38 \pm 2,001$  mm com o Root ZX e TCM Endo V, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram os LAE testados foram precisos na determinação do comprimento de trabalho, contudo, que o TCM Endo V apresentava maior complexidade de manuseio.

Venturi & Breschi (2007) avaliaram *ex vivo* a precisão do Apex Finder e Root ZX, com e sem solução irrigante, em 60 canais apresentando forames apicais com diferentes diâmetros. Os dentes foram divididos em 6 grupos de acordo com o diâmetro do forame: 0,15, 0,20, 0,25, 0,40, 0,60 e 0,80 mm. Após determinação visual do comprimento real do canal, os dentes foram fixados em uma barra plástica e suspensos em um recipiente de vidro contendo solução de NaCl 0,9%, mantendo a porção apical da raiz imersa na solução. Cada LAE foi testado quanto à sua precisão na localização do forame ou a 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mm aquém, com canais secos ou irrigados com NaCl. Das 2.400 mensurações realizadas, 100 foram consideradas instáveis com o Root ZX. Um

total de 521 mensurações determinou a posição da ponta da lima além do ápice, em geral, em condições de alta condutividade com o Root ZX e baixa com o Apex Finder. Não houve diferença significativa em termos de precisão entre os LAE quando a ponta da lima se encontrava no forame (Root ZX:  $0,12 \pm 1,22$  mm; Apex Finder:  $0,57 \pm 1,16$  mm). Comparando-se as medidas verificadas a 2 mm do forame, em todas as condições testadas, a precisão foi afetada pelo diâmetro do forame, tipo de LAE, distância do forame e por várias interações. Os autores concluíram que, nas condições testadas, ambos os LAE promoveram medidas precisas quanto a determinação da posição do forame. A precisão do Apex Finder foi negativamente influenciada pela condição de alta condutividade, enquanto que o Root ZX promoveu medidas imprecisas e instáveis em condições de baixa condutividade.

Wrbas *et al.* (2007) compararam, *in vivo*, a precisão dos LAE Root ZX e Raypex 5. O comprimento de trabalho de 20 dentes unirradiculares foi determinado com os LAE previamente à exodontia. Após as leituras, os dentes foram extraídos, os 4 mm apicais das raízes foram desgastados, as limas reposicionadas no comprimento de trabalho previamente determinado e, em seguida, foi analisada a relação entre a ponta do instrumento e o forame menor. Considerada uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm, o percentual de precisão foi de 75 e 80% para os LAE Root ZX e Raypex 5, respectivamente, sem diferença estatística. Os autores concluíram que o uso de localizadores eletrônicos para a determinação do comprimento de trabalho era um método seguro e confiável.

### **3. PROPOSIÇÃO**

---

### **3. PROPOSIÇÃO**

O presente estudo *ex vivo* teve como objetivo comparar, radiográfica e macroscopicamente, a precisão do localizador apical eletrônico Root ZX II, em relação ao limite CDC e ao ápice anatômico, quando utilizado o registro 1 do visor.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

---

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **Seleção e preparo da amostra**

Após o parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa nº037/07 (Registro CEP: 267/06), da Universidade Federal de Uberlândia, foram selecionados do banco de dentes humanos, do Centro Universitário do Triângulo – UNITRI, trinta e sete dentes permanentes unirradiculares, utilizando-se uma lupa de aumento manual para verificação de formação completa do ápice e ausência de reabsorção apical. Os dentes foram armazenados em solução de hipoclorito de sódio a 1%, por 24 horas, para remoção dos restos pulpares, até o momento de sua utilização, quando foram lavados abundantemente em água corrente. Em seguida, os espécimes foram numerados seqüencialmente com auxílio de um marcador apropriado (Permanent Marker, Staedtler Mars GmbH & Co., Alemanha).

Para a abertura coronária foram utilizadas brocas FG 1016HL (KG Sorensen, São Paulo, Brasil) e Endo-Z (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça), em alta rotação e sob refrigeração constante. Com auxílio da broca FG 1016HL fez-se um chanfrado na porção coronária perpendicularmente ao longo eixo do dente para facilitar a visualização do ponto de referência na coroa, em seguida realizou-se a patência dos canais com uma lima 06.

Após a abertura coronária, o terços, cervical e médio, foram alargados com auxílio de limas e brocas Gates-Gliden sob irrigação abundante visando remover tanto quanto possível o tecido pulpar remanescente, além da utilização de uma lima 15, tipo Hedstrom, de 25 mm, até que a mesma fosse avistada na saída do forame maior. A determinação do comprimento real do canal (CRC) foi realizada com auxílio de microscópio clínico com aumento de 20x. Para isto, a câmara pulpar foi abundantemente irrigada com hipoclorito de sódio a 1% e uma lima 10 tipo K (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Suíça) foi progressivamente introduzida no interior do canal até que sua ponta coincidissem com a saída do forame apical.

Para a confecção dos corpos de prova, manipulou-se porção suficiente de alginato (Avagel, Technew Com. Ind. Ltda., Rio de Janeiro, Brasil) que foi vertida em cubetas de vidro com dimensões de 7 x 7 x 5 cm, semelhante ao trabalho de D' Assunção (2006). Antes da geleificação, os espécimes tiveram suas raízes submersas no alginato.

### **Leitura eletrônica do comprimento de trabalho**

Imediatamente após a confecção dos corpos-de-prova, os canais foram preenchidos com hipoclorito de sódio a 1%, deixando-se a câmara pulpar livre de solução. As medições com o localizador Root ZX II foram realizadas inserindo o eletrodo da mucosa no alginato, lateralmente ao dente a ser mensurado. O eletrodo da lima foi conectado a limas tipo K números 15 ou 20, de comprimento maior que o CRC, compatíveis ao diâmetro do canal (figura 1).

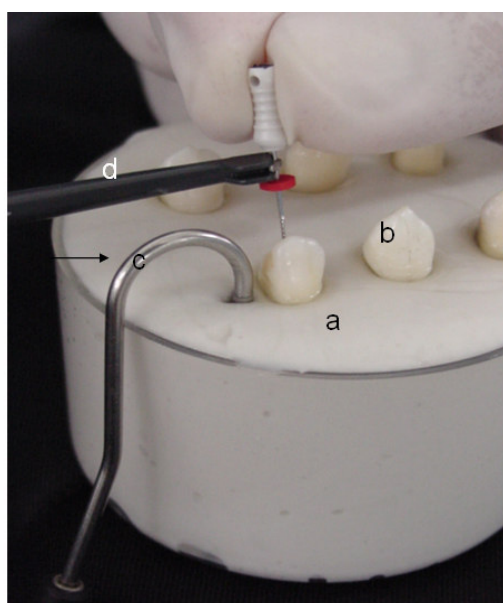


**Figura 1.** Corpo de prova. (a) alginato; (b) dente; (c) eletrodo da mucosa; (d) eletrodo da lima.

A lima conectada ao eletrodo foi progressivamente inserida no canal, em direção apical, até atingir o registro *Apex* no visor do aparelho. A partir desse ponto, recuou-se o instrumento até atingir o registro *1*, no início da faixa verde do visor, sendo este ponto considerado como o comprimento de trabalho

(CT) (figuras 2A e 2B). Foi considerada válida a leitura que permanecesse estável por, pelo menos, 5 segundos. A seguir, ainda com a lima na posição e o eletrodo conectado, verteu-se resina acrílica autopolimerizável (Duralay, Reliance Dental Mtg. Co, Worth, IL, USA) na região do acesso coronário, após o endurecimento da resina o eletrodo foi desconectado.

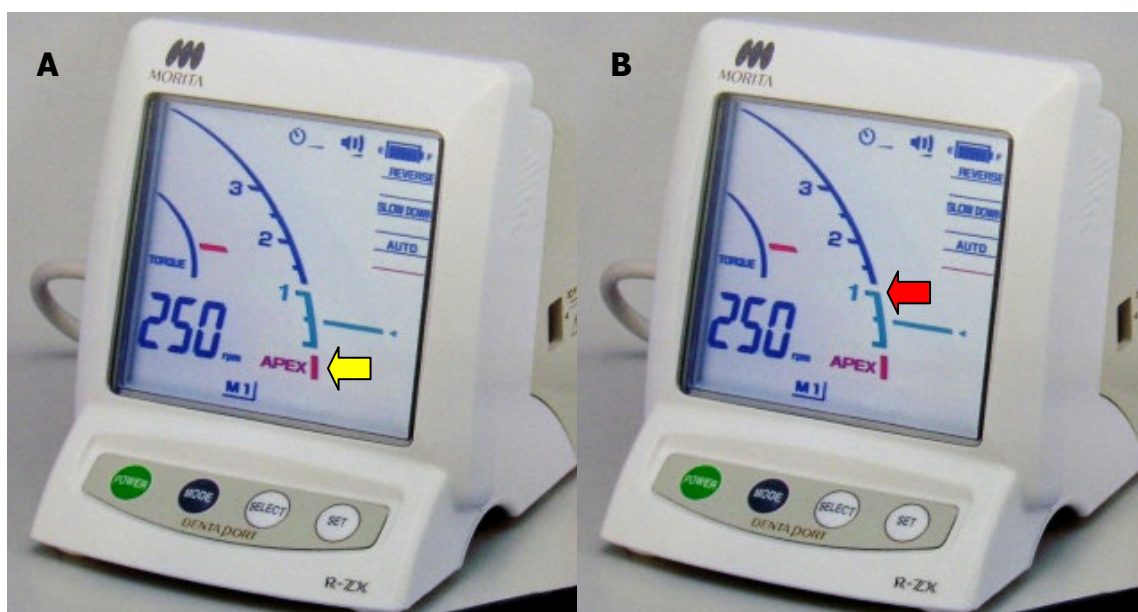


**Figura 2.** Localizador apical eletrônico Root ZX II. (A) Seta amarela indicando o registro Apex no visor; (B) Seta vermelha indicando o registro 1 no visor.

### **Avaliação radiográfica**

Após a determinação eletrônica do CT, os espécimes foram removidos do alginato, fixados no sensor digital e radiografados no sentido ortorradial (figura 3A), por meio do aparelho de raios-X Prodental (Prodental Ltda, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), com tempo de exposição ajustado em 0,16 segundos. Visando padronizar a incidência e distância foco-filme, foi utilizado um posicionador especial, confeccionado em vidro de espessura 0,4 cm, com altura de 24,5 cm e largura de 11 cm, ficando uma base para fixação do sensor digital feita em acrílico a uma altura de 4 cm da base do posicionador (figura 3B). As imagens foram obtidas com auxílio do sensor digital (Schick Technologies, Inc., Long Island, NY, USA) (figura 3C) e exportadas para um computador pessoal. Em seguida, realizou-se a mensuração da distância da ponta do instrumento em relação ao ápice radiográfico, por meio da ferramenta *medir* no *software* CDR (Schick Technologies, Inc., Long Island, NY, USA), após nitidez da qualidade da imagem com a ferramenta *Equalizar*.

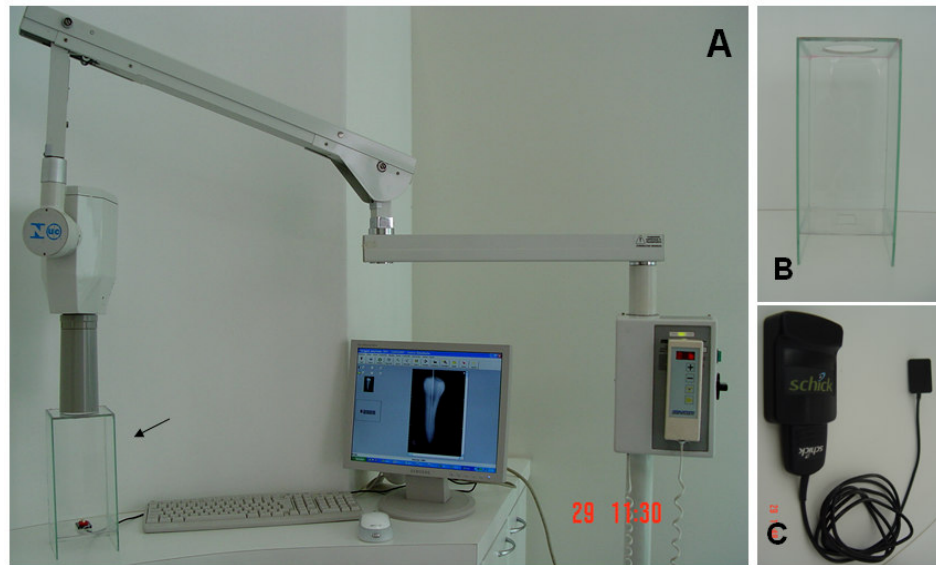


**Figura 3.** (A) Aparelho de raios-X e posicionador de vidro (seta); (B) posicionador de vidro para a técnica do paralelismo; (C) sensor digital de radiografia odontológica (Schick Technologies, Inc., Long Island, NY, USA).

### Avaliação macroscópica

Depois da tomada radiográfica, os 5 mm apicais da face vestibular das raízes foram cuidadosamente desgastados com uma broca diamantada tronco-cônica 1090 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), em alta rotação, com auxílio de uma lupa de aumento estereoscópica, no intuito de visualizar a ponta do instrumento em relação à saída do forame apical. Quando uma fina camada de dentina foi percebida entre o desgaste executado e a ponta do instrumento fixado, removeu-se o remanescente utilizando uma lâmina de bisturi número 15 (Solidor, Lamedidi AS, Alemanha).

Os dentes foram fotografados por uma câmera acoplada a uma lupa estereoscópica (Leica MS5, Leica Microscopy Systems Ltd., Switzerland, Germany) (figura 4) e as imagens digitalizadas obtidas foram avaliadas, em conjunto, por três examinadores, analisando a diferença de cores presentes nas imagens, o que permitiu calibração prévia das medidas a serem realizadas individualmente. Em seguida, cada avaliador, separadamente, mensurou a distância da ponta da lima ao limite CDC e ao ápice natômico, em milímetros,

com auxílio de um microscópio de precisão (Mitutoyo, Mitutoyo Corporation, Kanagama, Japan) (figura 5). Os sinais positivo (+) e negativo (-) indicaram a posição da ponta da lima além ou aquém do limite CDC, respectivamente. Os valores considerados na análise estatística corresponderam à média dos resultados obtidos pelos 3 avaliadores. Foram consideradas precisas as medidas obtidas dentro do limite de tolerância de  $\pm 0,5$  mm do limite CDC.



**Figura 4.** Lupa estereoscópica (1) dispositivo fotográfico; (2) fibra ótica para iluminação (seta branca); e (3) monitor para o controle fotográfico.



**Figura 5.** Microscópio de precisão. (A) vista panorâmica; (B) dispositivo de monitorização das medidas obtidas (seta preta); e (C) detalhe do visor com medidas em milímetros.

Na figura 6 é possível observar como foram realizadas as mensurações macroscópica e radiográfica.

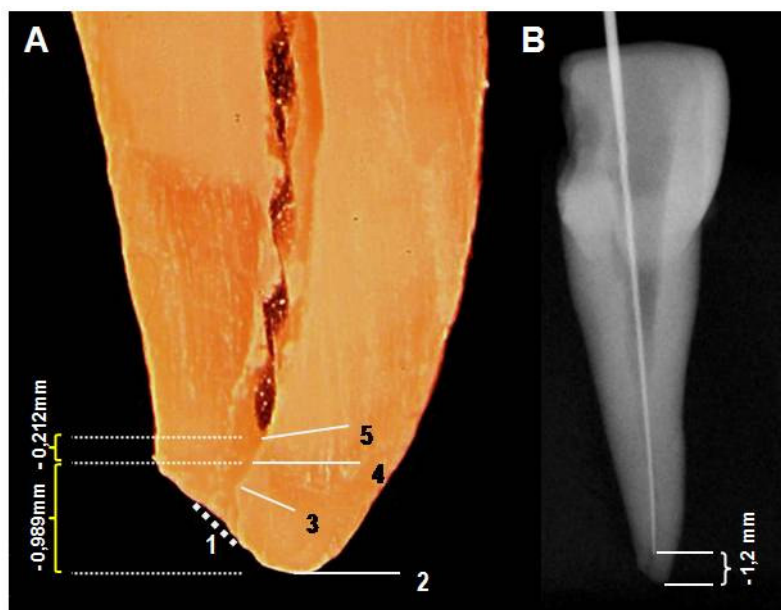


**Figura 6.** Caso #25. Avaliação comparativa entre a análise macroscópica (A) e radiográfica (B). Em (A), observar saída do forame principal ou forame maior (1), ápice anatômico (2), constrição apical ou forame apical menor (3), limite CDC (4) e ponta da lima (5); em (B) observar a mensuração da distância entre a ponta da lima e o ápice radiográfico.

### **Análise estatística**

Os dados de cada parâmetro avaliado foram submetidos a testes estatísticos preliminares com o objetivo de verificar a distribuição amostral. Para comparação estatística entre as distâncias mensuradas radiográfica ou macroscopicamente, foi utilizado o teste *t* para amostras pareadas. A análise estatística foi realizada com auxílio do *software* SPSS 13 (LEAD Technologies, Inc., Chicago, IL, USA).

## **5. RESULTADOS**

---

## 5. RESULTADOS

Durante a análise radiográfica e macroscópica não foram observados registros além do ápice anatômico. Em um dente (#2), no exame macroscópico, e em dois dentes (#12 e #32), no exame radiográfico, constatou-se que a ponta da lima coincidia exatamente com a saída do forame, no extremo apical (tabela 1, figura 7).

As medidas obtidas nas análises radiográfica e macroscópica, entre a ponta da lima e o extremo apical, foram de  $-0,95 \pm 0,43$  mm e  $-0,93 \pm 0,44$  mm, respectivamente, sem diferença estatística significativa (teste *t* para amostras pareadas,  $p > 0,05$ ) (tabela 1).

Na análise macroscópica da ponta da lima e o limite CDC, observou-se que, em 5 espécimes (13,5%), a ponta da lima encontrava-se entre a saída do forame maior e o limite CDC, indicando que em 86,5% das vezes o instrumento permaneceu no limite do canal dentinário (tabela 2, figura 7). Considerando-se uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm, as leituras com o Root ZX II apresentaram o percentual de precisão de 59,45% ( $n = 22$ ) ao passo que, considerada uma margem de tolerância de  $\pm 1,0$  mm, o percentual de precisão ficou em 89,18% ( $n = 33$ ) (tabela 2, figura 8), com amplitude de  $-1,5$  a  $+0,5$  mm. Não houve leitura além do forame apical.

Em média, a distância do limite CDC à saída do forame apical, na amostra avaliada, foi de  $-0,51 \pm 0,23$  mm (tabela 1).

**Tabela 1.** Média, desvio padrão e amplitude, em milímetros, referentes às mensurações realizadas nos exames radiográfico e macroscópico ( $n = 37$ ).

|                                  | <b>Radiografia<br/>[lima - ápice]</b> | <b>Macroscópico<br/>[lima - ápice]</b> | <b>Macroscópico<br/>[lima - limite<br/>CDC]</b> | <b>Macroscópico<br/>[ápice - limite<br/>CDC]</b> |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Média <math>\pm</math> DP</b> | $-0,95 \pm 0,43^a$                    | $-0,93 \pm 0,44^a$                     | $-0,42 \pm 0,45^b$                              | $-0,51 \pm 0,23$ mm                              |
| <b>Amplitude</b>                 | -1,9 a 0,0                            | -1,9 a 0,0                             | -1,5 a 0,5                                      | -1,1 a -0,2                                      |

a,b = significância estatística (teste *t* para amostras pareadas). O sinal negativo indica que o instrumento encontrava-se aquém da referência (ápice ou limite CDC). Ápice representa o ápice anatômico.

**Tabela 2.** Medidas obtidas, em milímetros, de cada espécime, referentes às mensurações realizadas nos exames radiográfico e macroscópico ( $n = 37$ ).

| #  | Radiografia<br>[lima - ápice] | Macro<br>[lima - ápice] | Macro<br>[lima - limite CDC] | Macro<br>[ápice - limite CDC] |
|----|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 01 | -0,8                          | -0,7                    | -0,4                         | -0,3                          |
| 02 | -0,1                          | 0,0                     | 0,2                          | -0,2                          |
| 03 | -0,2                          | -0,3                    | 0,2                          | -0,5                          |
| 04 | -1,2                          | -1,3                    | -0,8                         | -0,5                          |
| 05 | -1,0                          | -1,0                    | -0,6                         | -0,4                          |
| 06 | -1,5                          | -1,5                    | -0,8                         | -0,7                          |
| 07 | -1,0                          | -0,8                    | 0,1                          | -0,9                          |
| 08 | -0,8                          | -0,7                    | -0,4                         | -0,3                          |
| 09 | -1,0                          | -1,0                    | -0,5                         | -0,5                          |
| 10 | -0,8                          | -0,7                    | -0,1                         | -0,6                          |
| 11 | -0,7                          | -0,4                    | -0,1                         | -0,3                          |
| 12 | 0,0                           | -0,6                    | 0,5                          | -1,1                          |
| 13 | -1,0                          | -1,2                    | -0,7                         | -0,5                          |
| 14 | -1,3                          | -1,1                    | -0,6                         | -0,5                          |
| 15 | -0,4                          | -0,5                    | 0,0                          | -0,5                          |
| 16 | -1,4                          | -1,7                    | -1,1                         | -0,6                          |
| 17 | -1,0                          | -0,7                    | -0,4                         | -0,3                          |
| 18 | -0,5                          | -0,5                    | -0,3                         | -0,2                          |
| 19 | -1,0                          | -1,0                    | -0,7                         | -0,3                          |
| 20 | -0,7                          | -0,6                    | -0,3                         | -0,3                          |
| 21 | -0,9                          | -1,2                    | -0,3                         | -0,9                          |
| 22 | -1,4                          | -1,9                    | -1,5                         | -0,4                          |
| 23 | -0,6                          | -0,4                    | -0,1                         | -0,3                          |
| 24 | -1,6                          | -1,7                    | -1,1                         | -0,6                          |
| 25 | -1,2                          | -1,0                    | -0,2                         | -0,8                          |
| 26 | -1,5                          | -1,3                    | -0,8                         | -0,5                          |
| 27 | -0,7                          | -0,5                    | -0,1                         | -0,4                          |
| 28 | -0,5                          | -0,5                    | 0,4                          | -0,9                          |
| 29 | -0,9                          | -1,1                    | -0,1                         | -1,0                          |
| 30 | -0,7                          | -0,6                    | -0,3                         | -0,3                          |
| 31 | -1,2                          | -1,1                    | -0,6                         | -0,5                          |
| 32 | 0,0                           | -1,0                    | -0,6                         | -0,4                          |
| 33 | -0,9                          | -0,7                    | -0,2                         | -0,5                          |
| 34 | -1,2                          | -1,0                    | -0,8                         | -0,2                          |
| 35 | -1,6                          | -1,5                    | -0,9                         | -0,6                          |
| 36 | -1,9                          | -1,6                    | -1,2                         | -0,4                          |
| 37 | -1,0                          | -1,0                    | -0,4                         | -0,6                          |

O sinal negativo indica que o instrumento encontrava-se aquém da referência (ápice ou limite CDC).

Na figura 7 encontram-se representados os valores individuais das mensurações realizadas nas avaliações radiográfica e macroscópica, descritas na tabela 2, correspondente à distância da ponta da lima ao extremo apical no

exame radiográfico (linha azul) e macroscópico (linha vermelha). Na figura 8 é possível verificarmos que a maioria dos valores das leituras entre a ponta da lima e o limite CDC ficaram a  $\pm 0,5$  mm deste ponto, representado no gráfico pela linha 0.

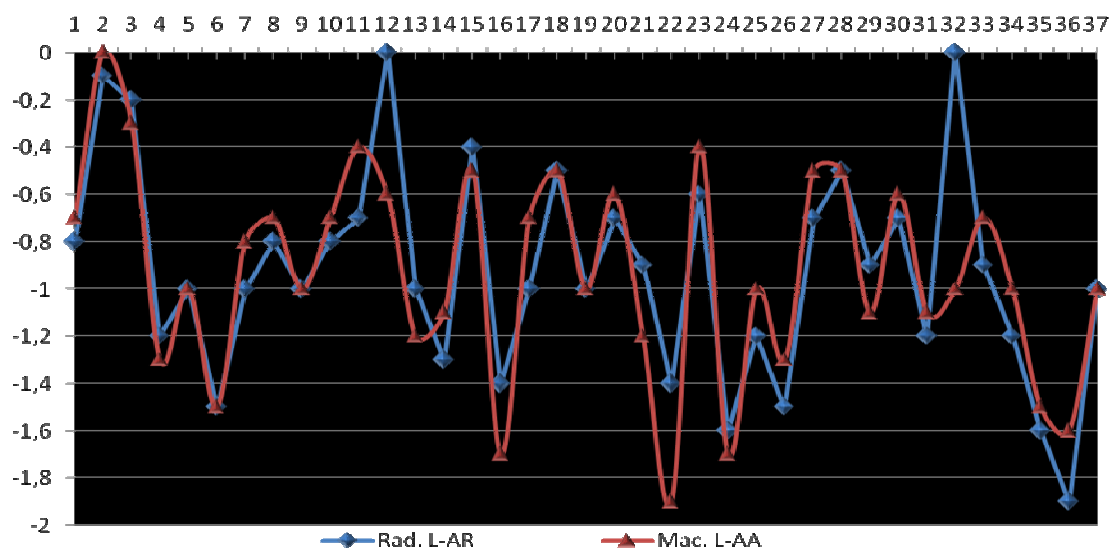


**Figura 7.** Representação gráfica das mensurações realizadas durante a avaliação radiográfica (Rad) e macroscópica (Mac). L: ponta da lima; AR: ápice radiográfico; AA: ápice anatômico.

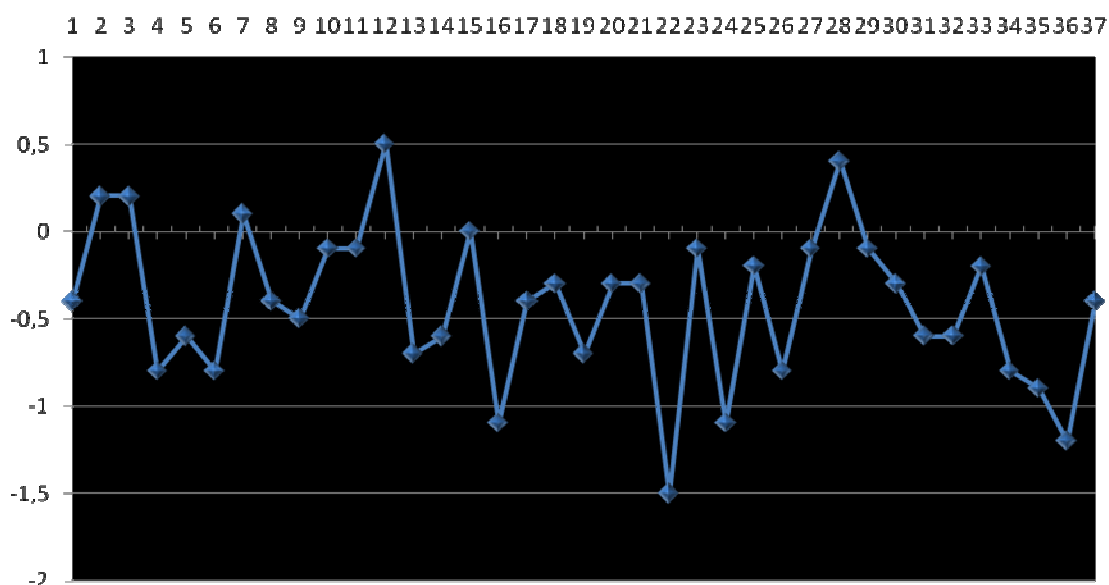


**Figura 8.** Representação gráfica das mensurações realizadas durante a avaliação macroscópica entre a ponta da lima e o limite CDC, neste gráfico representado pela linha 0.

Na figura 9, é possível observar a relação entre a ponta da lima e as diversas referências anatômicas presentes na porção apical das raízes. Na figura 10 pode se verificar diferentes morfologias da região apical resultando, evidentemente, nas diversas relações entre a ponta da lima e as referências anatômicas.

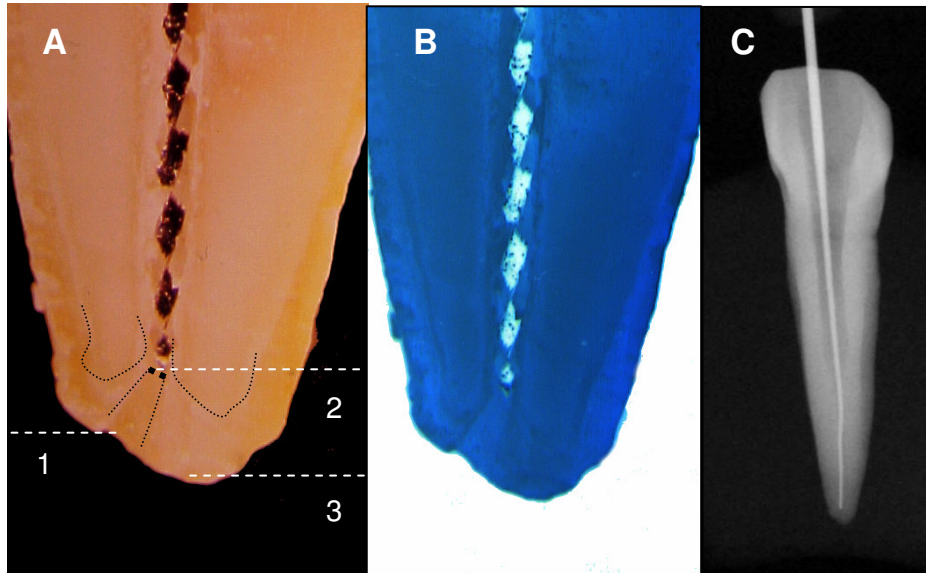


**Figura 9.** Caso 10. (A) Região apical: forame maior (1) constrição apical (2) ápice anatômico(3). (B) negativo da imagem evidenciando a morfologia apical de A. (C) Imagem radiográfica do caso.

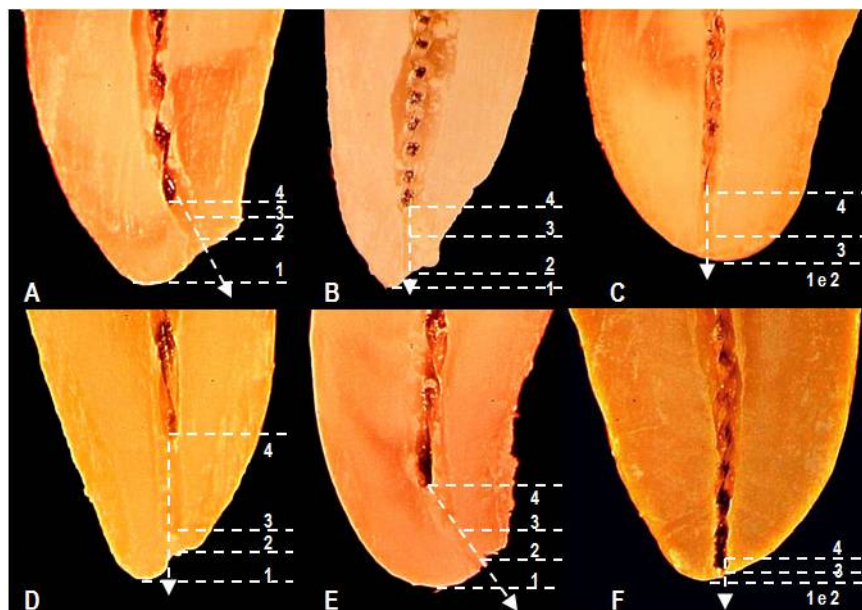


**Figura 10.** Região do ápice radicular. Observar relação da ponta da lima (4) com o ápice anatômico (1), a saída do forame principal (2) e o limite CDC (3).



## 6. DISCUSSÃO

Didaticamente, o canal radicular principal pode ser dividido em dois canais de forma cônica, justapostos pelos vértices. Um deles, mais longo, o dentinário, inicia-se na câmara pulpar, suas paredes são revestidas por dentina e convergem em sentido apical até um diâmetro mínimo. A partir daí, o canal dentinário dá continuidade a outro canal, mais curto, com paredes divergentes, revestidas por cimento e, por isso, chamado canal cementário que, aumentando em diâmetro, abre-se no forame apical maior. A união do canal dentinário com o canal cementário é o local onde a cavidade pulpar apresenta, na maioria das vezes, seu menor diâmetro e, assim, é conhecido por limite cimento-dentina-canal ou, simplesmente, limite CDC (Ramos & Bramante, 2005).

É consensual o fato de que o preparo biomecânico, bem como a obturação endodôntica, devam se limitar ao canal dentinário, área histologicamente ocupada por tecido pulpar (Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998). O grande desafio tem sido precisar o comprimento de trabalho em função deste limite apical de instrumentação e obturação (LAIO) principalmente porque evidências mostram que sua correta localização é fator crucial para o sucesso do tratamento endodôntico (Chugal *et al.*, 2003; Schaeffer *et al.*, 2005).

No início do século XX, Custer (1918) referiu-se à dificuldade técnica de se realizar um perfeito selamento da região apical, sugerindo a idéia de que o comprimento do canal radicular poderia ser determinado por meio de condutância elétrica. Pouco se fez com respeito a esta idéia até que Suzuki (1942) desenvolvesse um aparelho capaz de mensurar a resistência elétrica entre o ligamento periodontal e a mucosa oral. Ele descobriu que, em cães, a resistência elétrica entre um instrumento inserido no interior do canal radicular e um eletrodo em contato com a mucosa oral registrava um valor constante de aproximadamente 6,5 K $\Omega$ . As conclusões de Suzuki (1942) não avançaram até que Sunada (1958) realizasse uma série de experimentos com pacientes e relatasse que a resistência elétrica entre a mucosa e o periodonto eram, de

fato, consistentes com os achados prévios, independente da idade do paciente, da forma ou tipo de elemento dentário. Vários anos depois, Huang (1987) refutou a idéia original de Sunada (1958) de que a resistência elétrica era apenas uma propriedade biológica entre o dente e o periodonto, comprovando sua natureza física, inerente ao comportamento elétrico das estruturas biológicas, e possibilitando o desenvolvimento dos localizadores apicais eletrônicos (LAE). Ele verificou que, variando-se o tipo de corrente elétrica (contínua ou alternada), bem como a frequência utilizada, se obteria maior ou menor precisão dos aparelhos.

A classificação mais utilizada quanto aos LAE divide-os em três gerações e foi desenvolvida a partir do seu princípio de funcionamento. A 1ª geração utilizava corrente contínua para medição da resistência elétrica entre a mucosa e o periodonto, com leitura a partir de um eletrodo positivo e outro negativo, fechando o circuito. Os LAE da 2ª geração utilizavam corrente alternada na medição da resistência elétrica (impedância), a partir de altas frequências. Os aparelhos da 3ª geração foram introduzidos no início da década de 1990 em um esforço para se conseguir uma mensuração mais precisa, independentemente da condição eletrolítica dos canais. Eles utilizam mais de uma frequência de corrente alternada para medição da diferença ou quociente entre os valores de impedância (McDonald, 1992).

O primeiro LAE de 3ª geração foi desenvolvido por Yamashita (1990) e calculava a diferença entre duas impedâncias obtidas a partir de duas frequências (1 e 5 Hz). Este aparelho foi comercializado nos Estados Unidos com o nome de Endex e, no Japão, como Apit. Sua vantagem residia no fato de que funcionava bem mesmo em ambiente de alta eletrocondutividade no interior do canal, ou seja, na presença de pus, sangue ou solução irrigante, contudo, apresentava como desvantagem ser necessária sua prévia calibração, sempre que fosse utilizado.

Alguns anos depois, Kobayashi & Suda (1994) desenvolveram o localizador Root ZX que realiza a mensuração do canal a partir do chamado “método da razão”. Este aparelho calcula o quociente das impedâncias obtidas simultaneamente, a partir de duas frequências (0,4 e 8 Hz) e expressa seu

quociente em termos da posição do instrumento dentro do canal. Neste método, a corrente é aplicada no canal do dente e a diferença de potencial resultante da passagem da corrente pelo canal é filtrada para isolar as componentes espectrais. Então, mede-se a amplitude de cada um dos sinais de tensão e calcula-se a razão entre eles. Como a capacitância do canal radicular é desprezível, quando a ponta da lima se localiza a certa distância do forame apical, o quociente é aproximadamente igual a 1. Quando a lima alcança as proximidades do forame apical, a capacitância aumenta repentinamente e ocorre uma alteração significativa no quociente. Como cada uma das frequências é afetada igualmente pela condutibilidade do conteúdo do canal, o cálculo do quociente não é afetado pelo tipo da solução eletrolítica presente, podendo-se estimar a localização da lima pela razão entre as impedâncias das diferentes frequências, sendo desnecessária sua pré-calibração. Este princípio operacional explica por que diferentes condições de eletrocondutividade no canal radicular não afetam a precisão do aparelho (Dunlap *et al.*, 1998; Jenkins *et al.*, 2001).

Nos últimos anos, a determinação eletrônica do comprimento de trabalho ganhou popularidade tanto entre os clínicos gerais quanto endodontistas, principalmente por que se comprovou que seu uso, como coadjuvante no preparo químico-mecânico, reduz o número de radiografias necessárias para determinação do LAIO (Forsberg, 1987; Stein & Corcoran, 1992; Fouad & Reid, 2000; Brunton *et al.*, 2002). Adicionalmente, a evidência de que o forame apical poderia se localizar a 3,5 mm do ápice radiográfico (Ponce & Vilar Fernandez, 2003) indicou que, em tais dentes, a determinação do LAIO utilizando-se apenas do exame radiográfico resultaria, inevitavelmente, em sobre-instrumentação. Afora estas constatações, os resultados de estudos que compararam leituras eletrônicas e radiográficas indicaram que a mensuração radiográfica tende a ser maior que a eletrônica (Kaufman *et al.*, 1997). No presente estudo, não foi verificada tal assertiva (tabela 1) pelo fato de se ter utilizado da precisão de um sensor digital para obtenção e avaliação das imagens radiográficas, além dos cuidados tomados quanto ao sentido do feixe, evitando-se distorção e sobreposição de estruturas

que, clinicamente, inevitavelmente aconteceriam e poderiam contribuir para distorção da imagem (Ramos & Bramante, 2005).

Vários estudos têm comparado o percentual de precisão da leitura eletrônica com diferentes LAE em condições diversas de eletrocondutividade no interior dos canais radiculares (McDonald, 1992; Nekoofar *et al.*, 2006). Além destas variáveis, estes estudos têm se caracterizado por diferenças quanto ao estabelecimento do ponto a partir do qual se estabeleceria sua precisão (McDonald, 1992). Assim, os relatos de estudos onde a metodologia previa a avaliação macroscópica da relação entre a extremidade do instrumento e os pontos anatômicos na região apical foram utilizados a constrição apical (forame menor) (Shabahang *et al.*, 1996; Dunlap *et al.*, 1998; Welk *et al.*, 2003; Haffner *et al.*, 2005; Tselnik *et al.*, 2005) e o forame apical (forame maior) (Pagavino *et al.*, 1998; Weiger *et al.*, 1999) como pontos de referência para mensuração.

Apesar da concordância dos autores quanto ao conceito de forame apical (forame maior) (Meares & Steiman, 2002; Ponce & Vilar Fernandez, 2003; D'Assunção *et al.*, 2006; Fan *et al.*, 2006; D'Assunção *et al.*, 2007), pode-se verificar alguma confusão quanto à conceituação de constrição apical (forame menor) (Stein & Corcoran, 1992; Meares & Steiman, 2002; Fan *et al.*, 2006; D'Assunção *et al.*, 2007) e limite CDC. Fan *et al.* (2006), Tselnik *et al.* (2005) e Welk *et al.* (2003), por exemplo, sugeriram que o canal deveria idealmente ser realizado até o limite CDC ou constrição apical. Estes autores trabalharam com a idéia de sinonímia destas nomenclaturas, o que, na verdade, não reflete a realidade (Ricucci, 1998; Ponce & Vilar Fernandez, 2003; Nekoofar *et al.*, 2006). Estudos histológicos da região apical dos canais radiculares têm demonstrado que, apesar de ocasionalmente coincidentes, a constrição apical e o limite CDC nem sempre estão no mesmo local (Kuttler, 1958; Dummer *et al.*, 1984; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). Neste sentido, Ponce & Villar Fernandez (2003) concluíram que a constrição e o forame apical não seriam referências anatômicas adequadas como LAIO uma vez que a opção por qualquer uma das duas poderia resultar em injúria aos tecidos periapicais.

Estes conflitos conceituais redundam em imprecisão científica uma vez que os resultados apresentados podem, de fato, não refletir a realidade. Assim, no presente estudo, trabalhamos com o conceito de constrição apical como sendo o ponto onde o canal radicular apresenta o menor diâmetro de todo o seu trajeto e limite CDC como a união entre os canais dentinário e cementário que coincide, às vezes, com a constrição apical (Ricucci, 1998; Ramos & Bramante, 2005). A utilização do limite CDC como referência anatômica para determinação da precisão de leitura do localizador Root ZX, neste estudo, decorreu do fato da concordância entre os autores de que, apesar de ser um ponto histológico, é o limite anatômico que separa os tecidos pulpar e periapical, este seria o LAIO ideal (Kuttler, 1958; Ponce & Vilar Fernandez, 2003; Gordon & Chandler, 2004; Nekoofar *et al.*, 2006) uma vez que a instrumentação efetivamente realizada neste limite possibilitaria a completa remoção do conteúdo pulpar e forneceria condições ideais de reparo aos tecidos periapicais (Ramos & Bramante, 2005).

Além disto, apesar do limite CDC e a constrição apical nem sempre coincidirem, esta última pode variar de forma e posição e, mesmo, inexistir (Dummer *et al.*, 1984; Nekoofar *et al.*, 2006), enquanto o primeiro estará presente em todos os casos, com exceção de dentes com reabsorção apical (Goldberg *et al.*, 2002). Por isto, no presente estudo, visando viabilizar a avaliação da relação entre a ponta da lima e o limite CDC, um dos critérios de inclusão foi a ausência de reabsorção apical nos dentes utilizados. Adicionalmente, evidências têm indicado que apesar dos LAIO terem sido desenvolvidos tendo como princípio a alteração elétrica mensurável na porção mais estreita do canal (constrição apical), os percentuais de precisão demonstram que ainda não há um aparelho que consiga determinar este ponto com confiabilidade (McDonald, 1992; Gordon & Chandler, 2004; Nekoofar *et al.*, 2006).

No presente estudo, mesmo com a definição diferenciada do ponto de referência anatômico considerado na avaliação (limite CDC), o percentual de precisão obtido (tabela 1), muito próximo daqueles descritos na literatura (quadro 1), indicou que o Root ZX apresenta desempenho semelhante na

localização da constrição apical e do limite CDC, talvez pelo fato de, na maioria das vezes, estes pontos coincidirem (Green, 1958; Kuttler, 1958; Dummer *et al.*, 1984; Ricucci, 1998; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). Assim, esforço deveria ser dirigido no sentido de se minimizar problemas a partir da identificação do registro no visor do aparelho que possibilitasse o menor índice de sobreleitura o que, clinicamente, redundaria em aumento potencial de sucesso (Chugal *et al.*, 2003; Lin *et al.*, 2005; Schaeffer *et al.*, 2005).

A variabilidade dos resultados apresentados nos diversos trabalhos (quadro 1) tem sido explicada com base na alteração da eletrocondutividade entre a lima e o eletrodo labial na presença de restauração metálica, do tipo da solução irrigante, na condição patológica periapical, na anatomia do forame, da experiência do operador e do diâmetro do instrumento utilizado na mensuração (Huang, 1987; McDonald, 1992; Fouad & Reid, 2000; Gordon & Chandler, 2004; Kim & Lee, 2004; Nekoofar *et al.*, 2006; Venturi & Breschi, 2007).

Apesar de alguns autores considerarem que seguir as recomendações do fabricante, simplesmente, seria suficiente para o uso dos LAE (Tinaz *et al.*, 2002a; Lucena-Martin *et al.*, 2004; D'Assunção *et al.*, 2006), a maioria dos autores concordam que a experiência pregressa do operador é uma variável importante no processo de avaliação da precisão destes aparelhos (McDonald, 1992; Fouad & Reid, 2000; Brunton *et al.*, 2002; Goldberg *et al.*, 2002; Gordon & Chandler, 2004; Nekoofar *et al.*, 2006). Assim, no presente estudo, o Root ZX foi utilizado por um operador com mais de 5 anos de experiência na utilização deste aparelho, tanto em laboratório quanto clinicamente.

A maioria dos trabalhos *ex vivo* utiliza dentes unirradiculares em razão de sua menor variabilidade anatômica e, conseqüentemente, maior possibilidade de homogeneização da amostra (Brunton *et al.*, 2002; Welk *et al.*, 2003; Tselnik *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; Baldi *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2007; Topuz *et al.*, 2007; Venturi & Breschi, 2007). Assim, neste estudo, foram selecionados 37 dentes unirradiculares com estrutura dentinária suficiente para permitir desgaste na região apical, favorecendo a observação e avaliação de seus aspectos morfológicos.

**Quadro 1.** Relação esquemática de publicações onde foram registrados os percentuais de precisão do Root ZX em diferentes condições experimentais.

| Autores          | Ano   | LAE Testados                                            | Estudo  | Meio                          | Soluções Irrigantes | Registro         | Tolerância | Precisão |
|------------------|-------|---------------------------------------------------------|---------|-------------------------------|---------------------|------------------|------------|----------|
| BALDI ET AL.     | 2007  | Root ZX                                                 | Ex Vivo | Esponja vegetal com NaCl 0,9% | NaOCl 1%            | 0.5 no visor     | ± 0,5      | 80%      |
| BERNARDES ET AL. | 2007  | Root ZX<br>Elements Diagnostics<br>Romi Apex D-30       | Ex Vivo | Alginato                      | NaOCl 1%            | - 1 mm do forame | N.E.       | 97,5%    |
| D'ASSUNÇÃO       | 2006  | Root ZX<br>Novapex                                      | Ex Vivo | Alginato                      | NaOCl 2,5 %         | APEX             | ± 0,5      | 89,7%    |
| D'ASSUNÇÃO       | 2007  | Root ZX<br>Mini Apex Locator                            | Ex Vivo | Alginato                      | NaOCl 2,5 %         | 0.5 no visor     | ± 0,5      | 97,44%   |
| DUNLAP ET AL.    | 1998  | Root ZX                                                 | In Vivo | ◆                             | NaOCl 2,5 %         | 0.5 no visor     | ± 0,5      | 82,3%    |
| EBRAHIM ET AL.   | 2006a | Root ZX<br>Formatron 10<br>Apex NRG                     | Ex Vivo | Ágar 1%                       | NaCl 0,9%           | APEX             | ± 0,5      | 100%     |
| EBRAHIM ET AL.   | 2007  | Root ZX<br>Formatron 10<br>Apex NRG<br>Apit 7<br>Propex | Ex Vivo | Ágar 1%                       | NaOCl 2,5 %         | APEX             | ± 0,5      | 92%      |
| ELAYOUTI ET AL.  | 2002  | Root ZX                                                 | Ex Vivo | NaCl 0,9%                     | NaCl 0,9%           | 0.5 no visor     | N.E.       | 79%      |
| ELAYOUTI ET AL.  | 2005  | Root ZX<br>RayPex 4<br>Apex Pointer                     | Ex Vivo | NaCl 0,9%                     | NaCl 0,9%           | APEX             | ± 1        | 90%      |

N.E. Não Especificado

**Quadro 1.** Continuação.

| Autores                     | Ano  | LAE Testados                                | Estudo         | Meio                  | Soluções Irrigantes              | Registro     | Tolerância              | Precisão               |
|-----------------------------|------|---------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|
| FOUAD & REID                | 2000 | Root ZX                                     | <i>In Vivo</i> | ◆                     | N.E.                             | 1 no visor   | N.E.                    | 75%                    |
| GOLDBERG <i>ET AL.</i>      | 2002 | Root ZX                                     | <i>Ex Vivo</i> | Espunja com NaCl 0,9% | NaCl 0,9%                        | 0.5 no visor | ± 0,5<br>± 1,0<br>± 1,5 | 62,7%<br>94%<br>100%   |
| GOLDBERG <i>ET AL.</i>      | 2005 | Root ZX                                     | <i>Ex Vivo</i> | Espunja com NaCl 0,9% | NaCl 0,9%                        | 0.5 no visor | ± 0,5<br>± 1,0          | 95%<br>100%            |
| HAFFNER <i>ET AL.</i>       | 2005 | Root ZX<br>Endy<br>Justy II                 | <i>In Vivo</i> | ◆                     | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 3% | 0.5 no visor | ± 0,5                   | 78%                    |
| KAUFMAN <i>ET AL.</i>       | 1997 | Root ZX<br>Sono Explorer Mark III<br>Apit 3 | <i>Ex Vivo</i> | Alginato              | Seco<br>NaCl 0,9%<br>NaOCl 2,5%  | APEX         | ± 0,5                   | 95,4%                  |
| LUCENA-MARTIN <i>ET AL.</i> | 2004 | Root ZX<br>Neosono<br>Justyll               | <i>Ex Vivo</i> | Alginato              | NaOCl 2,5%                       | APEX         | ± 0,5                   | 95%                    |
| MEARES & STEINMAN           | 2002 | Root ZX                                     | <i>Ex Vivo</i> | Alginato              | NaOCl 2,12%<br>NaOCl 5,25%       | 0.5 no visor | ± 0,5                   | 83%<br>a<br>85%        |
| OUNSI & NAAMAN              | 1999 | Root ZX                                     | <i>Ex Vivo</i> | Jell-O + NaCl 0,9%    | NaOCl 5,25%                      | 0.5 e APEX   | ± 0,5                   | 50% (0.5)<br>100% (AP) |

N.E. Não Especificado

**Quadro 1.** Continuação.

| Autores           | Ano  | LAE Testados                              | Estudo         | Meio     | Soluções Irrigantes                       | Registro     | Tolerância | Precisão |
|-------------------|------|-------------------------------------------|----------------|----------|-------------------------------------------|--------------|------------|----------|
| PAGAVINO ET AL.   | 1998 | Root ZX                                   | <i>In Vivo</i> | ◆        | NaOCl 2,5%                                | APEX         | ± 0,5      | 82,75%   |
| PLOTINO ET AL.    | 2006 | Root ZX<br>Elements Diagnostics<br>Propex | <i>Ex Vivo</i> | Alginato | NaOCl 5,25%                               | 0.5 no visor | ± 0,5      | 97,4%    |
| SHABAHANG ET AL.  | 1996 | Root ZX                                   | <i>In Vivo</i> | ◆        | NaOCl                                     | 0.5 no visor | ± 0,5      | 96,2%    |
| THOMAS ET AL.     | 2003 | Root ZX                                   | <i>Ex Vivo</i> | Alginato | N.E.                                      | APEX         | ± 0,5      | 94%      |
| TSELNIK ET AL.    | 2005 | Root ZX<br>Elements Diagnostics           | <i>In Vivo</i> | ◆        | NaOCl 2,6%                                | 0.5 no visor | ± 0,5      | 75%      |
| VENTURI & BRESCHI | 2005 | Root ZX<br>Apex Finder                    | <i>In Vivo</i> | ◆        | Seco<br>NaOCl 5%<br>Álcool 70°<br>RC-PREP | APEX         | ± 0,5      | 84,6%    |
| WELK ET AL.       | 2003 | Root ZX<br>Endo Analyzer 8005             | <i>In Vivo</i> | ◆        | NaOCl 2,6%                                | 0.5 no visor | ± 0,5      | 90,7%    |
| WRBAS ET AL.      | 2007 | Root ZX<br>Raypex 5                       | <i>In Vivo</i> | ◆        | NaOCl 1%                                  | 0.5 no visor | ± 0,5      | 75%      |

N.E.: Não Especificado

Apesar de algumas evidências que o tamanho do forame influenciaria a leitura dos LAE promovendo alteração na eletrocondutividade da região apical (Huang, 1987; McDonald, 1992; Gordon & Chandler, 2004; Kim & Lee, 2004; ElAyouti *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2006b; Nekoofar *et al.*, 2006; Herrera *et al.*, 2007), no presente estudo o tamanho do forame não foi padronizado (Topuz *et al.*, 2007), assegurando-se apenas a manutenção de sua condição natural, ou seja, sem a presença de reabsorção apical.

O preparo do terço cervical dos canais, além de facilitar as diversas etapas do preparo mecânico-químico, tem sido considerado como fator importante para determinação eletrônica do LAIO (Pagavino *et al.*, 1998; Brunton *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Oishi *et al.*, 2002; Thomas *et al.*, 2003; Welk *et al.*, 2003; Goldberg *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; D'Assunção *et al.*, 2006; Ebrahim *et al.*, 2006c; D'Assunção *et al.*, 2007; Ebrahim *et al.*, 2007; Wrbas *et al.*, 2007). Assim, neste trabalho, antes da leitura eletrônica, foi realizada a ampliação do terço cervical dos canais com limas e brocas Gates-Glidden.

Tem sido relatado que o diâmetro da lima conectada ao eletrodo deve ser compatível com o diâmetro do canal na região apical, favorecendo a precisão do LAE (Ebrahim *et al.*, 2006b; Herrera *et al.*, 2007). Assim, em dentes com rizogênese completa, a mensuração eletrônica deve ser realizada com limas de calibre compatível. Para a leitura da amostra utilizada no presente estudo foram utilizadas limas 15 ou 20, assim como previamente relatado (Thomas *et al.*, 2003; D'Assunção *et al.*, 2006).

Encontramos na literatura que, em condições de baixa eletrocondutividade no canal, o Root ZX tem apresentado significativa instabilidade (Venturi & Breschi, 2005; Plotino *et al.*, 2006; Venturi & Breschi, 2007). Alguns autores demonstraram que a condutividade elétrica no interior do canal é fortemente influenciada pela presença e tipo de solução irrigante (Nekoofar *et al.*, 2006). Neste sentido, o Root ZX foi testado na presença de álcool 70° (Venturi & Breschi, 2005), RC-PREP (Venturi & Breschi, 2005), NaOCl 0,5% (Tinaz *et al.*, 2002b), NaOCl 1% (Weiger *et al.*, 1999; Tinaz *et al.*, 2002b; Baldi *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2007; Wrbas *et al.*, 2007), NaOCl

2,125% (Meares & Steiman, 2002), NaOCl 2,6% (Welk *et al.*, 2003; Tselnik *et al.*, 2005), NaOCl 2,5% (D'Assunção *et al.*, 2006; Fan *et al.*, 2006; D'Assunção *et al.*, 2007; Ebrahim *et al.*, 2007), NaOCl 2,65% (Tinaz *et al.*, 2002b), NaOCl 3% (Kaufman *et al.*, 2002; Topuz *et al.*, 2007), NaOCl 5% (Venturi & Breschi, 2005), NaOCl 5,25% (Venturi & Breschi, 2005; Plotino *et al.*, 2006; Herrera *et al.*, 2007), NaOCl 6% (Oishi *et al.*, 2002; Ebrahim *et al.*, 2006b; Ebrahim *et al.*, 2006c), NaCl 0,9% (Goldberg *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2006a; Fan *et al.*, 2006; Venturi & Breschi, 2007), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% (Weiger *et al.*, 1999; Jenkins *et al.*, 2001; Haffner *et al.*, 2005; Fan *et al.*, 2006), Xilocaína 2% com epinefrina 1:100 000 (Jenkins *et al.*, 2001), Clorexidina 0,2% (Kaufman *et al.*, 2002), Clorexidina 12% (Jenkins *et al.*, 2001), Xilol (Kaufman *et al.*, 2002), EDTA 17% (Jenkins *et al.*, 2001; Kaufman *et al.*, 2002; Venturi & Breschi, 2005) ou na ausência de solução (Fan *et al.*, 2006; Venturi & Breschi, 2007) (Quadro 1). Considerados em conjunto, os resultados destes estudos suportam o fabricante (JMorita, 2004) quando da assertiva que o Root ZX é preciso quando na presença da maioria dos agentes irrigantes utilizados em Endodontia (Jenkins *et al.*, 2001).

No presente estudo, a utilização do NaOCl 1% como solução irrigante teve como justificativa o fato de ser a solução mais utilizada em Endodontia (Chugal *et al.*, 2003; Schaeffer *et al.*, 2005), além da comprovação de que não apresenta influência na precisão do Root ZX (Weiger *et al.*, 1999; Meares & Steiman, 2002; Tinaz *et al.*, 2002b; Baldi *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2007; Wrbas *et al.*, 2007). Alguns autores chegaram a relatar, inclusive, que o percentual de precisão do Root ZX tem sido maior na presença de hipoclorito de sódio (Meares & Steiman, 2002).

Quando considerado o método *ex vivo*, a verificação da precisão do Root ZX tem sido feita a partir da inserção dos dentes extraídos em diferentes meios eletrocondutores, simulando os valores de impedância dos tecidos humanos. Entre os meios utilizados podemos citar o alginato (Kaufman *et al.*, 1997; Kaufman *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Tinaz *et al.*, 2002a; Tinaz *et al.*, 2002b; Thomas *et al.*, 2003; Lucena-Martin *et al.*, 2004; D'Assunção *et al.*, 2006; Plotino *et al.*, 2006; Baldi *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2007; D'Assunção *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007; Topuz *et al.*, 2007), o ágar 1%

(Ebrahim *et al.*, 2006b; Ebrahim *et al.*, 2006a; Ebrahim *et al.*, 2006c; Baldi *et al.*, 2007; Ebrahim *et al.*, 2007), o ágar 2% (Fan *et al.*, 2006), a esponja vegetal embebida em NaCl 0,9% (Goldberg *et al.*, 2002; Goldberg *et al.*, 2005; Baldi *et al.*, 2007), o NaCl 0,9% (Weiger *et al.*, 1999; ElAyouti *et al.*, 2002; Oishi *et al.*, 2002; ElAyouti *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2007) e Jell-O com NaCl 0,9% (Ounsi & Naaman, 1999; Jenkins *et al.*, 2001) (Quadro 1).

No presente estudo, optou-se pela utilização do alginato como meio eletrocondutor em razão de recente trabalho que, comparando diferentes meios eletrocondutores, recomendou-o pela facilidade de manipulação, boas propriedades eletrocondutoras, consistência coloidal semelhante ao ligamento periodontal, baixo custo (Baldi *et al.*, 2007), além de oferecer alto índice de estabilidade e permitir que, após sua geleificação, os espécimes permaneçam suficientemente resistentes às forças exercidas pela inserção das limas durante a leitura (Herrera *et al.*, 2007). Uma vantagem adicional seria o fato da porção radicular inserida no mesmo impediria que o operador visualizasse sua porção apical, reduzindo o viés metodológico (Topuz *et al.*, 2007). Neste sentido, todas as mensurações foram realizadas imediatamente após a geleificação do alginato, garantindo a condição eletrolítica do mesmo (Lucena-Martin *et al.*, 2004). Adicionalmente, o alginato não é deteriorado pelo hipoclorito de sódio a 1% (Herrera *et al.*, 2007), solução irrigante utilizada no presente estudo.

Em decorrência da série de variáveis previamente elencadas, pesquisas têm sido realizadas no intuito de se estabelecer os percentuais de precisão de diferentes aparelhos submetidos a diferentes condições de eletrocondutividade no interior do SCR. Neste sentido, o Root ZX vem sendo considerado o melhor referencial de comparação entre os localizadores (Gordon & Chandler, 2004; Plotino *et al.*, 2006; Bernardes *et al.*, 2007; Venturi & Breschi, 2007) em decorrência dos percentuais de precisão obtidos e, por isto, utilizamo-lo no presente estudo.

Deste modo, o Root ZX foi testado sozinho (Thomas *et al.*, 2003; Goldberg *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2006c; Baldi *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007) ou com outros localizadores como Elements Diagnostic (Tselnik *et al.*, 2005; Plotino *et al.*, 2006; Bernardes *et al.*, 2007), Foramatron 10 (Ebrahim *et*

*al.*, 2006b; Ebrahim *et al.*, 2006a; Ebrahim *et al.*, 2007), Apit (Kaufman *et al.*, 1997; Weiger *et al.*, 1999; Ebrahim *et al.*, 2006b; Ebrahim *et al.*, 2007), Romi APEX D-30 (Bernardes *et al.*, 2007), Apex NRG (Ebrahim *et al.*, 2006b; Ebrahim *et al.*, 2006a; Ebrahim *et al.*, 2007), Propex (Fan *et al.*, 2006; Plotino *et al.*, 2006; Ebrahim *et al.*, 2007), RayPex (ElAyouti *et al.*, 2005; Wrbas *et al.*, 2007), Novapex (D'Assunção *et al.*, 2006; D'Assunção *et al.*, 2007), Bingo 1020 (Kaufman *et al.*, 2002), TCM Endo V (Topuz *et al.*, 2007), Apex Finder (Venturi & Breschi, 2005; Venturi & Breschi, 2007), Endo Analyzer Model 8005 (Welk *et al.*, 2003), Justy II (Lucena-Martin *et al.*, 2004; Haffner *et al.*, 2005), Endy (Haffner *et al.*, 2005), Endox (Haffner *et al.*, 2005), Sono Explorer Mark III (Kaufman *et al.*, 1997), Apex Pointer (ElAyouti *et al.*, 2005) e Neosono Ultima (Lucena-Martin *et al.*, 2004; Fan *et al.*, 2006) (Quadro 1).

O Root ZX tem sido avaliado tanto *in vitro* (Kaufman *et al.*, 1997; Ounsi & Naaman, 1999; Weiger *et al.*, 1999; Jenkins *et al.*, 2001; ElAyouti *et al.*, 2002; Goldberg *et al.*, 2002; Kaufman *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Tinaz *et al.*, 2002b; Lucena-Martin *et al.*, 2004; ElAyouti *et al.*, 2005; Goldberg *et al.*, 2005; D'Assunção *et al.*, 2006; Ebrahim *et al.*, 2006a; Ebrahim *et al.*, 2006c; D'Assunção *et al.*, 2007; Ebrahim *et al.*, 2007) quanto *ex vivo* (Shabahang *et al.*, 1996; Dunlap *et al.*, 1998; Pagavino *et al.*, 1998; Ricucci & Langeland, 1998; Welk *et al.*, 2003; Haffner *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; Wrbas *et al.*, 2007), apresentando resultados que variaram de 62,7% (Goldberg *et al.*, 2002) a 100% (Ebrahim *et al.*, 2006a), em parte, devido à diferenças metodológicas (quadro 1).

Alguns autores utilizaram, para o cálculo da precisão do Root ZX, a determinação visual do comprimento real do canal subtraído de 0,5 mm, sem o desgaste da porção apical. Este ponto foi considerado, equivocadamente pelos mesmos, como a posição da constrição (D'Assunção *et al.*, 2006; Baldi *et al.*, 2007; Bernardes *et al.*, 2007; D'Assunção *et al.*, 2007; Topuz *et al.*, 2007). Curiosamente, os relatos mais altos quanto ao percentual de precisão foram citados justamente nestes trabalhos. Considerada a margem de tolerância de  $\pm$  0,5 mm, os autores encontraram percentuais de precisão de 97,5% (Bernardes *et al.*, 2007), 89,7% (D'Assunção *et al.*, 2006), 97,44% (D'Assunção *et al.*,

2007), 100% (Ebrahim *et al.*, 2006a), 92% (Ebrahim *et al.*, 2007), 95% (Goldberg *et al.*, 2005), 95,4% (Kaufman *et al.*, 1997), 95% (Lucena-Martin *et al.*, 2004), 97,4% (Plotino *et al.*, 2006), 96,2% (Shabahang *et al.*, 1996) e 94% (Thomas *et al.*, 2003) (quadro 1). Contudo, em razão destes trabalhos não realizarem o corte da porção apical para avaliação microscópica, os altos percentuais relatados podem não ser precisos se considerarmos algum ponto anatômico na região apical como referência.

Por outro lado, nas pesquisas onde foi realizado o desgaste da porção apical e a mensuração da distância da ponta da lima a um ponto específico na região apical (constricção ou forame apical), com margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm, os percentuais de precisão relatados foram de 82,3% (Dunlap *et al.*, 1998), 78% (Haffner *et al.*, 2005), 82,75% (Pagavino *et al.*, 1998), 75% (Tselnik *et al.*, 2005), 90,7% (Welk *et al.*, 2003) e 75% (Wrbas *et al.*, 2007), 62,7% (Goldberg *et al.*, 2002) e 50,0% (Ounsi & Naaman, 1999) (quadro 1). No presente estudo, apesar de concordar com os resultados encontrados com Ounsi & Naaman (1999) e Goldberg *et al.* (2002), ficou aquém do restante (tabela 1), provavelmente em razão daqueles estudos utilizarem o registro 0,5 do visor.

Este resultado aparentemente paradoxal não é resultante apenas dos diferentes protocolos metodológicos, mas também, na complexidade anatômica do canal radicular em sua região apical (Meares & Steiman, 2002). É sabido que a constricção apical e o limite CDC só podem ser determinados microscopicamente (Green, 1958; Kuttler, 1958) e que, além disto, apresentam anatomia variada podendo se localizar bem aquém do valor médio pré-estabelecido (Dummer *et al.*, 1984; Ricucci, 1998; Ponce & Vilar Fernandez, 2003). É sabido que, em média, o limite CDC e/ou a constricção apical estão localizados entre 0,5 e 0,75 mm do forame apical (Green, 1958; Kuttler, 1958). Contudo, apesar desta distância média, estes pontos podem se localizar, inclusive, a 2 mm ou mais aquém do forame (Dummer *et al.*, 1984; Blasković-Subat *et al.*, 1992). Usando estas médias, determinar o LAIO em 0,5 a 1 mm aquém do ápice radiográfico, hodiernamente, tendo localizadores eletrônicos à disposição, não faz sentido (Ricucci, 1998; Ricucci & Langeland, 1998). Desta

forma, nos trabalhos onde não há registro preciso da localização da constrição apical ou limite CDC pelo desgaste apical, a não ser que o objetivo seja localizar o forame apical (Thomas *et al.*, 2003; Lucena-Martin *et al.*, 2004; ElAyouti *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2006a), a simples determinação do comprimento real do canal não é suficiente para determinação precisa destas referências anatômicas.

Na avaliação do percentual de precisão do Root ZX em 25 dentes, Shabahang *et al.* (1996) relataram que o LAE identificou a posição do forame apical em 96,2% dos casos, considerando-se uma margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm. Apesar de tudo, segundo os autores, em 30,8% da amostra, as leituras se mostraram, em média, 0,27 mm maiores que o registro do aparelho. Shabahang *et al.* (1996) chegaram a sugerir que os valores discrepantes obtidos em seu estudo poderiam ser creditados à presença do hipoclorito de sódio durante a leitura eletrônica. Neste caso, apesar dos resultados terem sido obtidos a partir de uma avaliação *in vivo*, com posterior exodontia dos elementos, o método de diafanização utilizado no preparo da amostra pode ter contribuído para os resultados apresentados. Como neste processo a amostra é submetida à descalcificação, há possibilidade de perda mineral na porção apical da raiz e, portanto, os valores mencionados não representarem a realidade (Meares & Steiman, 2002).

Segundo o fabricante (JMorita, 2004), a segunda geração do Root ZX, comercializada com o nome de Root ZX II e utilizada no presente estudo, apresenta os mesmos princípios de funcionamento em relação à primeira versão, com exceção do fato de se poder conectá-lo a um módulo de instrumentação rotatória. Orienta, ainda, que os números indicativos do visor são aleatórios, não indicando a distância real do instrumento dentro do canal. Afirma que o registro 0.5 do visor indica o local da constrição apical, sendo o ponto de escolha para a determinação do LAIO. Assim, vários trabalhos têm utilizado este registro como referência para a avaliação da precisão do Root ZX (Shabahang *et al.*, 1996; Dunlap *et al.*, 1998; Goldberg *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Tinaz *et al.*, 2002b; Welk *et al.*, 2003; Goldberg *et al.*, 2005; Haffner *et al.*, 2005; Tselnik *et al.*, 2005; Fan *et al.*, 2006; Plotino *et al.*, 2006;

Baldi *et al.*, 2007; D'Assunção *et al.*, 2007; Herrera *et al.*, 2007; Topuz *et al.*, 2007; Wrbas *et al.*, 2007) (quadro 1). As evidências, contudo, demonstram que, apesar do alto índice de precisão, no conjunto, os resultados das pesquisas têm ficado, em média, entre 80 e 85%.

Em razão da variabilidade morfológica da região apical (Dummer *et al.*, 1984; Ponce & Vilar Fernandez, 2003), durante a avaliação da precisão dos LAE, em relação às diferentes referências anatômicas, alguns autores têm defendido a utilização de uma margem de tolerância de  $\pm 1$  mm a partir da posição real do instrumento (ElAyouti *et al.*, 2005; Goldberg *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2007). No entanto, como definida no presente estudo, uma margem de tolerância mais estrita ( $\pm 0,5$  mm) representaria um desvio mais próximo da realidade e não significativo do ponto de vista clínico, e tem sido utilizada na maioria dos trabalhos (Shabahang *et al.*, 1996; Kaufman *et al.*, 1997; Dunlap *et al.*, 1998; Pagavino *et al.*, 1998; Ounsi & Naaman, 1999; Weiger *et al.*, 1999; Meares & Steiman, 2002; Thomas *et al.*, 2003; Welk *et al.*, 2003; Lucena-Martin *et al.*, 2004; Haffner *et al.*, 2005; Tselnik *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; D'Assunção *et al.*, 2006; Ebrahim *et al.*, 2006a; Fan *et al.*, 2006; Plotino *et al.*, 2006; Baldi *et al.*, 2007; D'Assunção *et al.*, 2007; Topuz *et al.*, 2007; Venturi & Breschi, 2007; Wrbas *et al.*, 2007) (quadro 1).

O que chama atenção, mas não tem sido discutido em profundidade, não se relaciona aos percentuais de acerto em que, de certa forma, há concordância. Na verdade, o que tem sido registrado nos trabalhos utilizando o registro 0.5 do visor do Root ZX, conforme recomendado pelo fabricante, é um percentual considerável de leituras além do forame apical maior, apesar da determinação de uma margem de tolerância mais estrita ( $\pm 0,5$  mm) (Dunlap *et al.*, 1998; Pagavino *et al.*, 1998; Weiger *et al.*, 1999; ElAyouti *et al.*, 2002; Goldberg *et al.*, 2002; Meares & Steiman, 2002; Welk *et al.*, 2003; Lucena-Martin *et al.*, 2004; Haffner *et al.*, 2005; D'Assunção *et al.*, 2006; D'Assunção *et al.*, 2007; Ebrahim *et al.*, 2007; Wrbas *et al.*, 2007) (quadro 2) o que, considerando sua aplicação prática, não seria adequado, uma vez que poderia comprometer o prognóstico do tratamento (Chugal *et al.*, 2003).

**Quadro 2.** Percentual de leituras eletrônicas além do forame apical em relatos utilizando o registro 0.5 do visor do Root ZX.

| Referência                         | Resultado                                                                                                                                                             |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dunlap <i>et al.</i> (1998)        | 26% da amostra                                                                                                                                                        |
| Pagavino <i>et al.</i> (1998)      | Nenhum instrumento permaneceu aquém do forame ( $n=29$ ). Em 1 dente a ponta do instrumento ficou exatamente no forame e, no resto, de 0,12 a 0,85 mm além do forame. |
| ElAyouti <i>et al.</i> (2002)      | 14% da amostra                                                                                                                                                        |
| Goldberg <i>et al.</i> (2002)      | 1,3% da amostra                                                                                                                                                       |
| Meares & Steiman (2002)            | Não relata o percentual, contudo, os dados indicam leituras de até 1,19 mm além da constrição apical.                                                                 |
| Welk <i>et al.</i> (2003)          | 6,2% da amostra                                                                                                                                                       |
| Lucena-Martin <i>et al.</i> (2004) | 5% da amostra                                                                                                                                                         |
| D'Assunção <i>et al.</i> (2006)    | 7,7%                                                                                                                                                                  |
| D'Assunção <i>et al.</i> (2007)    | 2,56%                                                                                                                                                                 |
| Ebrahim <i>et al.</i> (2007)       | 7%                                                                                                                                                                    |
| Wrbas <i>et al.</i> (2007)         | 40%                                                                                                                                                                   |

Vários autores têm percebido que os LAE tendem a apresentar leituras além da posição pretendida (Dunlap *et al.*, 1998; Pagavino *et al.*, 1998; Goldberg *et al.*, 2002; Welk *et al.*, 2003; Tselnik *et al.*, 2005; Venturi & Breschi, 2005; Venturi & Breschi, 2007; Wrbas *et al.*, 2007). Neste sentido, tem-se sugerido, inclusive, diminuir 0,5 mm do comprimento do instrumento após obtenção da leitura eletrônica com o Root ZX quando utilizado o registro 0.5 do visor (Pagavino *et al.*, 1998; Ounsi & Naaman, 1999; Thomas *et al.*, 2003; Haffner *et al.*, 2005; Tselnik *et al.*, 2005). Outros autores consideram que a determinação do LAIO com o Root ZX deveria ser feita, inicialmente, no registro *Apex* do visor. A partir daí, determinar-se-ia o comprimento de trabalho pela redução de 0,5 ou 1 mm do valor obtido (Ounsi & Naaman, 1999).

No presente trabalho, a escolha do registro 1 do visor como referência para determinação do LAIO ocorreu em razão destas evidências que sugerem certo percentual de sobre-leitura na utilização do registro 0.5 (quadro 2), mesmo esta sendo a orientação do fabricante. Além de não ter sido registrada nenhuma leitura além do forame apical, a leitura do Root ZX II no registro 1 do visor permitiu que em 86,5% o instrumento permanecesse no interior do canal dentinário. Este achado suporta dados prévios indicando que o registro 1 do visor do Root ZX, na verdade, corresponde a uma distância real de, em média,  $-0,578 \pm 0,41$  mm (Brochado *et al.*, 2001) da saída do forame apical maior. Neste mesmo estudo, considerando-se o registro 0.5 do visor, a distância média ficou em  $-0,258 \pm 0,45$  mm. A distância média verificada entre a ponta do instrumento e o limite CDC no presente estudo ( $-0,42 \pm 0,45$  mm) suporta os achados de Brochado *et al.* (2001). Se levarmos em consideração o estudo clássico de Kuttler (1958), indicando que a constrição apical se encontra, em média, de 0,524 a 0,659 mm coronariamente ao forame apical, o registro 1 do visor no Root ZX seria a referência de escolha na determinação do LAIO pois permite maior aproximação deste valor médio.

Contudo, sendo um estudo *ex vivo*, deve-se enfatizar que os resultados obtidos não podem ser diretamente extrapolados para a prática clínica, uma vez que outras variáveis estariam envolvidas (ElAyouti *et al.*, 2005; Ebrahim *et al.*, 2006a). Contudo, este tipo de estudo fornece um conjunto de informações importantes a serem verificadas clinicamente. Em um primeiro momento, considerando-se os resultados obtidos e as limitações inerentes a um estudo *ex vivo*, o registro 1 do visor do Root ZX deveria ser utilizado como rotina na prática clínica. Tal assertiva, contudo, deve ser posteriormente confirmada em estudos clínicos.

## **7. CONCLUSÕES**

---

## 7. CONCLUSÕES

Considerada a margem de tolerância de  $\pm 0,5$  mm e o registro 1 no visor do Root ZX II, não foi evidenciada diferença estatística entre a avaliação radiográfica e macroscópica quando considerada a distância da ponta da lima ao ápice.

Na análise macroscópica, o percentual de precisão entre a ponta da lima e o limite CDC foi de 83,78%, ficando, em média, de  $-0,42 \pm 0,45$  mm, não sendo observada nenhuma leitura além do forame apical maior.

Além disto, em 86,5% das leituras, a ponta da lima permaneceu nos limites do canal dentinário. Assim, o registro 1 do visor do Root ZX II demonstrou ser uma referência mais segura para determinação do LAIO.

## REFERÊNCIAS

---

## REFERÊNCIAS<sup>†</sup>

Baldi JV, Victorino FR, Bernardes RA, de 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.

Bernardes RA, Duarte MA, 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.

Blasković-Subat V, Marčić B, Sutalo J. Asymmetry of the root canal foramen. **Int Endod J.** 1992;25(3):158-64.

Brochado VHD, Silva Neto UX, Gonçalves Júnior JF, Ramos CAS, Bramante CM. Avaliação da precisão de localizadores apicais eletrônicos na determinação do comprimento de trabalho. **Pesqui Odontol Bras.** 2001;15(3):79.

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.

Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS. Endodontic infection: some biologic and treatment factors associated with outcome. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2003;96(1):81-90.

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

D'Assunção FL, de Albuquerque DS, de Queiroz Ferreira LC. The ability of two apex locators to locate the apical foramen: an in vitro study. **J Endod.** 2006;32(6):560-2.

D'Assunção FL, de Albuquerque DS, Salazar-Silva JR, de Queiroz Ferreira LC, 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.

Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. **Int Endod J.** 1984;17(4):192-8.

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.

---

<sup>†</sup> De acordo com a Norma da FOUFU, baseado nas Normas de Vancouver. Abreviatura dos periódicos com conformidade com Medline (PubMed)

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. **Aust Endod J.** 2007;33(1):7-12.

Ebrahim AK, Wadachi R, Suda H. Accuracy of three different electronic apex locators in detecting simulated horizontal and vertical root fractures. **Aust Endod J.** 2006a;32(2):64-9.

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. **Aust Dent J.** 2006b;51(3):258-62.

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 root canals: an in vitro study. **Aust Dent J.** 2006c;51(2):153-7.

ElAyouti A, Kimionis I, Chu AL, Lost C. Determining the apical terminus of root-end resected teeth using three modern apex locators: a comparative ex vivo study. **Int Endod J.** 2005;38(11):827-33.

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

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.

Forsberg J. A comparison of the paralleling and bisecting-angle radiographic techniques in endodontics. **Int Endod J.** 1987;20(4):177-82.

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

Goldberg F, De Silvio AC, Manfre 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, Marroquin BB, 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 MP, Chandler NP. Electronic apex locators. **Int Endod J.** 2004;37(7):425-37.

Green EN. Microscopic investigation of root canal diameters. **J Am Dent Assoc.** 1958;57(5):636-44.

Haffner C, Folwaczny M, Galler K, Hickel R. Accuracy of electronic apex locators in comparison to actual length--an in vivo study. **J Dent.** 2005;33(8):619-25.

Herrera M, Abalos C, Planas AJ, Llamas R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. **J Endod.** 2007;33(8):995-8.  
Huang L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. **J Endod.** 1987;13(2):60-4.

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.

JMorita. **Dental root canal measurement and treatment unit Root ZX II - canal measurement module: operation instructions.** Kyoto: J Morita MFG Corp.; 2004. 24 p.

Katz A, Tamse A, Kaufman AY. Tooth length determination: a review. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.** 1991;72(2):238-42.

Kaufman AY, Fuss Z, Keila S, Waxenberg S. Reliability of different electronic apex locators to detect root perforations in vitro. **Int Endod J.** 1997;30(6):403-7.

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

Kim E, Lee SJ. Electronic apex locator. **Dent Clin North Am.** 2004;48(1):35-54.  
Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. **J Endod.** 1994;20(3):111-4.

Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. **J Am Dent Assoc.** 1958;50(5):544-52.

Lin LM, Rosenberg PA, Lin J. Do procedural errors cause endodontic treatment failure? **J Am Dent Assoc.** 2005;136(2):187-93; quiz 231.

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

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

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.

Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. **Int Endod J**. 2006;39(8):595-609.

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

Ounsi HF, Naaman A. In vitro evaluation of the reliability of the Root ZX electronic apex locator. **Int Endod J**. 1999;32(2):120-3.

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.

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.

Ponce EH, Vilar Fernandez JA. The cemento-dentino-canal junction, the apical foramen, and the apical constriction: evaluation by optical microscopy. **J Endod**. 2003;29(3):214-9.

Ramos CAS, Bramante CM. **Odontometria: fundamentos e técnicas**. 1 ed. São Paulo: Editora Santos; 2005. 130 p.

Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. **Int Endod J**. 1998;31(6):384-93.

Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. **Int Endod J**. 1998;31(6):394-409.

Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. **J Endod**. 2005;31(4):271-4.

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

Stein TJ, Corcoran JF. Radiographic "working length" revisited. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**. 1992;74(6):796-800.

Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. **J Jap Stomat Soc**. 1958;25(3):161-71.

Suzuki K. Experimental study in iontophoresis. **J Jap. Stomat. Soc**. 1942;16(6):414-7.

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, Alacam T, Topuz O. A simple model to demonstrate the electronic apex locator. **Int Endod J.** 2002a;35(11):940-5.

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

Topuz O, Uzun O, Tinaz AC, Sadik B. Accuracy of the apex locating function of TCM Endo V in simulated conditions: a comparison study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2007;103(3):e73-6.

Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. **J Endod.** 2005;31(7):507-9.

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

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

Weiger R, John C, Geigle H, Lost 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 vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. **J Endod.** 2003;29(8):497-500.

Wrbas KT, Ziegler AA, Altenburger MJ, Schirrmeister JF. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locators. **Int Endod J.** 2007;40(2):133-8.

Yamashita Y. A study of a new electric root canal measuring device using relative values of frequency response: influences of the diameter of apical foramen, the size of electrode, and the concentration of sodium hypochlorite. **Jpn J Conserv Dent.** 1990;33:547-9.