

**UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO**

**FLAVIANA ZAGO PELLOZO**

**LOCALIZADORES FORAMINAIS ELETRÔNICOS**

BAURU  
2015

**FLAVIANA ZAGO PELLOZO**

**LOCALIZADORES FORAMINAIS ELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências da Saúde como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Odontologia sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Accorsi Orosco

BAURU  
2015

Pellozo, Flaviana Zago

P392L

L F E / Flaviana Zago Pellozo. -- 2015.  
37f.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Accorsi.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Odontometria. 2. Localizadores. 3. Endodontia. I. Accorsi, Fernando. II. Título.

**FLAVIANA ZAGO PELLOZO**

**LOCALIZADORES FORAMINAIS ELETRÔNICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências da Saúde da Universidade do Sagrado Coração como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Odontologia sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Accorsi Orosco.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Fernando Accorsi Orosco  
Orientador Universidade do Sagrado Coração

---

Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes  
Faculdade de Odontologia de Bauru  
Universidade de São Paulo

---

Prof. Dr. Guilherme Ferreira da Silva  
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 12 de novembro de 2015.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	07
ABSTRACT.....	08
INTRODUÇÃO.....	09
REVISÃO DE LITERATURA.....	13
OBJETIVO.....	22
MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÃO.....	27
REFERENCIAS.....	28

## **RESUMO**

Para a determinação do comprimento de trabalho do canal radicular usualmente utiliza-se do exame radiográfico; entretanto, com o avanço da tecnologia, localizadores foraminais eletrônicos surgiram para facilitar esta etapa do trabalho endodôntico. O princípio de ação desses aparelhos está relacionado às propriedades que os tecidos orais apresentam quando submetidos a diversos componentes elétricos como resistência, frequência e impedância. Os localizadores foraminais eletrônicos podem ser utilizados em diversas situações na prática clínica, como os tratamentos de dentes vitais e não vitais e, também, nos casos de retratamento. Este trabalho de revisão de literatura tem como o objetivo relatar, segundo a bibliografia pesquisada, a evolução dos localizadores foraminais eletrônicos, suas indicações e contra-indicações.

**Palavras-chave:** Endodontia, localizadores foraminais, tratamento endodôntico, aparelhos eletrônicos, odontometria, Root ZX.

## **ABSTRACT**

To determine the root canal working length usually is used the radiographic examination; however, with the advancement of technology, electronic apex locators emerged to facilitate this stage of endodontic treatment. The principle of action of these devices is related to the properties that oral tissues present when subjected to various electrical components such as electrical resistance, frequency and impedance. The electronic apex locators can be used in various situations in clinical practice, and in treatment of vital and non-vital teeth, and also in cases of retreatment. This literature review study aims to report, according to the researched literature, the evolution of electronic apex locators, its indications and contraindications.

**Keywords:** electronic apex locator, root canal working length, Root ZX.

## INTRODUÇÃO

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

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

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



disso, outro fator que influencia na precisão do método radiográfico é o fato da interpretação da imagem radiográfica ser subjetiva, podendo variar de operador para operador. Também, deve-se considerar que, anatomicamente, não há 100% de coincidência do forame apical com o ápice radicular, base de cálculo da extensão de instrumentação obtida com essa técnica.

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

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

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

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

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

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

Contudo, o principal problema em se utilizar os aparelhos do tipo resistência estava no fato dos mesmos apresentarem medições imprecisas quando o canal

radicular apresentava qualquer tipo de umidade em seu interior, fechando o circuito numa posição anterior à do forame apical (MCDONALD, 1992).

Visando acrescentar maior precisão ao método eletrônico de localização do forame apical e a possibilidade de sua utilização em presença de umidade no interior dos canais radiculares, KOMAMURA et al.(1965) idealizaram um aparelho que media o valor da resistência elétrica do ligamento periodontal utilizando corrente alternada. A resistência elétrica, medida a partir do uso de uma corrente elétrica alternada, denomina-se impedância. Isso trouxe como vantagem a diminuição da amperagem da corrente utilizada, proporcionando mais conforto ao paciente durante a realização da odontometria. Além disso, a corrente alternada não induz o surgimento da polarização.

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

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

Aparelhos como o Bingo 1020 (Fórum Engineering Technologies, Rishon Lezion, Israel), o RayPex 4, lançado pela Dentsoly e o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator (SybronEndo, Anaheim, Estados Unidos da América), são

considerados como sendo de 4<sup>a</sup>. geração de localizadores foraminais eletrônicos (GORDON; CHANDLER, 2004).

Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar os principais localizadores foraminais eletrônicos em todas as suas gerações, com suas respectivas indicações e contra-indicações, bem como aqueles que apresentaram melhores resultados quanto à confiabilidade e precisão na determinação da odontometria.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1 Localizadores foraminais eletrônicos do tipo resistência (1ª. geração)**

Historicamente, o localizador foraminal eletrônico foi proposto pela primeira vez por Custer, que propôs o método elétrico baseando-se na diferença da condutividade elétrica de um instrumento metálico no interior do canal radicular seco, e na excelente condutividade que apresenta o tecido periapical (LEITE, 2009). Os precursores foram os aparelhos denominados de primeira geração, que operavam através de corrente contínua e sofriam alterações de seus desempenhos com a presença de umidade no interior do canal radicular. Estes dispositivos foram denominados de localizadores tipo resistência e se baseavam no princípio de constância de corrente elétrica entre a mucosa oral e o ligamento periodontal (RENNER, 2005).

Os principais representantes da primeira geração de localizadores foraminais eletrônicos, que surgiram em função do trabalho de Sunada (1958) foram o Exact-A-Pex®, Endometer®, Neosono D®, Neosono M®, Foramatron® (FONINI, 2008). A maior desvantagem dos aparelhos de primeira geração residia no fato da imprecisão das leituras diante de umidade no interior do canal radicular, e os estudos que continham algum índice de sucesso nesse método foram executados em canais sem umidade (GUIMARÃES et al, 2014). Em 1942, Suzuki descobriu que a resistência elétrica existente entre o ligamento periodontal e a mucosa oral apresentava um valor constante de aproximadamente 6,5k. Dessa maneira, os localizadores foraminais eletrônicos podiam determinar a posição do ápice devido a esta diferença de resistência (BARBOSA, 2009).

Em 1972, CASH apresentou o aparelho chamado Endometer, baseado no princípio eletrônico da resistência elétrica, que foi proposto por SUNADA. O autor relatou um período de utilização clínica do aparelho de 3 anos, destacando o tempo consumido para as leituras, indicando que houve uma economia de cerca de 50% nas horas de trabalho.

No ano seguinte, INOUE lançou o Sono-Explorer. Quando em operação, dois sons separados são emitidos pelo aparelho. Um é produzido a partir da passagem de corrente elétrica de baixa frequência, por um instrumento colocado a 0,5mm de profundidade no sulco gengival do dente a ser avaliado. Este primeiro som é contínuo e sua marcação serve de referência para a localização do forame. O segundo som é emitido pelo instrumento inserido no canal radicular. Quando o ápice

é alcançado, há uma semelhança dos sons em volume e intensidade (ambos contínuos). Além desses componentes, o aparelho possui um seletor de operação que varia de 0 a 100, no sentido de calibrar a emissão do som contínuo para posições anteriores ao forame apical. Assim, alguns estudos foram realizados com a intenção de se avaliar a precisão de tais aparelhos, indicando índices de acerto relativamente baixos (65%) na determinação da odontometria (SEIDBERG et al., 1975, BLANK; TENCA; PELEU, 1975, BUSCH et al., 1976, CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE, 1981).

O principal inconveniente dos aparelhos que utilizam o princípio da resistência é a necessidade de se ter um canal radicular seco e livre de hemorragia, pus ou tecido pulpar, pois quando a ponta da lima tocava em qualquer superfície ou substância úmida, seja na solução irrigadora, seja em outra substância no interior do canal, esta modifica sua resistência e completa o circuito, indicando erroneamente que a constrição apical foi localizada. Além disso, muitos pacientes relatavam sentir um choque durante a utilização destes aparelhos (BARBOSA, 2009).

Desta forma, a primeira geração pode ser denominada como tipo resistência (corrente contínua), pois utilizava corrente contínua na medição da resistência elétrica. A passagem de corrente contínua induzia o surgimento de polarização, acarretando necrose de células do tecido envolvido e dor durante a medição.

## **1.2 Localizadores foraminais eletrônicos do tipo impedância (2ª. geração)**

Devido aos inconvenientes causados pelos aparelhos do tipo resistência e, também, buscando um melhor desempenho na precisão das leituras das medidas dos localizadores foraminais eletrônicos, surgiram os aparelhos do tipo impedância (segunda geração). Utilizava corrente alternada e avaliação da impedância que está não só relacionada com a resistência elétrica dos tecidos, mas também com a capacidade de medição dos eletrodos. A modificação do circuito interno dos aparelhos assegurou maior precisão na medição e menor desconforto ao paciente, porém dificultou os procedimentos de leitura devido à necessidade de o eletrodo da lima estar envolto por um material isolante (KLASENER, 2012).

Estes dispositivos toleravam melhor a umidade no interior do conduto, porém, tinham como principais desvantagens, a necessidade de preparar o conduto previamente para a utilização desta sonda e também de utilizar uma corrente elétrica alta, gerando um desconforto para o paciente em alguns casos (RENNER, 2005).

Mesmo com essas modificações, os aparelhos de segunda geração também tinham índices baixos de confiabilidade (maiores que os dos aparelhos de primeira geração) e o principal representante deste grupo foi o Endocater® (FONINI, 2008), no qual um isolante era colocado sobre a lima de modo a diminuir a influência da capacitância nas leituras. No entanto, por haver uma 'capa' na lima, esta não podia ser utilizada em canais estreitos, o que inviabilizava algumas leituras (BARBOSA, 2009).

### **1.3 Localizadores foraminais eletrônicos do tipo frequência (3ª. geração)**

Os localizadores apicais de terceira geração são localizadores apicais eletrônicos do tipo impedância frequência-dependente, que trabalham especificamente com o princípio físico do cálculo das diferentes impedâncias no interior do canal radicular através de dois ou mais sinais de frequência (RENNER, 2005).

Apesar da proposta da utilização destes dispositivos não ser recente, maior precisão nas mensurações endodônticas na presença de soluções irrigadoras, sangue ou secreções aliada à segurança para o paciente, apenas tornou-se possível com o advento dos aparelhos de 3ª geração. Tais dispositivos, do tipo frequência-dependente, empregam corrente elétrica baixa e duas frequências de correntes alternadas para medição da diferença de impedância entre os eletrodos (BRITO JUNIOR et al., 2007). A evolução do método eletrônico e a necessidade de precisão e confiabilidade determinaram o desenvolvimento dos aparelhos de terceira geração. Estes aparelhos funcionam sob o princípio de que exista diferença de impedância entre os eletrodos. O aparelho fundamenta-se na detecção da diferença entre dois valores de impedância, um calculado a partir de uma frequência de 1 kHz e outro, a partir de uma frequência de 5 kHz (GUIMARÃES et al., 2014). Os novos aparelhos de localização apical medem a diferença de impedância entre duas frequências, ou a média de duas impedâncias elétricas (MATTAR; ALMEIDA, 2008).

A terceira geração de localizadores foraminais é representada pelos aparelhos do tipo impedância frequência-dependente, que trabalham verificando a diferença de impedância da dentina no interior do conduto, calculada por dois ou mais sinais de frequências. Assim, pode-se operar independentemente do tipo de líquido no interior do canal radical. São representados pelo Apit® e Endex®, Root ZX® e Novapex®. Como são capazes de operar sem necessidade de preparo prévio do canal radicular, na presença de qualquer umidade, e com todos os tipos de

instrumentos, são considerados os mais precisos e fáceis de operar de todas as gerações de localizadores (FONINI, 2008).

Os aparelhos de terceira geração têm a característica de trabalhar de forma mais precisa na presença de umidade no interior do canal radicular. A grande vantagem dos localizadores apicais de terceira geração é que detectam a constrição apical, o que não é possível radiograficamente. Além disso, ao utilizar o método eletrônico na determinação do comprimento de trabalho, a exposição do paciente à radiação pode ser reduzida em função do menor número de tomadas radiográficas necessárias. Outra vantagem é a diminuição do período e do custo do tratamento endodôntico para o paciente, pela otimização do tempo de trabalho do profissional.

Os localizadores apicais eletrônicos de terceira geração possuem, na sua maioria, confiabilidade acima das médias obtidas pelo método radiográfico (aproximadamente 50,6%) e pela radiografia digital (mais ou menos 61,4%), tornando-os uma ferramenta indispensável para a Endodontia moderna (MIGUITA et al., 2011).

Com respeito ao mecanismo de funcionamento desses aparelhos, deve-se considerar que o dente funciona como um capacitor com acúmulo de cargas elétricas no periodonto e no interior do canal radicular. A dentina funciona como um isolante e permite a propagação de corrente elétrica em toda a extensão do canal radicular, denominada impedância. Os localizadores do tipo impedância frequência dependente (3ª geração) realizam o cálculo, através de dois sinais de frequência, dos diferentes valores de impedância no interior do canal radicular. Quanto maior a constrição, próxima do limite CDC, mais difícil é a condução de eletricidade e, conseqüentemente, maior é a impedância (KLASENER, 2012). O ponto de maior impedância ocorre numa região situada a 0,25 mm da abertura foraminal. Utilizado pelos localizadores mais recentes, este princípio apresenta vantagens quando comparado com os dos primeiros aparelhos lançados, especialmente a de medir os canais radiculares em condições úmidas, inclusive na presença de eletrólitos. Outra grande vantagem é que esses localizadores apicais são capazes de localizar a constrição apical, o que não é possível radiograficamente (KLASENER, 2012).

Vários localizadores apicais eletrônicos de 3ª geração, como o Just II, Apex Finder AFA, e principalmente o Root ZX têm sido bastante investigados. O Root ZX utiliza o cálculo de relação das impedâncias para duas diferentes frequências (400

Hz e 8 kHz) entre eletrodos, permitindo a localização do forame tanto em canais secos como em presença de umidade (sangue, exsudato ou soluções irrigadoras como hipoclorito de sódio) ou de tecido pulpar.

No primeiro estudo utilizando o Root ZX<sup>®</sup>, KAUFMAN; KATZ, em 1993, avaliaram a eficiência do aparelho na medição em canais retos, curvos e com forame amplo. Também foi avaliada a influência da presença de soluções irrigadoras no interior do canal radicular sobre a capacidade de medição do aparelho. Foram utilizados 60 dentes extraídos, divididos em 3 grupos: o primeiro foi composto por dentes com raízes retas; o segundo, por dentes com raízes curvas, e o terceiro por dentes com o forame apical ampliado até o diâmetro equivalente à base da guia de penetração da lima tipo K n<sup>o</sup> 80. Os comprimentos reais dos dentes foram obtidos a partir da inserção de uma lima tipo K n<sup>o</sup> 10 até a sua visualização no forame apical. Para cada dente, foram realizadas três medições com o aparelho (canal seco, com solução salina e com NaOCl a 5%), sendo o comprimento de trabalho limitado a 0,5mm aquém do forame apical. A análise dos resultados demonstrou que a presença das diferentes soluções irrigadoras (solução salina e hipoclorito de sódio a 5%) não prejudicou a leitura do aparelho. Os canais retos e curvos apresentaram o mesmo índice de precisão nas medidas executadas. No grupo dos dentes com o forame apical ampliado, o aparelho determinou um comprimento de trabalho, em média, 1,0mm menor que o comprimento real determinado previamente. Em solução salina, os resultados indicaram, em média, uma distância de 1,42mm aquém do forame apical, sendo de 1,38mm, em média, quando utilizada a solução de hipoclorito de sódio a 5%. Os autores afirmaram que o Root ZX<sup>®</sup> é confiável na obtenção de leituras em canais radiculares retos e curvos, na presença ou não de soluções irrigantes.

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



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

O Root ZX também mostrou um elevado índice de precisão quando utilizado em casos de retratamento (GOLDBERG et al., 2005), na medição de dentes com forame apical ampliado (EBRAHIM et al, 2006, HERRERA et al., 2007) e em dentes com reabsorções apicais (ANGWARAVONG; PANITVISAI, 2008, MATTAR; ALMEIDA, 2008).

Em 2009, DE CAMARGO et al. avaliaram a influência do preparo cervical na precisão de quatro localizadores apicais eletrônicos. Os aparelhos testados foram o Root ZX<sup>®</sup>, o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e o Apex DSP. Quarenta incisivos inferiores extraídos foram utilizados. O comprimento de trabalho foi estabelecido reduzindo-se em 1,0mm o comprimento total do dente, que foi determinado pela inserção de uma lima n<sup>o</sup> 15 até a visualização de sua ponta no forame apical, com o auxílio de um microscópio cirúrgico com aumento de 8X. Os localizadores apicais foram avaliados na determinação da medida exata do canal radicular (-1,0mm do comprimento total) e, também, de medidas consideradas aceitáveis (1,0 ± 0,5mm do comprimento total) em canais radiculares preparados e não preparados cervicalmente, pois, as medidas foram realizadas antes e após o preparo cervical, que foi feito utilizando-se os instrumentos rotatórios ProTaper S1 e SX. As leituras consideradas precisas antes do preparo foram de 50% para o Root ZX<sup>®</sup>, 47,5% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, 50% para o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e 45% para o Apex DSP; já as leituras consideradas aceitáveis apresentaram índices de 97,5%, 95%, 97,5% e 67,5%, respectivamente. Após a realização do preparo cervical, os resultados encontrados foram, para medidas precisas e aceitáveis, de 75%/97,5% para o Root ZX<sup>®</sup>, 55%/95% para o Elements Diagnostic Unit and Apex Locator, 75%/97,5% para o Mini Apex Locator<sup>™</sup> e

60%,87,5% para o Apex DSP. Assim, os resultados mostraram que o Root ZX<sup>®</sup> e o Mini Apex Locator<sup>™</sup> tiveram o índice de precisão aumentado após a realização do preparo cervical e, além disso, pode-se verificar que, dos aparelhos testados, o Apex DSP foi o que apresentou o menor índice de precisão.

Trabalho semelhante ao de DE CAMARGO et al. foi feito por BRITO-JÚNIOR et al., já em 2012. Os autores realizaram as medidas com dois aparelhos, o Root ZX e o Novapex, em vinte e quatro canais palatinos de molares superiores, antes do preparo dos terços cervical e médio, com as limas número 10, 15 e 20, e após o preparo com os instrumentos SX e S1 do sistema ProTaper. Verificaram que, após o preparo dos terços cervical e médio, as medidas com os localizadores foraminais eletrônicos foram mais precisas, sem diferença estatística significativa entre os aparelhos.

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

ODABAS et al., 2011, avaliaram a precisão do localizador apical ROOT ZX na determinação do comprimento de trabalho em casos de molares decíduos com ou sem reabsorção radicular. Foram utilizados 28 dentes decíduos extraídos, com um total de 24 raízes sem reabsorção e 22 com a presença de reabsorção radicular. O comprimento real de cada raiz foi medido utilizando uma lima tipo K até que sua ponta fosse visível no forame apical ou em nível de reabsorção apical e avaliado com microscópio digital, diminuindo 1 mm de distância obtidos. A distância entre a ponta da lima até a base do tope de borracha foi medido e comparado com aqueles obtidos a partir da medição com o localizador. Não foram observadas diferenças

estatisticamente significativas entre os comprimentos obtidos pelo método eletrônico e os comprimentos reais, independentemente da presença ou não de reabsorção.

Em um estudo realizado por VASCONCELOS et al., 2014, comparou-se a precisão em determinar o forame apical em pré-molares indicados para extração por motivos ortodônticos pelos aparelhos Root ZX e Propex II. Após a exodontia, as raízes foram seccionadas nos 4mm apicais para verificação da posição da lima. O Root ZX apresentou um índice de acerto de 75%, enquanto o Propex II teve 66,7% de acerto.

AYDIN et al., 2015, compararam o Root ZX e o Raypex 6 em dentes com diferentes diâmetros apicais. Verificaram que os aparelhos foram precisos nas leituras dos grupos G0 (dentes com ápice completo) e G32 (dentes com o forame apical ampliado até a lima 30, 1mm além do ápice); à medida que a dilatação do forame apical aumentou (grupos G57 e G72), as medidas foram menos precisas.

#### **1.4 Localizadores foraminais eletrônicos do tipo “ratio method” (4ª. geração)**

Os localizadores apicais de quarta geração (“ratio method”) surgiram em 1991 e são semelhantes aos de terceira geração; baseiam-se na determinação de valores de resistência elétrica em função da frequência. No entanto, os aparelhos de quarta geração utilizam até 5 diferentes frequência de medição (500 Hz, 1, 2, 4 e 8 KHz)

“Ratio method” são os valores de impedância obtidos de cada frequência que passaram a ser divididos e não mais subtraídos como na geração anterior. Os aparelhos da quarta geração realizam medições confiáveis em presença de eletrólitos, tecido pulpar e não necessitam de calibração (FREITAS et al., 2012).

A parede dentinária do canal radicular exhibe uma baixa condutividade elétrica, e a medida que se aproxima do terço apical, a camada de tecido dentinário torna-se menos espessa, diminuindo sua capacidade de isolamento elétrico, diminuindo conseqüentemente sua impedância. Localizadores foraminais eletrônicos que utilizam o método da frequência, baseiam-se na diminuição da espessura dentinária que ocorre no terço final do canal radicular. As paredes do canal radicular possuem uma impedância maior que o forame apical (FREITAS et al., 2012). São exemplos de localizadores apicais de quarta geração o Root ZX II, Root ZX mini e Romi Apex A-15 (Romidan, Kiryat Ono, Israel) (FREITAS et al., 2012).

DA SILVA; ALVES, 2014, realizaram um estudo “ex vivo” comparando a precisão de três localizadores foraminais eletrônicos de 4ª. geração, o Root ZX II, o Root ZX Mini e o RomiApex A-15. Os autores verificaram que o Root ZX II foi que apresentou maior índice de acerto, com 62,5%.

### **1.5 INDICAÇÕES E CONTRA-INDICAÇÕES**

Assim, de acordo com RAMOS, BRAMANTE (2001), os localizadores foraminais eletrônicos teriam seu uso recomendado para as seguintes situações clínicas: dentes com restaurações metálicas (evitando o toque do instrumento na restauração durante a medição), dentes com restaurações de resina composta ou ionômero de vidro, pacientes gestantes (para diminuir a exposição à radiação), diagnóstico de perfuração dental, reabsorções apicais, reabsorções externas sem comunicação com o canal, reabsorção interna, dentes decíduos e casos de retratamento.

As contra-indicações de uso destes aparelhos são: casos de reabsorções externas com comunicação com o canal radicular, pois a reabsorção pode promover invaginação de tecido do ligamento periodontal no trajeto do canal, inviabilizando a medição; pacientes portadores de marcapasso, pois há risco de interferência na leitura, e dentes com ápice incompleto, pois há dificuldade na obtenção da leitura.

## **OBJETIVO**

O objetivo do trabalho de revisão de literatura sobre os localizadores foraminais eletrônicos é entender como foi criado e como funciona o aparelho eletrônico, quais são suas vantagens de uso, e os resultados provando que o equipamento ajuda muito na área de Endodontia .

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica utilizando as bases de dados PubMed, Scielo e CAPES. Foram selecionados artigos em inglês e português, desde 1955 até 2015, considerando as palavras chave: localizador foraminal eletrônico ( electronic apex locator ), odontometria ( root canal working length ) e Root ZX.

## DISCUSÃO

Há um consenso de que a odontometria é uma etapa de fundamental importância para a correta realização do tratamento endodôntico. Sabe-se, também, que apesar do seu uso consagrado e de seu índice de sucesso ser alto, a odontometria radiográfica, tanto a convencional quanto a digital, apresentam limitações. Assim, o aprimoramento da técnica de odontometria eletrônica, por meio do uso de localizadores foraminais eletrônicos, é muito bem-vindo, já que visa a melhoria das condições de tratamento tanto para o paciente quanto para o profissional.

A primeira geração de localizadores (tipo resistência) possuía um princípio simples de funcionamento, constituída por dois eletrodos, um acoplado a um instrumento inserido no canal radicular e outro, preso à mucosa bucal. Entre os eletrodos determinava-se uma corrente contínua de baixa amperagem. As deficiências desse método, aplicando corrente contínua, limitaram seu uso, pois a passagem da corrente contínua induz o surgimento da polarização. Além disso, a principal desvantagem do método da resistência está no fato de que o canal precisava estar seco para a realização das medições, e autores que fizeram uso dos aparelhos dessa geração relataram a dificuldade de se obter leituras corretas com estes aparelhos, já que era muito difícil a completa secagem do canal radicular antes das medições (SEIDBERG et al., 1975, BLANK; TENCA; PELEU, 1975, BUSCH et al., 1976, CHUNN; ZARDIACKAS; MENKE, 1981).

Com o desenvolvimento dos localizadores foraminais eletrônicos de segunda geração (tipo impedância), passou-se a utilizar corrente elétrica alternada ao invés da contínua. Como a corrente elétrica alternada não induz o processo de polarização, pois há uma diminuição da carga da corrente elétrica necessária para determinar as leituras da resistência, o paciente não corre o risco de sofrer algum tipo de choque durante a medição, como ocorria com os aparelhos do tipo resistência (RAMOS, BRAMANTE, 2001).

A análise dos resultados obtidos em diversos estudos com os localizadores de 2ª. geração indicam, claramente, que a presença de materiais condutores de corrente elétrica no canal radicular, tais como restos de tecido pulpar, ainda causavam problemas nas leituras com estes aparelhos. Ainda que mudanças no tipo e na frequência da corrente elétrica tenham sido propostas por Inoue com o objetivo de superar as dificuldades encontradas até então, leituras realizadas com o Sono

Explorer, o aparelho mais representativo do método, apresentaram resultados ruins (RAMOS, BRAMANTE, 2001).

Considerando que o fator umidade era um problema para os aparelhos até então existentes, já que os mesmos apresentavam dificuldades em mensurar canais radiculares úmidos provocando, inclusive, discrepâncias em estudos utilizando tais aparelhos, USHIYAMA, em 1983, desenvolveu um novo método para determinar o comprimento de trabalho do canal radicular, de maneira que o mesmo pudesse estar preenchido com eletrólitos. Baseado no fenômeno elétrico dos tecidos duros dentais (esmalte, dentina e cimento) apresentarem-se como isolantes elétricos, ao determinar-se a variação do gradiente de voltagem de uma corrente elétrica (por meio da medição da milivoltagem entre dois eletrodos), a constrição apical seria detectada. O fenômeno se deve ao fato da intensidade de corrente elétrica (voltagem) ser inversamente proporcional ao diâmetro do meio condutor (no caso, o canal radicular). O autor estudou o método a partir de dentes unirradiculados extraídos, determinando as variações do gradiente de voltagem durante o trajeto do canal radicular. Após abertura coronária, os dentes foram fixados de modo que a raiz permanecesse submersa em solução de cloreto de sódio a 0,9%. Em seguida, os canais foram instrumentados até a lima tipo K nº 25 e, por capilaridade, completados com a mesma solução. Uma corrente elétrica de  $10\mu\text{A}$  foi aplicada e, à medida que a ponta do instrumento se aproximava do forame apical, as variações do gradiente de voltagem eram registradas. Como resultado, tais variações determinaram uma curva de aumento constante até a região apical. Quando o instrumento ultrapassava a região apical havia uma queda abrupta nesses valores (de  $14\mu\text{V}$  para  $0,4\mu\text{V}$ ). A análise desses dados permitiu ao autor concluir que, mesmo na presença de exsudação dos tecidos apicais, sangue ou pus no interior do canal radicular, não ocorreria uma alteração na leitura da constrição apical fornecida pelo aparelho, indicando, assim, a correta determinação daquele ponto.

O surgimento dos localizadores foraminais eletrônicos de 3ª. geração, idealizados por Yamaoka et al, tem por base a determinação de valores de resistência elétrica e função de duas frequências de corrente alternada (impedância frequência dependente). Desta forma, segundo os autores, o principal problema encontrado até aqui para a realização de medidas precisas com os localizadores foraminais eletrônicos, que era a presença de umidade no canal radicular, seria solucionado.

A partir do momento em que surgiram aparelhos capazes de realizar a medição eletrônica dos canais radiculares com umidade em seu interior, vários estudos foram feitos com a intenção de verificar qual solução irrigadora poderia ou deveria ser utilizada (FOUAD; RIVERA; KRELL, 1993, FRANK; TORABINEJAD, 1993, KAUFMAN; KATZ, 1993, KOBAYASHI; SUDA, 1994, ARORA; GULABIVALA, 1995, CZERW et al., 1995, PILOT; PITTS, 1997, WEIGER et al., 1999, JENKINS et al., 2001, TINAZ et al., 2002, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, 2002, LEE et al., 2002, MEARES; STEIMAN, 2002, VENTURI; BRESCHI, 2005, FAN et al., 2006, EBRAHIM et al., 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA, 2007, VENTURI; BRESCHI, 2007). Segundo JENKINS et al., 2001, as soluções irrigadoras, independente de qual seja utilizada, não causam interferência nas leituras feitas com os localizadores foraminais eletrônicos. Além disso, de acordo com TINAZ et al., 2002, e MEARES; STEIMAN, 2002, o hipoclorito de sódio, em qualquer concentração, não tem influência nas leituras realizadas com os localizadores foraminais eletrônicos. Porém, existem relatos na literatura de que o hipoclorito de sódio, tanto pode influenciar as leituras de forma negativa (ARORA; GULABIVALA, 1995, KAUFMAN; KEILA; YOSHPE, 2002, VENTURI; BRESCHI, 2005, FAN et al., 2006), quanto de forma positiva (WEIGER et al., 1999, EBRAHIM et al., 2006, EBRAHIM; WADACHI; SUDA, 2007). Entretanto, devem ser feitas algumas considerações: no estudo de ARORA; GULABIVALA, 1995, quando se utilizou o hipoclorito de sódio como solução irrigadora do canal radicular, o índice de precisão nas leituras feitas com o aparelho RCM Mark II foi de 20%. Contudo, deve-se levar em consideração que o RCM Mark II é um aparelho cujo funcionamento é baseado no princípio da resistência, e aparelhos desse tipo apresentavam um grande problema, que segundo MCDONALD, 1992, residia no fato dos mesmos apresentarem medições imprecisas quando o canal radicular apresentava qualquer tipo de umidade em seu interior, fechando o circuito numa posição anterior à do forame apical. Tanto que, quando considerados os resultados do outro localizador testado por ARORA; GULABIVALA, 1995, o Endex, cujo funcionamento é baseado no princípio da frequência, o índice de precisão na presença do hipoclorito de sódio foi de 100%.

O Root ZX é o principal representante desta geração de localizadores, mostrando excelentes resultados quando testado em diversos estudos (ELAYOUTI et al., 2009, ANGWARAVONG; PANITVISAI, 2008, GOLDBERG et al., 2005, EBRAHIM et al., 2006, HERRERA et al., 2007).



Os aparelhos de quarta geração são semelhantes aos de terceira geração. Aliás, segundo RAMOS, BRAMANTE, 2001, essa diferença não deveria existir. Segundo os autores, foi KOBAYASHI, em 1995, quem propôs a separação no método da frequência, sugerindo a divisão dos aparelhos, baseados neste princípio, em método da diferença dos valores relativos de frequência, proposto por YAMAOKA et al., e método da razão (“ratio method”) ou método da divisão, calculando o quociente entre duas impedâncias a partir de duas frequências, proposto por ele. Para RAMOS, BRAMANTE, a separação dos métodos por características tão peculiares não seria sensata, pois ambos possuem, em princípio, relação com a medição da impedância a partir de frequências diferentes.

Com relação às indicações e contra-indicações, ressaltaremos a que consideramos de grande importância para o tratamento endodôntico, que é o caso de dentes com ápice incompleto. Para alguns autores (BERMAN; FLEISCHMAN, 1984, ABBOTT, 1987, HUANG, 1987, HÜLSMAN; PIEPER, 1989, WU; SHI; HUANG, 1992, MAYEDA et al., 1993, ARORA; GULABIVALA, 1995, PILOT; PITTS, 1997, DUNLAP et al., 1998) existe a possibilidade da ausência da constrição apical afetar a variação nos valores de impedância. Tal situação baseia-se no fato de que a ausência da constrição apical diminuiria o valor do gradiente de voltagem da corrente elétrica, causando diminuição da impedância na região apical (USHIYAMA, 1983). Desta forma, o valor da impedância, determinado como marcador da constrição, seria identificado pelo aparelho em um ponto anterior, indicando um limite apical de instrumentação mais curto, comprometendo a precisão das medidas (IIZUKA et al., 1987). Isso ocorreria nos casos de ápice incompleto, reabsorção apical avançada e sobreinstrumentação, já que nesses casos existe um comprometimento ou a ausência da constrição apical.

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

## **CONCLUSÃO**

Com base nesta revisão de literatura pôde-se concluir que os localizadores foraminais eletrônicos constituem-se em um método eficiente e preciso na determinação do comprimento real de trabalho tanto em dentes com e sem vitalidade pulpar e na presença de umidade no canal radicular (localizadores de 3ª. e 4ª. gerações). Portanto, esses aparelhos possuem aplicabilidade clínica, sendo utilizados em dentes decíduos e permanentes, possuindo ainda diversas vantagens como a menor quantidade de radiografias durante o tratamento endodôntico e a diminuição do tempo despendido na realização do mesmo.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, P.V. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device.

**Aust Dent J.**, v.32, n.1, p.17-21, 1987.

ANELE, J. A. et al. Análise ex vivo da influência do preparo cervical na determinação do comprimento de trabalho por três diferentes localizadores apicais eletrônicos.

**RSBO**, v. 7, n.2, p. 139-45, jun. 2010.

ANGWARAVONG, O.; PANITVISAI, P. Accuracy of an electronic apex locator in primary teeth with root resorption. **Int Endod J.**, v.42, n.2, p.115-21, 2008.

ARORA, R.K.; GULABIVALA, K. An *in vivo* evaluation of Endex and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v.79, n.4, p.497-503, 1995.

AYDIN, U.; KARATASLIOGLU, E.; AKSOY, F.; YILDIRIM, C. In vitro evaluation of Root ZX and Raypex 6 in teeth with different apical diameters. **J Conserv Dent.**, v.18, n.1, p.66-9, 2015.

BALDI, J. V. **Influência do diâmetro do forame apical e do calibre do instrumento endodôntico nas leituras odontométricas proporcionadas por dois aparelhos localizadores apicais.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de odontologia, Universidade de São Paulo, Bauru, 2005.

BARBOSA, M. A. **Odontometria eletrônica: uso de localizadores apicais na endodontia.** Monografia (Graduação em odontologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

BEILKE, L. P.; BARLETTA, F. B.; VIERPELISSER, F. V. Avaliação in vivo da confiabilidade do localizador eletrônico Bingo na determinação do comprimento de trabalho, em situações de polpa vital e necrosada. **Rev Odonto Ciência**, v. 20, n. 48, abr./jun. 2005.

BERMAN, L.H.; FLEISCHMANN, S.B. Evaluation of the accuracy of the Neosono-D electronic apex locator. **J Endod.**, v.10, n.4, p.164-7, 1984.

BLANK, L.W.; TENCA, J.I.; PELLEU, G.B. Reliability of electronic measuring devices in endodontic therapy. **J Endod.**, v.1, n.4, p.141-5, 1975.

BRITO-JÚNIOR, M. et al. Precisão e confiabilidade de um localizador apical na odontometria de molares inferiores, estudo in vitro. **Rev Odonto Ciência.**, v. 22, n. 58, p. 293-8, out./dez. 2007.

BRITO JÚNIOR, M.; CAMILO, C.C.; MOREIRA-JÚNIOR, G., PÉCORÁ, J.D.; SOUSA-NETO, M.D. Effect of pre-flaring and file size on the accuracy of two electronic apex locators. **J Appl Oral Sci.**, v.20, n.5, p.538-43, 2012.

BUSCH, L.R. et al. Determination of accuracy of the Sono-Explorer for establishing endodontic measurement control. **J Endod.**, v.2, n.10, p.295-7, 1976.

CARDOSO, C. P. **Análise da confiabilidade do localizador APEX D.S.P.** Monografia (Graduação em Odontologia) - Curso de Odontologia, Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2008.

CARVALHO, M. G. P. et al. Avaliação in vitro da eficácia do localizador apical BINGO 1020. **STOMATOS**, v. 12, n. 23, p. 23-8, 2006.

CASH, P.W. Electronic measurement of root canals. **Dent Surv.**, v.48, n.12, p.19-20, 1972.

CHITA, J. J. et al. Precisão e confiabilidade de um novo localizador foraminal eletrônico – estudo in vivo. **Pesq Bras Odontoped Clin Integr.**, v. 12, n. 4, p. 457-63, out./dez. 2012.

CHUNN, C.B.; ZARDIACKAS, L.D.; MENKE, R.A. An in vivo root canal length determination using the Foramer. **J Endod.**, v.7, n.11, p.515-20, 1981.

CUSTER L.E. Exact methods of location the apical foramen. **J Nat Dent Assoc.**, v.5, n.8, p.815-9, 1918.

CZERW, R.J.; FULKERSON, M.S.; DONNELLY, J.C. An in vitro test of a simplified model to demonstrate the operation of electronic root canal measuring devices. **J Endod.**, v.20, n.12, p.605-6, 1994.

DA SILVA, T.M.; ALVES, F.R. Ex vivo accuracy of Root ZX II, Root ZX Mini and RomiApex A-15 apex locators in extracted vital pulp teeth. **J Contemp Dent Pract.**, v.15, n.3, p.312-4, 2014..

DE CAMARGO, E.J.; ORDINOLA-ZAPATA, R.; MEDEIROS, P.L.; BRAMANTE, C.M.; BERNARDINELLI, N.; GARCIA, R.B. et al. Influence of preflaring on the accuracy of length determination with four electronic apex locators. **J Endod.**, v.35, n.9, p.1300-2, 2009.

DUNLAP, C.A.; REMEIKIS, N.A.; BEGOLE, E.A.; RAUSCHENBERGER, C.R. An in vivo evaluation of an electronic apex locator that uses the ratio method in vital and necrotic canals. **J Endod.**, v.24, n.1, p.48-50, 1998.

EBRAHIM, A.K.; WADACHI, R.; SUDA, H. An in vitro evaluation of the accuracy of Dentaport ZX apex locator in enlarged root canals. **Aust Dent J.**, v. 52, n.3, p.193-7, 2007.

EBRAHIM, A.K.; YOSHIOKA, T.; KOBAYASHI, C.; SUDA, H. The effects of file size, sodium hypochlorite and blood on the accuracy of Root ZX apex locator in enlarged canals: an in vitro study. **Aust Dent J.**, v.51, n.2, p.153-7, 2006.

ELAYOUTI, A.; WEIGER, R.; LÖST, C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. **J Endod.**, v.27, n.1, p.49-52, 2001.

ELAYOUTI, A.; DIMA, E.; OHMER, J.; SPERL, K.; VON OHLE, C.; LÖST, C. Consistency of apex locator function: a clinical study. **J Endod.**, v.35, n.2, p.179-81, 2009.

FAN, W.; FAN, B.; GUTMANN, J.L.; BIAN, Z.; FAN, M.W. Evaluation of the accuracy of three electronic apex locators using glass tubules. **Int Endod J.**, v.39, n.2, p.127-35, 2006.

FONINI, K. **Os localizadores eletrônicos foraminais e sua precisão na determinação do CRT: revisão de literatura.** Monografia (Especialização em Endodontia) - Curso de Especialização em Endodontia, Unidade de Ensino Superior Ingá (UNINGÁ), Passo Fundo, 2008.

FOUAD, A.F.; RIVERA, E.M.; KRELL, K.V. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. **J Endod.**, v.19, n.2, p.63-7, 1993.

FRANK, A.L.; TORABINEJAD, M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. **J Endod.**, v.19, n.4, p.177-9, 1993.

FREITAS, F.; DANTAS, W.C.F.; CREPALDI, M.V.; BURGER, R.C. Localizadores apicais. **Revista FAIPE**, v.2, n.2, p.44-63.

GOLDBERG, F.; DE SILVIO, A.C.; MANFRÉ, S.; NASTRI, N. In vitro measurement accuracy of an electronic apex locator in teeth with simulated apical root resorption. **J Endod.**, v.28, n.6, p.461-3, 2002.

GOLDBERG, F.; BRISEÑO-MARROQUÍN, B.; FRAJLICH, S.; DREYER, C. In vitro evaluation of the ability of three apex locators to determine the working length during retreatment. **J Endod.**, v.31, n.9, p.676-8, 2005.

GORDON, M.P.J.; CHANDLER, N.P. Electronic apex locator – review. **Int Endod J.**, v.37, n.7, p.425-37, 2004.

GUIMARÃES, B.M.; MARCIANO, M.A.; AMOROSO-SILVA, P.A.; ALCALDE, M.P.; BRAMANTE, C.M.; DUARTE, M.A.H. O uso dos localizadores foraminais na endodontia: revisão de literatura. **Robrac**, v.23, n.64, p.2-7., 2014.

HEIDEMANN, R. Análise comparativa ex vivo da eficiência na odontometria de três localizadores apicais eletrônicos: Root ZX, Bingo 1020 e Ipex. **Rev Odontol Univ São Paulo**, v. 19, n. 3, p. 210-22, set. 2008.

HERRERA, M.; ÁBALOS, C.; PLANAS, A.J.; LLAMAS, R. Influence of apical constriction diameter on Root ZX apex locator precision. **J Endod.**, v.33, n.8 p.995-8, 2007.

HUANG, L. An experimental study of the principle of electronic root canal measurement. **J Endod.**, v.13, n.2, p.60-4, 1987.

HÜLSMAN, M.; PIEPER, K. Use of an electronic apex locator in treatment of teeth with incomplete root formation. **Endod Dent Traumatol.**, v.5, p.238-41, 1989.

INGLE, J.I. Endodontics instruments and instrumentation. **Dent Clin North Am.** v.1, p.805-22, 1957.

IIZUKA, H.; HASEGAWA, K.; TAKEI, M.; KATO, Y.; NIHEI, M.; OHASHI, M. A study on electric method for measuring root canal length. **J Nihon Univ Sch Dent.**, v.29, n.4, p.278-86, 1987.

JENKINS, J.A.; WALKER, W.A. 3<sup>RD</sup>.; SCHINDLER, W.G.; FLORES, C.M. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. **J Endod.**, v. 27, n.3, p.209-11, 2001.

KAUFMAN, A.Y.; KATZ, A. Reliability of Root ZX apex locator tested by an in vitro model. **J Endod.**, v.19, n.4, p.201 – Abstract, 1993.

KAUFMAN, A.Y.; KEILA, S.; YOSHPE, M. Accuracy of a new apex locator: an in vitro study. **Int Endod J.**, v.35, n.2, p.186-92, 2002.

KLASENER, M. **Comparação da capacidade de dois localizadores apicais eletrônicos de determinar o limite apical da instrumentação endodôntica:**

**estudo ex vivo.** Monografia (Graduação em Odontologia) - Departamento de Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

KOBAYASHI, C.; SUDA, H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. **J Endod.**, v.20, n.3, p.111-4, 1994.

KOMAMURA, D.; MATSUMOTO, H.; KAWAGUCHI, Y.; SUNADA, I. The method for measuring the length of the tooth using the A.C. ohmmeter. **Jpn J Conserv Dent.**, v.7, p.221-6, 1965.

KUTTLER, Y. Microscopic investigation of root apexes. **J Am Dent Assoc.**, v. 50, p.544-52, 1955.

LEE S.J.; NAM, K.C.; KIM, Y.J.; KIM, D.W. Clinical accuracy of a new apex locator with an automatic compensation circuit. **J Endod.**, v.28, n.10, p.706-9, 2002.

LEITE, T. B. **Influência da solução irrigadora na acurácia e repetibilidade das odontometrias obtidas com Root ZX-II.** Monografia (Graduação em Odontologia) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

LEVY, A.B.; GLATT, L. Deviation of the apical foramen from the radiographic apex. **J N J St Dent Soc.**, v.41, p.12-3, 1970.

MAYEDA, D.L.; SIMON, J.H.S.; AIMAR, D.F.; FINLEY, K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. **J Endod.**, v.11, p.545-8, 1993.

MATTAR, R.; ALMEIDA, C.C. Análise da interferência em localizador apical eletrônico, modelo Root ZX, quando utilizado em dentes com reabsorção radicular simulada. **Robrac.**, v.17, n.43, p.13-21, 2008.

MCDONALD, N.J. The electronic determination of working length. **Dent Clin North Am.**, v.36, n.2, p.293-307, 1992.



MEARES, W.A.; STEIMAN, H.R. The influence of sodium hypochlorite irrigation on the accuracy of the Root ZX electronic apex locator. **J Endod.**, v.28, n.8, p.595-8, 2002.

MELLO-MOURA, A.C.V.; MOURA-NETO, C.; ARAKI, A.T.; GUEDES-PINTO, A.C.; MENDES, F.M. Ex vivo performance of five methods for root canal length determination in primary anterior teeth. **Int Endod J.**, v.43, n.2, p.142-7, 2010.

MIGUITA, K. B.; CUNHA, R.S.; DAVINI, F.; FONTANA, C. E.; BUENO, C. E. S. Análise comparativa de dois localizadores apicais eletrônicos na definição do comprimento de trabalho na terapia endodôntica: estudo in vitro. **RBO**, v.8, n.1, p.27-32, 2011

NGUYEN, H.Q.; KAUFMAN, A.Y.; KOMOROWSKY, R.C.; FRIEDMAN, S. Electronic length measurement using small and large files in enlarged canals. **Int Endod J.**, v.29, n.6, p.359-64, 1996.

ODABAS, M.E.; BODUR, H.; TULUNOGLU, O.; ALACAM, A. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in primary molars with and without resorption. **J Clin Ped Dent.**, v.35, n.3, p.255-258, 2011.

OISHI, A.; YOSHIOKA, T.; KOBAYASHI, C.; SUDA, H. Electronic detection of root canal constrictions. **J Endod.**, v.28, n.5, p.361-4, 2002.

OLSON, A.K.; GOERIG, A.C.; CAVATIO, R.E.; LUCIANO, J. The ability of the radiograph in determine the location of apical foramen. **Int Endod J.** v. 24, n.1, p. 28-31, 1991.

PALMER MJ, WEINE FS, HEALEY HJ. Position of the apical foramen in relation to endodontic therapy. **J Can Dent Assoc.**, p.37, n.8, p.305-8, 1971.

PILOT, T.F.; PITTS, D.L. Determination of impedance changes at varying frequencies in relation to root canal file position and irrigant. **J Endod.**, v.23, n.12, p.719-24, 1997.

RAMOS, C.A.S.; BERNARDINELI, N. Influência do diâmetro do forame apical na precisão de leitura de um modelo de localizador apical eletrônico. **Rev FOB.**, v.2, n.3, p.83-90, 1994.

RAMOS, C.A.S.; BRAMANTE, C.M. **Endodontia: fundamentos biológicos e clínicos**. São Paulo: Livraria Santos Editora; 2001.

RENNER, D. **Avaliação, in vivo, da confiabilidade do localizador apical novapex na determinação do comprimento de trabalho de instrumentação**. Dissertação (Mestrado), Curso de Odontologia, Universidade Luterana do Brasil – RS, Canoas, 2005.

SAITO, T.; YAMASHITA, Y. Electronic determination of root canal length by newly developed measuring device. Influences of the diameter of apical foramen, the size of K-file and the root canal irrigants. **Dent Jpn.**, v.27, n.1, p.65-72, 1990.

SEIDBERG, B.H.; ALIBRANDI, B.V.; FINE, H.; LOGUE, B. Clinical investigation of measuring working lengths of root canals with an electronic device and with digital-tactile sense. **J Am Dent Assoc.**, v.90, n.2, p.379-87, 1975.

SUCHDE, R.V.; TALIM, S.T. Electronic ohmmeter. An electronic device for the determination of the root canal length. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.**, v.43, n.1, p.141-9, 1977.

SUNADA I. New method for measuring the length of the root canal. **J Dent Res.**, v.41, n.2, p.375-87, 1962.

SUZUKI, K. Experimental study on iontophoresis. Nihon Kokuka Gakkai Zasshi. n. 6, p.411 apud Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. **J Dent Res.**, v.41, n.2, p.375-87, 1962.

TINAZ, A.C.; SEVIMLI, L.S.; GÖRGÜL, G.; TÜRKÖZ, E.G. The effects of sodium hypochlorite concentrations on the accuracy of an apex locating device. **J Endod.**, v.28, n.3, p.160-2, 2002.

USHIYAMA, J. New principle and method for measuring the root canal length. **J Endod.**, v.9, n.3, p.97-104, 1983.

VASCONCELOS, B.C.; ARAÚJO, R.B.; SILVA, F.C.; LUNA-CRUZ, S.M.; DUARTE, M.A.; FERNANDES, C.A. In vivo accuracy of two electronic foramen locators based on different operations systems. **Braz Dent J.**, v.25, n.1, p.12-6, 2014.

VENTURI, M.; BRESCHI, L. A comparison between two electronic apex locators: an in vivo investigation. **Int Endod J.**, v.38, n.1, p. 36-45, 2005.

VENTURI, M.; BRESCHI, L. A comparison between two electronic apex locators: an ex vivo investigation. **Int Endod J.**, v.40, n.5, p.362-73, 2007.

WEIGER, R.; JOHN, C.; GEIGLE, H.; LÖST, C. An in vitro comparison of two modern apex locators. **J Endod.**, v.25, n.11, p.765-8, 1999.

WU, Y.N.; SHI, J.N.; HUANG, L.Z. Variables affecting electronic root canal measurement. **Int Endod J.**, v.25, n.2, p.88-92, 1992.

YAMAOKA, M.; YAMASHITA, Y.; SAITO, T. Electrical root canal measuring instrument based on a new principle – makes measurements possible in wet root canals. **Osada Product Information.**, v.6, p.12, 1989.