





FACULDADE DE  
MEDICINA DENTÁRIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

# Localizadores Eletrónicos Apicais

Juliana Mireie Martins Loureiro

Monografia de investigação submetida à Faculdade de Medicina Dentária da  
Universidade do Porto para obtenção do grau de Mestre em Medicina  
Dentária

**Orientadora:** Professora Doutora Irene Pina Vaz

Professor Associado com Agregação da Faculdade Medicina Dentária  
da Universidade do Porto

**Porto, 2015**

## **Agradecimentos**

À Professora Doutora Irene Graça Azevedo Pina Vaz por ter aceite a orientação deste artigo de revisão e por toda a dedicação e disponibilidade demonstrada.

Aos meus pais, Fátima e João, pela educação exemplar que me deram e por todo o apoio e incentivo ao longo destes anos. Obrigada por tudo!

Aos meus irmãos, João e José por estarem sempre presentes e prontos a ajudar-me.

À minha querida avó Alice por ser a pessoa maravilhosa que é e que admiro muito.

Ao Diogo, por fazer parte da minha vida ao longo deste percurso. Obrigada pela paciência, carinho, amizade e amor.

Às minhas amigas, pela amizade e companheirismo ao longo destes anos. Sem vocês nada teria sido igual. Guardo com muito carinho todos os momentos no meu coração para sempre.

# Índice

<b>Resumo</b>	6
<b>Introdução</b>	8
<b>Material e Métodos</b>	10
<b>Desenvolvimento</b>	11
1. Anatomia do canal radicular	11
2. Odontometria	15
2.1 Métodos de determinação do comprimento de trabalho	16
2.1.1. Método sinestésico	16
2.1.2. Técnicas de imagiologia	16
2.1.2.1. Vantagens e desvantagens do método radiográfico	18
2.1.3. Método eletrônico	19
2.1.3.1. Diferentes gerações de localizadores eletrônicos apicais	20
2.1.3.2. Aplicações clínicas	25
2.1.3.3. Cuidados de utilização	27
<b>Conclusão</b>	28
<b>Referências bibliográficas</b>	29
<b>Anexos</b>	34

# Índice de abreviaturas

**FA-** Foramen apical

**CA-** Constricção apical

**JCD-** Junção cimento-dentinária

**LEA-** Localizador eletrónico apical

**CT-** Comprimento de trabalho

**CRD-** Comprimento radiográfico do dente

**CBCT-** Tomografia computadorizada de feixe cónico

**CAI-** Comprimento aparente do instrumento

**CAD-** Comprimento aparente do dente

**CRI-** Comprimento real do instrumento

**CRD-** Comprimento real do dente

## Resumo

**Introdução:** A determinação exata do comprimento de trabalho é um dos parâmetros mais importantes para um tratamento endodôntico bem sucedido. O uso de diferentes técnicas radiográficas é o método mais comum para a determinação do comprimento do dente e conseqüentemente do comprimento de trabalho do dente. No entanto, algumas limitações são consideradas relevantes para o estabelecimento de medidas precisas. Os localizadores eletrônicos apicais surgem como uma alternativa/ complemento, com o objetivo de superar estas limitações.

**Objectivos:** Fazer uma revisão da bibliográfica atual sobre a evolução e utilidade dos localizadores eletrônicos apicais, na prática clínica em Endodontia.

**Material e Métodos:** A pesquisa foi feita com recurso às bases de dados MEDLINE/PUBMED, B-On, ScinceDirect e Bibliotca Virtual para a recolha de artigos publicados entre os anos de 2000 a 2014 com a utilização das seguintes palavras-chave: "working length"; "eletronic apex locators"; "endodontics"; "radiography"; "apical constriction". Alguns outros artigos considerados relevantes para o tema em estudo foram referenciados não respeitando a metodologia apresentada. Foram ainda utilizados alguns livros presentes na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

**Resultados:** O sucesso do tratamento endodôntico e os parâmetros sobre os quais este é realizado dependem, em larga média, da anatomia do sistema de canais radiculares. Existe uma sequência de procedimentos operatórios que devem ser seguidos para realizar um tratamento endodôntico radical de qualidade, segundo o "state of art". Uma correta odontometria é um dos passos cruciais para a determinação do comprimento de trabalho. Muitos métodos são usados para estimar o comprimento dos dentes e assim o comprimento de trabalho, incluindo a sensação tátil da constrição apical e uma variedade de técnicas de imagiologia. Os localizadores eletrônicos apicais surgiram numa tentativa de superar algumas limitações destes métodos convencionais.

**Conclusão:** Os localizadores eletrônicos apicais demonstram precisão e fiabilidade para a determinação do comprimento de trabalho. Este método deve ser sempre utilizado em complementaridade da radiografia periapical.

**Palavras-chave:** "comprimento de trabalho"; "localizadores eletrônicos apicais"; "endodontia"; "radiografia"; "constrição apical"

# Abstract

**Introduction:** The exact determination of the working length is one of the most important parameters for a successful root canal treatment. The use of different radiographic techniques is the most common method for assessing the tooth length and consequently the working length. However, some limitations are considered relevant for establishing precise measurements. The electronic apex locators appear as an alternative /complement, in order to overcome these limitations.

**Objective:** It was aimed to do a review of the current literature about electronic apex locators, their evolution and the utility in clinal endodontic practice.

**Material and methods:** A search was made throughout the MEDLINE/PUBMED, B-On, ScienceDirect and Virtual Library databases for articles published between 2000 to 2014 using the following keywords: "working length"; "eletronic apex locators"; "endodontics"; "radiography"; "apical constriction" . Some other relevant papers were referenced not respecting this methology. There were also used some books of Endodontics existing on the Library of the faculty of Dental Medicine, University of Porto.

**Bibliographic review:** The success of root canal treatment and the parameters for accomplished that depends on the root canal system anatomy. There is a sequence of operative procedures that must be followed according to the state of art. The correct estimation of the working length is one of the crucial steps. Many methods are used to assess, including the tactile sensation of the apical constriction and a variety of imaging techniques. The emerged in an attempt to overcome some limitations of these convencional methods.

**Conclusion:** The electronic apex locators show accuracy and reliability for determining the working length. However they should be used in complementarity of radiography methods.

**Keywords:** "working length"; "eletronic apex locators"; "endodontics"; "radiography"; "apical constriction"

# Introdução

A determinação exata do comprimento de trabalho é um dos parâmetros mais importantes para um tratamento endodôntico bem sucedido.<sup>1,2</sup> A constrição apical tem sido proposta como sendo o limite apical mais apropriado para a sua determinação.<sup>1</sup> A sua delimitação pode conduzir, a perfuração apical, instrumentação incompleta, sobreobturação, subobturação ou ainda a um pós-operatório sintomático, e maior risco de insucesso do tratamento endodôntico.<sup>3, 4, 5, 6</sup>

O uso de diferentes técnicas radiográficas, baseadas na visualização do ápice radicular, é o método mais comum para a determinação do comprimento do dente e conseqüentemente do comprimento de trabalho, uma vez que a constrição apical não é radiograficamente detetável.<sup>7, 8</sup> No entanto, algumas limitações são consideradas relevantes para o estabelecimento de medidas precisas nomeadamente a falta de coincidência do foramen apical (FA) com o ápice radicular na maioria dos dentes, a considerável variação da distância entre essas entidades anatómicas, a sobreposição de outras estruturas ou condensações ósseas e a distorção radiográfica.<sup>9<sup>10</sup></sup> Para além disso, o exame radiográfico fornece uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional estando esta sujeita a interpretações que podem ser erróneas.<sup>11</sup> Estes fatores aumentam a imprecisão de uma determinação radiográfica correta do comprimento do dente.

Os localizadores eletrónicos apicais (LEA) surgem como alternativa/ complemento, na determinação do limite apical da instrumentação endodôntica, superando algumas destas limitações.<sup>12</sup> Estes dispositivos através de mecanismos de resistência, frequência ou impedância, detetam a transição da polpa para o tecido periodontal,<sup>1</sup> que é anatomicamente muito próxima da constrição apical. Consistem de um par de eléctrodos, normalmente um *clip* labial pousado no lábio do paciente e uma ponteira conectada à lima endodôntica. Quando o circuito está completo, ou seja, o tecido labial, através do clip, entra em contato com o ligamento periodontal, pela extremidade da lima, a resistência diminui acentuadamente e a corrente subitamente começa a fluir, emitindo um sinal sonoro.<sup>13</sup>

Custer *et al.* (1918)<sup>14</sup> foram os primeiros investigadores a reportar um método eléctrico de localização do foramen apical. Mais tardem Suzuki *et al.* (1942)<sup>15</sup> descobriram que a resistência eléctrica entre o ligamento periodontal e a mucosa bucal tem um valor constante de 6,5 kΩ. Baseado nas pesquisas anteriores, Sunada *et al.* (1962)<sup>16</sup> desenvolveram o primeiro localizador apical electrónico porém com pouca fiabilidade devido à incapacidade de leitura em canais húmidos.



Os localizadores de terceira geração apresentados por Kobayashi e Suda (1994)<sup>17</sup>, calculam a razão da impedância entre duas frequências diferentes garantindo, deste modo, uma maior precisão na odontometria, independente da condição pulpar assim como da presença de exsudados ou soluções irrigadoras.

O desenvolvimento de novas gerações de LEA tem vindo a ganhar maior relevo nos últimos anos devido aos resultados precisos que proporcionam.<sup>18, 19, 20, 21</sup> Contudo os autores são unânimes, embora os LEA sejam um complemento indispensável na determinação mais precisa do comprimento de trabalho, pelo menos um controlo radiográfico é imprescindível.<sup>22</sup> A radiografia periapical continua a ser fundamental para um tratamento endodôntico adequado fornecendo informações acerca das estruturas periapicais, número de raízes, dimensão das mesmas, avaliação da câmara pulpar, lesões de cárie, entre outras.<sup>22</sup>

O presente trabalho tem como objetivo a realização de uma revisão da bibliografia atual acerca da evolução e utilidade dos localizadores na prática clínica em Endodontia.

## Material e Métodos

Para a elaboração deste trabalho recorreu-se às bases de dados MEDLINE/PUBMED, B-On, ScinceDirect e Biblioteca Virtual. Foram estipulados alguns limites de pesquisa, selecionando apenas artigos de língua inglesa e portuguesa publicados entre os anos de 2000 a 2014.

As palavras-chave utilizadas para a pesquisa em inglês foram: "working length"; "eletronic apex locators"; "endodontics"; "radiography"; "apical constriction". As palavras-chave utilizadas para a pesquisa em português foram: "comprimento de trabalho"; "localizadores eletrónicos apicais"; "endodontia"; "radiografia"; "constricção apical". A seleção das publicações foi realizada fazendo-se uma leitura criteriosa do resumo numa primeira fase e numa fase posterior, a leitura do texto completo dos considerados relevantes e possivelmente relevantes, avaliados por dois examinadores, a fim de verificar a relação com o tema a ser pesquisado. Os critérios de inclusão foram artigos de revisão sobre os localizadores apicais eletrónicos, nomeadamente o enquadramento histórico destes dispositivos e a sua evolução ao longo do tempo; as vantagens associadas à sua utilização assim como as possíveis desvantagens; mecanismo de funcionamento e ainda artigos com estudos clínicos ou laboratoriais associados à determinação do comprimento de trabalho utilizando estes dispositivos. Foram também analisadas as referências bibliográficas dos respetivos artigos de forma a selecionar outros artigos não identificados nas bases de dados e que se mostrassem corresponder aos critérios de inclusão.

Parte do material de leitura e análise foi também selecionado de revisões da literatura existentes sobre este tema bem como de alguns livros de Endodontia presentes na biblioteca da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.

# Desenvolvimento

## 1. Anatomia do canal radicular

O sucesso do tratamento endodôntico e os parâmetros de qualidade sobre os quais se deve incidir dependem, em grande parte, da anatomia do sistema de canais radiculares. Cada tipo de dente apresenta características anatômicas semelhantes assim como variações complexas.<sup>23</sup>

A cavidade pulpar é o compartimento no interior do dente onde se encontra a polpa reproduzindo a sua morfologia externa, apesar das suas menores proporções. Esta é dividida em duas porções, uma coronária e outra radicular.<sup>24</sup>

Segundo Carvalho (2005)<sup>25</sup>, o canal radicular pode apresentar diferentes configurações de canais, que se ramificam a partir do canal principal, estabelecendo comunicação entre a polpa e o ligamento periodontal. Estas ramificações são classificadas em: canal principal, canal colateral, canal lateral, canal secundário, canal acessório, canal intercanal ou interconduto, canal recorrente, canal reticular e canal delta apical. Na imagem seguinte é possível observar as diferentes configurações de canais radiculares:

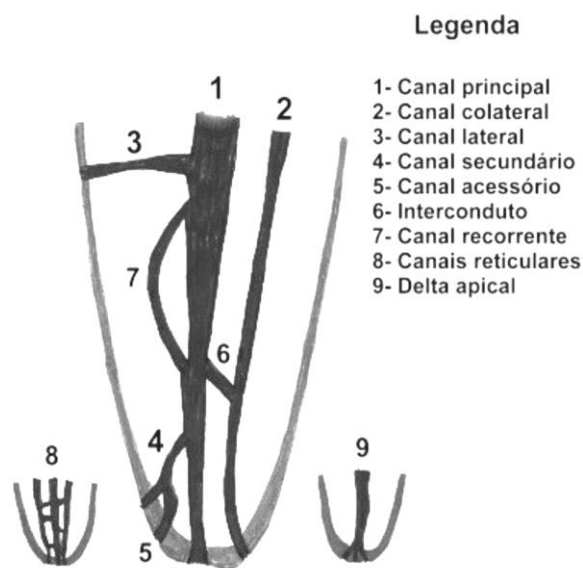


Fig.1: Anatomia complexa do sistema de canais radiculares.

( Fonte: <http://www.forp.usp.br/restauradora/acesso.htm#cavi>)

O canal radicular estende-se por todo o comprimento da raiz, iniciando-se num orifício na câmara pulpar até ao foramen apical, e pode ser dividido em terços: cervical, médio e apical.<sup>26</sup> Histologicamente, é constituído pelo canal dentinário e pelo canal cementário os quais se encontram unidos pelo ápice radicular. O canal dentinário é longo, com o maior diâmetro virado para a câmara pulpar, representando quase a totalidade do canal radicular contendo o tecido pulpar. É o denominado “campo de ação” do endodontista. O canal cementário é curto e corresponde a aproximadamente 0,5 a 3 mm da extremidade final do canal radicular. Este canal aumenta de diâmetro ao longo do tempo devido à deposição contínua de novas camadas de cimento.<sup>24</sup>

A transição do canal dentinário para o cementário denomina-se de junção cimento-dentinária (JCD). A JCD não pode ser visualizada radiograficamente sendo apenas identificada através de estudos histológicos.<sup>27</sup>

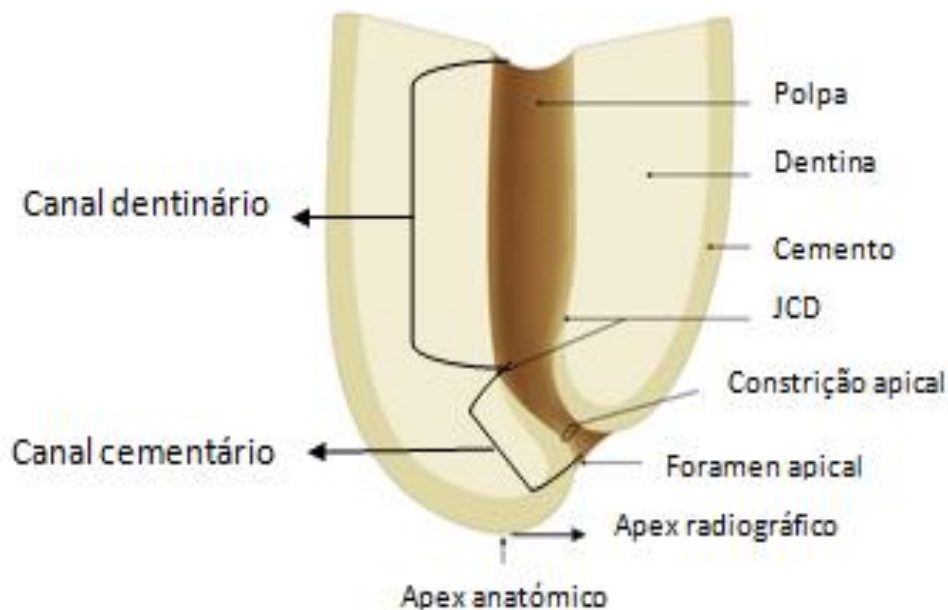


Fig. 2: Componentes anatómicos do terço apical

(Fonte: <http://www.dentistrytoday.com/endodontics/1092>)  
(adaptado sem autorização)

Existem três aspectos distintos na zona apical da raiz dentária ou pontos anatómicos de interesse:<sup>2</sup>

- o ápice do dente, que corresponde à extremidade apical da raiz do dente
- o foramen apical (major foramen) (FA) , que é a região do canal radicular revestida por tecido cementário, constituindo o orifício por onde o feixe vâsculo-nervoso penetra da região periapical para a cavidade pulpar.
- a constrição apical (minor foramen) que também é descrito como a junção cimento-dentinária (JCD). Esta região corresponde ao ponto de união entre o canal dentinário e o cementário e normalmente aceita como o ponto onde o canal radicular apresenta o menor diâmetro

A JCD representa, segundo alguns autores, o limite apical ideal de trabalho na instrumentação dos canais radiculares.<sup>28,29</sup> Contudo, na maioria das vezes, não é possível usar este limite devido à sua grande variabilidade de localização e à dificuldade em ser detetada clínica ou radiograficamente, podendo até nem sempre estar anatomicamente presente. Em determinados casos, essa zona pode nem representar o diâmetro mais constricto do canal.<sup>30</sup>

Os termos ápice e foramen apical (FA) são frequentemente utilizados de forma semelhante. O ápice radiográfico corresponde à região terminal anatómica da raiz, enquanto o FA corresponde à abertura presente na terminação apical da raiz do dente junto ao ligamento periodontal.<sup>2</sup> Vários estudos foram feitos com o intuito de determinar a localização do limite JCD em relação ao foramen apical e ao ápice anatómico do dente.

Kuttler (1995)<sup>31,32</sup> analisou a anatomia dos ápices radiculares, a partir de uma amostra constituída por 268 dentes. Esta foi dividida em dois grupos: grupo I - dentes de indivíduos entre 18 e 25 anos; grupo II - dentes de indivíduos com mais de 55 anos. Segundo os estudos de Kuttler, a distância entre a JCD e o FA era de 0,524mm nos jovens e 0,659mm no adulto, aumentando a distância com a idade devido à deposição de cimento.

Dummer *et al.* (1984)<sup>31,33</sup> mediram as distâncias entre o ápice radicular, o foramen apical e a constrição apical. A amostra foi constituída por 270 dentes permanentes humanos extraídos, todos apresentando ápice completamente formado. Após a análise microscópica, os autores encontraram uma distância média de 0,38 mm entre o ápice radicular e o foramen apical e de 0,51 mm entre a constrição apical e o FA. Desta forma, a distância média entre a constrição apical e o ápice radicular foi

de 0,89 mm. Segundo os autores a anatomia da CA não é constante podendo ser classificada em quatro tipos: tipo A: constrição tradicional; tipo B: constrição afunilada com a porção mais estreita do canal muito próxima do ápice radicular; tipo C: com mais de uma constrição e tipo D: quando a constrição é seguida por uma porção estreita e paralela do canal. O tipo mais prevalente foi o A, seguido pelos tipos B, C e D. Deste modo, torna-se difícil assegurar com precisão a posição da CA durante o tratamento endodôntico.<sup>31,33</sup>

Chapman<sup>34</sup> realizou um estudo microscópico em dentes anteriores humanos extraídos. A amostra foi dividida em dentes maxilares e mandibulares. Nos dentes maxilares, a distância média entre o ápice radicular e o FA foi de 0,36 mm e de 0,34 mm nos dentes mandibulares. O autor notou que a maioria das constrições apicais (92,5%) estavam localizadas entre 0,5 e 1,0 mm do ápice radicular.

Stein e Corcoran (1990)<sup>31,35</sup> avaliaram a distância entre a JCD e o foramen apical encontrando uma média de 0,72 mm em pacientes de todas as idades e 0,82 mm em pacientes com mais de 55 anos. Os autores verificaram que com a idade, além do aumento do canal cementário, o centro do FA desvia-se do ápice radicular, também devido à deposição de cimento, proveniente de mudanças fisiológicas.

Em 1972, Burch e Hulen<sup>31,36</sup> analisaram a relação de distância entre o foramen apical e o ápice anatômico, concluindo que em 92,4% da amostra a distância entre essas estruturas era de 0,59 mm.

De acordo com vários estudos, alguns autores afirmam que a distância entre o ápice radicular e o FA de dentes maxilares e mandibulares é pequena ou inexistente. No entanto verifica-se que é maior nos dentes posteriores comparativamente aos dentes anteriores. A idade também influencia este parâmetro verificando-se uma maior distância em dentes de indivíduos mais velhos do que em indivíduos mais jovens.<sup>32,37</sup>

## 2. Odontometria

Existe uma sequência de procedimentos operatórios que devem ser seguidos para realizar um tratamento endodôntico radical, seguindo as orientações de qualidade preconizadas e, assim, reunir as condições para preservar os tecidos periapicais saudáveis ou promover a cura das lesões perirradiculares.<sup>38</sup> Todos são de extrema importância para o sucesso do tratamento endodôntico. Além disso, há evidência de certos fatores com influência marcada no prognóstico do tratamento endodôntico. Entre eles foram reportados a obtenção e manutenção da permeabilidade e extensão da preparação até ao término apical. Consequentemente a extensão da obturação também se apresenta como significativa no sucesso do tratamento. Neste sentido a determinação o mais realista possível do comprimento do dente e a partir deste do comprimento de trabalho (CT) assume uma importância fundamental.<sup>6</sup>

O CT é o limite ideal de instrumentação para remoção total do tecido pulpar vivo ou restos necrosados, sem traumatizar os tecidos periapicais adjacentes. Contudo, esta não parece ser uma medida estável.<sup>37</sup> O ponto de referência para esta determinação localiza-se habitualmente na superfície oclusal ou incisal dos dentes, e é a partir deste ponto que as medições são efetuadas, determinando-se assim o comprimento do dente - odontometria. O comprimento de trabalho é, assim, obtido a partir da odontometria.<sup>39</sup> Esta é de fundamental importância sendo realizada logo após a cavidade de acesso e localização da entrada dos canais ou após o alargamento do terço coronal.<sup>40,41</sup>

A delimitação incorreta do comprimento de trabalho, por descuido ou inexperiência, pode conduzir a um pós-operatório sintomático, a perfurações apicais bem como a sobreinstrumentação e sobreobturação. A imprecisão da medida pode ainda determinar uma instrumentação e obturação inadequadas e incompletas. Por conseguinte, pode levar a terapia endodôntica ao insucesso.<sup>28</sup>

O respeito pelo CT é ainda fundamental na preservação da integridade dos tecidos da região periapical, fundamental para o sucesso do tratamento endodôntico.<sup>42</sup> O extravasamento de material obturador poderá induzir uma reação inflamatória na região periapical prejudicando o processo de reparo. É importante a realização de uma obturação hermética e selamento apical na presença de condições assépticas, pois a existência de um espaço não preenchido pelo material obturador irá facilitar a infiltração de microrganismos e fluido tecidular. Consequentemente os tecidos periapicais ficarão comprometidos conduzindo ao aparecimento de uma lesão apical.<sup>43</sup>

## 2.1. Métodos de determinação do comprimento de trabalho

Alguns métodos têm sido descritos para avaliar o comprimento de trabalho de tratamento do canal radicular, incluindo, a humidade recolhida no cone de papel; sensação tátil da constrição apical; o conhecimento do comprimento médio dos dentes, uma variedade de técnicas de imagiologia e o método eletrónico.<sup>44</sup>

### 2.1.1. Método Sinestésico

É o método mais simples para a realização da odontometria uma vez que usando uma lima endodôntica, procura-se encontrar a zona de maior constrição do canal radicular através da sensação tátil-digital. Esta técnica é de grande utilidade quando usada em complementaridade com outros métodos pois quando utilizada isoladamente poderá ser errónea e constituir um risco ao insucesso do tratamento endodôntico.<sup>45</sup> As variações anatómicas relativamente à constrição apical, tamanho, tipo de dente e idade tornam a determinação do comprimento de trabalho por meio tátil duvidosa. Outras situações como casos em que, o canal está esclerosado ou a constrição foi destruída por uma reabsorção inflamatória, impedem a recolha desta informação tátil-digital.<sup>2</sup>

### 2.1.2. Técnicas imagiológicas

Custer (1918)<sup>27</sup> sugeriu pela primeira vez o método radiográfico para a determinação da odontometria. Segundo alguns autores, para compensar a distorção radiográfica, bem como a distância, não identificável, do foramen apical ao ápice radicular devemos subtrair 2-3 mm ao comprimento radiográfico obtendo assim uma medida a ser confirmada com o comprimento de trabalho (CT). Foram introduzidas técnicas que permitem determinar com mais precisão o limite apical do dente. Entre elas destacam-se a técnica de Bregman e a de Ingle.<sup>46</sup>

A odontometria pode ser obtida através destas duas técnicas partindo de uma radiografia inicial onde é medido o comprimento do dente desde o ponto de referência (oclusal ou incisal) até ao ápice radiográfico. Esta medida é denominada de comprimento radiográfico do dente (CRD) ou comprimento aparente do dente (CAD).<sup>46</sup>



## Técnica de Bregman

Segundo Bregman, inicialmente introduz-se uma lima endodôntica no canal radicular, radiografa-se e determina-se o comprimento do instrumento e do dente na radiografia (comprimento aparente do instrumento – CAI e comprimento aparente do dente - CAD). Com os valores obtidos e com comprimento real do instrumento (CRI) obtemos o comprimento real do dente (CRD), através de uma regra de três simples que se traduz pela seguinte equação matemática:  $CRD = (CRI \times CAD) / CAI$ .<sup>45</sup>

## Técnica de Ingle

Ingle sugeriu um procedimento mais simples, prático e preciso, de grande eficiência para a realização da odontometria.<sup>24</sup> Neste método deve-se medir a distância da ponta do instrumento ao ápice. Caso esta se encontre a 1mm do ápice está correto; se o instrumento se encontra a uma distância maior que 1 mm soma-se os milímetros necessários para que fique a 1 mm; se o instrumento passa para além do ápice retira-se os milímetros necessários para que se situe a 1mm. Para que seja fiável é aconselhável que o instrumento fique a uma distância do ápice radiográfico inferior a 3 mm. Este é o método mais utilizado.<sup>7,28</sup>

A Endodontia tem progredido no sentido de precisar o limite de trabalho no canal radicular com métodos mais fáceis, rápidos e precisos. Atualmente contamos com o auxílio de métodos radiográficos mais avançados e de aparelhos específicos para determinação da odontometria.<sup>27</sup>

As preocupações com a exposição à radiação e o aumento do uso dos registos dos pacientes armazenados eletronicamente, levaram à introdução de vários tipos de máquinas de radiografia digital. Estas usam sensores, em vez da película radiográfica, e têm várias vantagens sobre as radiografias convencionais, nomeadamente a reduzida exposição à radiação, a velocidade de aquisição da imagem e a possibilidade de aumentar ou editar a mesma.<sup>44,47</sup> As suas limitações passam por custos elevados e alguns autores defendem uma pequena perda de nitidez comparativamente à radiografia convencional. No entanto a capacidade de ajustar e melhorar as imagens, permitindo fazer alterações de contraste, densidade, ampliação e aplicação de cores e texturas são uma mais-valia para o diagnóstico. Os sensores e monitores atuais já permitem um aumento significativo da resolução das imagens digitais.<sup>47</sup>

Recentemente, a tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) foi introduzida na Endodontia para avaliar secções e formas tridimensionais dos canais em alta resolução.<sup>44,48</sup> O CBCT tem sido indicado em todas as fases do tratamento endodôntico, incluindo diagnóstico, plano de tratamento e avaliação de prognóstico de complicações endodônticas. Contudo, as aplicações intra-operatórias de CBCT devem ser pesadas considerando o benefício potencial e os riscos de exposição a radiação. Em caso de complicações intra-operatórias como anatomia complexa, calcificações distróficas, reabsorções radiculares, perfurações e fraturas radiculares é prudente considerar o seu uso.<sup>49</sup> Estão definidos critérios quanto à utilização de uso de CBCT em Endodontia.<sup>50</sup>

### **2.1.2.1. Vantagens e Desvantagens do método radiográfico**

A radiografia pré-operatória é essencial em Endodontia para determinar a anatomia do sistema de canais radiculares, o número e a curvatura das raízes, a presença ou ausência de lesão perirradicular, e agir como um guia inicial para o comprimento de trabalho.<sup>2</sup> Além disso é um método de fácil execução apresentando custos reduzidos. Em relação aos localizadores eletrónicos apicais este método é vantajoso pelo fato de servir como um documento que poderá mais tarde ser consultado e analisado, não acontecendo o mesmo com os LEAs.<sup>51</sup>

Muitos dos problemas radiográficos ocorrem devido à interpretação que é feita da radiografia mas também a erros nas técnicas radiográficas. Esta situação deve-se ao fato da imagem radiográfica ser uma projeção bidimensional de uma imagem tridimensional. Podem ocorrer sobreposições e distorções radiográficas, dificultando a visualização da curvatura do canal se ela estiver paralela ao feixe de raio-X. Para além disso como já foi referido anteriormente o canal radicular pode apresentar variações morfológicas uma vez que o foramen apical muitas vezes não coincide com o ápice radicular. Além disso, o ajuste da angulação e o tempo de exposição podem distorcer a imagem provocando erros na medida do canal radicular. Outra desvantagem do método radiográfico é o tempo gasto no processamento radiográfico e o potencial risco para a saúde do paciente e profissional.<sup>28</sup>

### 2.1.3. Método Eletrônico

Numa tentativa de superar as limitações dos métodos mencionados anteriormente surgiram diferentes métodos para a determinação eletrônica do comprimento de trabalho, nomeadamente os localizadores eletrônicos apicais. Um localizador eletrônico apical é um dispositivo eletrônico usado em Endodontia para identificar a posição do foramen apical do canal radicular e, assim, determinar o comprimento do dente.<sup>52,53</sup> O ápice radicular apresenta uma resistência específica à corrente elétrica que é medida utilizando um par de elétrodos conectados ao aparelho, sendo um colocado no lábio do paciente e outro ligado a uma lima endodôntica que é introduzida no interior do canal radicular.<sup>28</sup>

Em 1918, Custer<sup>2</sup> foi o primeiro a relatar o uso de corrente elétrica para determinar o comprimento de trabalho. Em 1942 Susuki<sup>2</sup>, ao realizar experiências em cães, verificou valores consistentes de resistência elétrica (6,5 K $\Omega$ ) entre o ligamento periodontal e a mucosa oral. Baseado nesses princípios, em 1962 Sunada<sup>56</sup> desenvolveu o primeiro localizador eletrônico apical e a teoria de que o valor de resistência constante é aproximadamente o mesmo independentemente da porção do periodonto, da idade dos pacientes, e da forma ou tipo de canal do dente.<sup>44</sup>

Deste modo Sunada<sup>16,44</sup> propôs a utilização de um ohmímetro de corrente contínua conectado a uma lima endodôntica que quando indicasse um valor de intensidade de corrente de 40 microamperes ( $\mu$ A), (equivalente a 6500 Ohms, microohmímetros), a extremidade da lima teria alcançado o periodonto no foramen apical. No entanto estes valores variavam conforme os fluidos condutores presentes no canal, nomeadamente, a solução irrigadora como o hipoclorito de sódio, a presença de sangue, de exsudado e restos de tecido pulpar.<sup>57</sup>

Sucederam-se diferentes gerações de aparelhos de medição eletrônicos podendo ser classificados basicamente quanto ao tipo de mecanismo utilizado: “tipo resistência”, “tipo impedância” e “tipo frequência dependente”.<sup>28</sup>

<b>Localizadores tipo resistência</b>	Utilização de corrente contínua na medição de corrente elétrica.
<b>Localizadores tipo impedância</b>	Utilização de corrente alternada na medição da resistência elétrica.
<b>Localizadores tipo frequência</b>	Utilização de duas frequências de corrente alternada para medição da diferença ou quociente entre duas impedâncias.

**Esquema.1:** Classificação dos localizadores eletrônicos apicais segundo o princípio de funcionamento (Fonte: Silva, T.M, Alves, F.R.F. 2007) (adaptado sem autorização)

### 2.1.3.1. Diferentes gerações de localizadores eletrônicos apicais

Os primeiros localizadores apicais eletrônicos, chamados de **primeira geração**, funcionam sobre o princípio de uma corrente contínua de valor constante.<sup>58</sup> O Root Canal Meter foi desenvolvido em 1969 e baseava-se no método da resistência e da corrente alternada com uma frequência de 150 Hz. Devido à elevada corrente elétrica utilizada, muitos pacientes referiam sentir dor. Desta forma, melhorias foram feitas no sentido de contrariar o desconforto sentido. Surgiram assim outros localizadores de primeira geração como o Endodontic Meter e o Endodontic Meter S II, com uma corrente inferior a 5  $\mu$ A, o Dentometer e o Endo Radar. Estes dispositivos foram considerados pouco precisos quando comparados com o método radiográfico, apresentando medições relativamente inferiores ou superiores ao comprimento de trabalho.<sup>2,59,60</sup> Os valores obtidos por estes localizadores eram afetados pela presença de fluidos no canal como o hipoclorito de sódio, sangue, exsudado inflamatório e restos tecidulares. Além disso estes dispositivos necessitavam de ser calibrados estando sujeitos a erros que afetavam ainda mais a sua precisão.<sup>58</sup> Atualmente a maior parte dos LEA de primeira geração encontram-se fora do mercado.<sup>44</sup>

A **segunda geração** de localizadores apicais também denominada do tipo impedância utilizam uma única frequência de corrente alternada para efetuar as medições no interior dos canais. A impedância é composta por resistência e capacitância apresentando um traço de amplitude sinusoidal.<sup>2</sup> Estes localizadores reconhecem a constrição apical como o ponto com o maior valor de impedância.<sup>31</sup> Em 1972 Inoue<sup>44</sup> desenvolveu o Sono-Explorer, um dos mais recentes localizadores eletrônicos apicais de segunda geração. Como a resistência entre a mucosa oral e o sulco gengival é semelhante àquela entre o ligamento periodontal e a mucosa oral, a calibração do Sono- Explorer era feita no sulco gengival de cada dente antes da medição.<sup>2</sup> Em 1986 Hasegawa *et al.*<sup>2</sup> introduziram um dispositivo de alta frequência (400 kHz) chamado Endocater. Um isolante era colocado sobre a lima em toda a sua extensão menos na ponta permitindo fazer medições com fluidos condutores presentes nos canais. No entanto o isolante dificultava a entrada em canais estreitos e podia-se deslocar e ser removido durante a medição. Outros localizadores de segunda geração surgiram posteriormente tais como, o Apex Finder, Foramatron IV e Digipex I, II, III.<sup>44</sup> Tal como nos aparelhos de primeira geração a presença de tecidos e soluções irrigadoras eletrocondutoras alteravam as características elétricas afetando a precisão das medições.<sup>44,54</sup>

Os localizadores de **terceira geração** utilizam duas frequências para determinar a posição da constrição apical.<sup>44</sup> 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.<sup>61</sup> A impedância atinge um valor mais elevado na região de maior constrição do canal radicular que em muitos casos coincide com a JCD.<sup>45</sup> Estes localizadores possuem microprocessadores capazes de realizar todos cálculos necessários para fornecer leituras precisas.<sup>44</sup> Na realidade, estes dispositivos também são baseados em corrente alternada, mas operam no princípio de que a diferença de impedância entre os eléctrodos depende das frequências de sinal utilizadas.<sup>54</sup>

Vários localizadores apicais eletrônicos de 3ª geração, como o Just II, Raypex 5 , Apex Finder AFA, Endex, Apit, Elements Diagnostics , e principalmente o Root ZX têm sido bastante investigados. O Apit, foi o primeiro localizar de 3ª geração, capaz de medir os comprimentos de trabalho na presença de eletrólitos, no entanto necessitava de ser calibrado para cada canal. Com o objetivo de determinar o comprimento de trabalho independentemente do conteúdo do canal e de propor métodos que não necessitem de calibração a cada medida foi introduzido o método da razão por Kobayashi *et al.*<sup>53</sup> em 1991. Este método consiste na medição em simultâneo da impedância de duas ou mais frequências separadas. O quociente das impedâncias é obtido e expresso com a posição da lima no interior do

canal radicular.<sup>62</sup> No seguimento deste método surgiu o Root ZX, um localizador eletrônico apical pré-calibrado. É um dos localizadores mais avaliado sendo muitas vezes considerado o "gold standard" servindo de comparação com outros LEAs.<sup>63</sup> Estudos têm confirmado que a exatidão do Root ZX na presença de hipoclorito de sódio ou outros agentes condutores nos sistemas de canais não é afetada.<sup>64</sup>

Num estudo realizado por Wrbas *et al.* (2007)<sup>64</sup> foi feita a comparação de dois localizadores de 3ª geração: Root ZX e Raypex 5, ambos com frequências semelhantes. Foi medido o comprimento de trabalho de 20 monorradiculares antes de serem extraídos. Após as medições efetuadas, a constrição apical foi localizada a 0,5 mm do ápice radicular em 75% dos casos com o Root ZX e em 80% dos casos com o Raypex 5. Concluiu-se que os localizadores testados identificaram a constrição apical na faixa dos 0,5 mm com elevada precisão. No entanto apenas em três casos foi possível a localização exata da CA. A presença de hipoclorito de sódio não interferiu nas medições em ambos os localizadores.

Outro estudo realizado por Venturi e Breschi, (2011)<sup>54</sup>, avaliaram o Apex Finder e o Root ZX em 5 fases diferentes durante a instrumentação do canal. Foram utilizados 64 dentes, vitais e necrosados. Após a extração dos dentes foi medido o comprimento de cada um com uma lima 15K. Os valores foram registados com uma precisão de 0,25 mm para posterior comparação com as medições efetuadas com os LEAs. Dos 640 resultados obtidos 133 apresentavam medidas instáveis. Apenas os resultados estáveis foram utilizados para calcular a precisão dos dois localizadores. Os resultados obtidos foram  $-0,03 \pm 0,39$  mm para o Root ZX e  $-0,31 \pm 0,46$  mm para o Apex Finder. Na presença de canais secos o Apex Finder apresentou maior precisão. Concluiu-se que a presença de hipoclorito de sódio influenciou negativamente as medições com o Apex Finder e os canais com menor condutibilidade interferiram nos resultados obtidos com o Root Zx. Este estudo revelou ainda que as medições não sofrem influência em relação à condição pulpar ou posição do foramen apical.

Em 2011 Real *et al.*<sup>65</sup> realizaram um estudo com três localizadores: Elements Diagnostic, Root Zx e Just I, comparando os resultados obtidos com o método radiográfico. Foram utilizados 20 dentes humanos extraídos para efetuar as medições com os três localizadores apicais. Posteriormente os dentes foram posicionados no osso alveolar de um crânio seco e submetidos a radiografia digital. A exatidão dos resultados obtidos foi de 94,6% para o Elements Diagnostic, 91,9% para o Root ZX, 73% para o Just II e de 64,9% para o método radiográfico. O Elements Diagnostic e o Root RX demonstraram maior exatidão na determinação do comprimento de trabalho. Conclui-se que os LEAs são úteis na determinação do comprimento de trabalho e posterior preparação mecânica e obturação

do canal. São particularmente importantes quando existe um desvio da localização do foramen apical relativamente ao ápice anatômico.

Os localizadores apicais eletrônicos de **quarta geração** baseiam-se na determinação de valores de resistência elétrica em função da frequência e surgiram na sequência do método da razão. Os aparelhos da quarta geração realizam medições até 5 frequências, são confiáveis na presença de eletrólitos, tecido pulpar e não necessitam de calibração.<sup>68</sup> São exemplos de localizadores apicais de quarta geração o ZX II, ZX mini, Bingo 1020/Raypex 4 e Elements Diagnostic Unit and Apex locator.<sup>53</sup>

O Bingo 1020/Ray-Pex 4 é um dispositivo de quarta geração que usa duas frequências separadas, semelhante ao de terceira geração, sendo uma de 400 Hz e outra de 8kHz. Os fabricantes afirmam que combinando o uso de uma frequência de cada vez as medições obtidas terão uma precisão mais elevada. O Elements Diagnostic Unit and Apex locator não processa a informação de impedância como um algoritmo matemático, em vez disso utiliza as medidas de resistência e capacitância e faz a comparação com um banco de dados determinando a distância ao ápice do canal radicular. Este dispositivo utiliza uma forma de onda composta por dois sinais de frequência, 0,5 e 4 kHz.<sup>2</sup> Com o objetivo de avaliar a precisão dos localizadores apicais de quarta geração foram realizados alguns estudos.

Num estudo, Duh *et al.* (2009)<sup>67</sup>, utilizaram 42 dentes humanos extraídos para avaliar a precisão de quatro localizadores apicais, Root ZX, Solfy ZX, TriAuto ZX e Dentaport ZX. A precisão destes localizadores em determinar a localização da constrição apical variou entre 90,48% e 97,62% e não houve diferença estatisticamente significativa entre os aparelhos avaliados. Os autores concluíram que a série Root ZX de localizadores apicais pode determinar com precisão a localização da constrição apical.

Num estudo realizado, Miletic *et al.* (2011)<sup>63</sup>, verificou-se a precisão de três localizadores apicais, Dentaport ZX de terceira geração; RomiApex A-15 e Raypex 5 ambos de quarta geração. Foi utilizada uma amostra de 48 dentes composta por incisivos, caninos e pré-molares em 42 pacientes. Os resultados obtidos demonstram leituras de cerca de  $\pm 1,0$  mm de distância apical concluindo semelhantes valores de precisão para todos os localizadores testados.

Em 2014 Altumbas *et al.*<sup>68</sup> realizaram um estudo para avaliar a precisão de quatro localizadores apicais eletrônicos, DentalPort ZX, Raypex 5, Endo Master e o VDW Gold. Foram utilizados 48 dentes humanos extraídos de apenas um canal. Todos os dentes foram medidos com uma lima 15 K e posteriormente preparados e fotografados para medições utilizando um programa de

software específico. Os resultados obtidos foram de  $-0,302\pm 0,202$ ,  $-0,065\pm 0,293$ ,  $-0,177\pm 0,475$  e  $-0,258\pm 0,160$  mm para o DentalPort ZX , Raypex 5, Endo Master e o VDW Gold respectivamente. Conclui-se que todos os localizadores demonstraram valores aceitáveis na determinação do FA.

A principal desvantagem dos localizadores de quarta geração é o fato de precisarem de atuar num meio seco ou relativamente seco. Em alguns casos é necessário secagem adicional e na presença de exsudado ou sangue este método torna-se muitas vezes inaplicável.<sup>66</sup>

A **quinta geração** de localizadores apicais eletrônicos foi desenvolvida em 2003. Os dispositivos desta geração medem a capacitância e a resistência do circuito elétrico em separado. Durante a prática clínica tem-se verificado que a precisão destes localizadores apicais varia com a condição pulpar e da região periapical. Desta forma a condição pulpar e condições associadas à zona periapical devem ser consideradas para avaliar a relação entre o estado pulpar e a sua precisão.<sup>53</sup> Estes dispositivos atuam bem na presença de sangue e exsudado mas apresentam dificuldades consideráveis em canais secos. Desta forma a baixa precisão de medição em canais secos associado à necessidade de humedecer o canal para efetuar medições levam os profissionais a dar preferência aos localizadores de quarta geração.<sup>66</sup>

Os localizadores apicais de **sexta geração** surgem na tentativa de superar as desvantagens associadas à quarta geração, (capacidade de obter medidas com precisão na presença de humidade no canal) assim como superar as desvantagens da quinta geração (dificuldade associada a canais secos). Esta geração revela ser capaz de trabalhar em condições em que o canal se encontra húmido ou seco bem como na presença de sangue, exsudado e restos de tecido pulpar.<sup>53</sup>

Dimitrov *et al.* (2009)<sup>66</sup>, fizeram um estudo propondo a criação de um método e um dispositivo que combinasse as vantagens estabelecidas para os localizadores de quarta e quinta geração. Foi possível criar um algoritmo constante para que as medições pudessem ser feitas consoante as condições de humidade do canal. Este método foi adaptado aos localizadores de sexta geração. Medições com localizadores deste tipo eliminaram a necessidade de secar ou humedecer o canal radicular, e permitiram aumentar o grau de precisão na presença de sangue, solução irrigadora e em canais secos.



### 2.1.3.2. Aplicações clínicas

Os localizadores eletrônicos apicais são de fácil manipulação mostrando elevada precisão quando bem utilizados pelo operador. Para além de permitir obter o comprimento de trabalho em menor tempo não constitui nenhum risco à saúde do paciente. Indicam com precisão o foramen apical (FA) não estando sujeito a interferência de estruturas anatómicas.<sup>28</sup> Kuttler (1995) demonstrou que a constrição apical se situa a 0,524-0,659 mm do ápice anatómico do dente e Lee *et al.* (2002) revelou que a JCD nem sempre é detetável mesmo sob exame microscópico. Num estudo comprovou que quando a maioria das limas endodônticas estavam localizadas no foramen apical, independentemente da existência de uma JCD detectável, verificava-se um aumento de precisão das medições com os LEAs.<sup>54</sup> Alguns fabricantes referem ser possível monitorizar em décimos de milímetro a distância da ponta da lima ao FA através do visor do LEA.<sup>69</sup> Desta forma conclui-se que seria mais objetivo avaliar a precisão dos LEAs relativamente ao foramen apical, por ser um ponto de referência mais fiável e reproduzível do que a constrição apical.<sup>70</sup> Os LEA podem e devem ser usados sempre em complementaridade a outras técnicas odontométricas, nomeadamente a radiografia periapical.<sup>45</sup>

Para além da determinação do comprimento de trabalho do canal radicular outras aplicações clínicas têm sido associadas aos localizadores apicais eletrônicos. São capazes de determinar reabsorções e perfurações radiculares a limites clinicamente aceitáveis distinguindo entre grandes e pequenas perfurações.<sup>53</sup> Desta forma qualquer conexão entre o canal radicular e os tecidos periodontais será reconhecida pelo aparelho, servindo este como um excelente método de diagnóstico nestas situações.<sup>62</sup> Além disso, os localizadores apicais têm-se mostrado muito úteis em situações de impossibilidade de visualização do ápice radicular devido à sobreposição de estruturas anatómicas e sobreposição de canais radiculares situados no plano de incidência do feixe de raio X (vestíbulo-lingual). No caso de pacientes em que o método radiográfico está contra-indicado como grávidas, pacientes irradiados, com limitação de abertura de boca e reflexo gastro-esofágico, este poderá ser um método para a obtenção da odontometria durante o tratamento endodôntico.<sup>28,45</sup>

Existem localizadores eletrônicos apicais associados a peças de mão elétricas. Um exemplo disso são as seguintes combinações de localizador com peça de mão endodôntica: Tri Auto ZX , Dentaport ZX , SOFY ZX e ENDY 7000. O TriAuto ZX usa instrumentos mecanizados de níquel-titanium com uma rotação de 240 a 280 rpm. Estudos revelam que este dispositivo apresenta uma precisão de medida de 95%, semelhante ao Root ZX. O Dentaport ZX é composto por dois módulos: o Root ZX e o

TriAuto ZX. A peça de mão utiliza instrumentos de rotação em níquel-titanium com uma rotação de 50 a 800 rpm. Segundo a literatura estes dispositivos têm a capacidade de parar ou reverter a rotação das limas de níquel-titanium quando se alcança o limite de instrumentação estipulado.<sup>44</sup> Um estudo realizado por Nazarimoghdam *et al.* (2013)<sup>71</sup> teve como objetivo comparar a precisão de dois novos localizadores apicais controlados por peça de mão, VDW GOLD e Dentaport ZX. Foram utilizados para este estudo, 36 molares mandibulares extraídos. Os valores de precisão obtidos para o VDW GOLD foram de  $\pm 0,5$  mm de distância apical em 61,1% dos dentes e  $\pm 1$  mm em 88,9 %. Para o Dentaport ZX foram de  $\pm 0,5$  mm em 88,9% dos dentes e em 94 % foi de  $\pm 1$  mm de distância apical. Concluiu-se que ambos os localizadores foram capazes de determinar o comprimento de trabalho utilizando uma lima em rotação.

### **2.1.3.3. Cuidados de utilização**

Quando utilizamos um localizador eletrônico apical é importante verificar um bom contato de todo o circuito bem como a carga da bateria, uma vez em caso de bateria fraca os valores de medição obtidos serão inferiores ao esperado. A permeabilidade do canal radicular deverá ser verificada antes da utilização do LEA, uma vez que, canais com material de obturação como a gutta-percha impedem o fluxo de corrente elétrica por ser um material isolante. Nos canais com calcificações ou perfurações as medições também são afetadas. No caso de restaurações com amálgama e coroas metálicas e metalocerâmicas é preciso ter em atenção que nem a lima endodôntica nem o gancho labial devem contactar com estas superfícies pois vão interferir com o circuito elétrico. O mesmo se verifica na presença de cárie, pois a dentina cariada não apresenta a mesma propriedade de isolante elétrico da dentina sadia.<sup>28</sup>

Normalmente recomenda-se a utilização de uma lima 10K, pré-curvada que apresente um diâmetro compatível com o do FA.<sup>28</sup> No entanto, na literatura não existe ainda conformidade de opiniões relativamente a este assunto. Nos dentes com rizogénese incompleta ou reabsorção apical torna-se mais complicado precisar o comprimento de trabalho através do método eletrônico, demonstrando medidas inferiores à realidade. Desta forma aconselha-se limas com o diâmetro o mais próximo possível do diâmetro do foramen anatómico.<sup>62</sup> Também deve ser tido em conta o comprimento da lima, uma vez que a presilha conetora e o stop ocuparão alguns milímetros, pelo que são aconselhadas limas com comprimento claramente superior ao CT.<sup>28</sup>

A fiabilidade dos LEAs pode ser comprometida em situações em que exista comunicação do canal radicular com a gengiva uma vez que a saliva interrompe o circuito interferindo na propagação da corrente elétrica. O mesmo acontece no caso de fraturas radiculares, uma vez que o aparelho vai assumir o ponto da constrição apical quando a lima atingir a fratura.<sup>45</sup>

A utilização do LEA como alternativa absoluta ao método radiográfico pode apresentar outras limitações, no que se refere à percepção da anatomia dentária, nomeadamente pela falta de identificação de algum canal.<sup>72</sup> Embora os localizadores eletrónicos sejam fiáveis na determinação do CT, são sujeitos a erros na sua utilização e não fornecem qualquer informação sobre a morfologia canalar. Antes de se iniciar um tratamento endodôntico será necessário como mínimo, uma radiografia apical do dente a tratar, para avaliar a morfologia canalar e o status perirradicular.<sup>2</sup>

## Conclusão

A determinação exata do comprimento de trabalho é um dos parâmetros mais importantes para um tratamento endodôntico bem sucedido. O método radiográfico é o mais utilizado para esse fim, no entanto apresenta algumas limitações. Os localizadores eletrônicos apicais demonstraram ser capazes de determinar o comprimento de trabalho, com grande precisão. No processo de evolução, sucederam-se diferentes gerações de aparelhos de medição eletrônicos. As gerações atuais são de fácil manipulação mostrando rigor nas medições quando bem utilizados pelo operador.

Apesar disso o método eletrônico deve ser usado sempre em complementaridade com a radiografia periapical. A radiografia pré-operatória é essencial em endodontia fornecendo informação acerca da anatomia do sistema de canais radiculares, o número e a curvatura das raízes, a presença ou ausência de patologia perirradicular. Os LEA permitem assim o número de radiografias necessárias, reduzindo a exposição à radiação ionizante. São ainda úteis na identificação de outras situações como reabsorções ou fraturas radiculares, ou ainda na identificação do CT, em casos de sobreposições ósseas ou de dificuldades inerentes ao paciente, na realização do exame radiográfico.

## Referências Bibliográficas

1. Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J* 1998;31:394-409.
2. Gordon MP, Chandler NP. Electronic apex locators. *Int Endod J* 2004;37:425-37.
3. Glossary of endodontic terms. 7. ed. Chicago: American Association of Endodontists; 2003.
4. Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. *Int Endod J*. 1998;31:384-93.
5. Stoll R, Betke K, Stachniss V. The influence of different factors on the success of root canal fillings – a ten-year retrospective study. *J Endod. J Endod.* 2005; 31:783-90.
6. L. Ng, N Mann, K. Gulabivala. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 2011; 44: 583-609.
7. Ingle JI. Endodontic instruments and instrumentation. *Dent Clin N Amer.* 1957;805:22.
8. Paiva JG, Antoniazzi JH. *Endodontia: bases para prática clínica.* 2. ed. São Paulo: Artes Médicas; 1984.
9. Martos J, Ferrer-Luque CM, González-Rodríguez MP, Castro LA. Topographical evaluation of the major apical forâmen in permanent human teeth. *Int Endod J* 2009;4:329-34.
10. Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomaticarch interference with correct radiographic diagnosis in maxilar molar endoontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50:563-6.
11. Cox Vs, Brown CE Jr. Bricken SI, Newton CW. Radiographic intrepertation of endodontic file lengh. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991, 72:340-4.
12. Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod* 1996;22:173-176.
13. Fouad AF, Reid LC. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. *J Endod* 2000; 26: 36-47.
14. Custer L. Exact methods of locating the apical foramen. *J Natl Dent Assoc* 1918;5:8159.
15. Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Jpn Stomatol* 1942;16:41129.
16. Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962;41:37587.

17. Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. *J Endod* 1994;20:111-114.
18. Kaufman AY, Keila S, Yoshpe M. Accuracy of a new apex locator: an in-vitro study. *Int Endod J.* 2002 Feb;39(2):186-92.
19. Fouad AF, Rivera EM, Krell KV. Accuracy of the Endex with variations in canal irrigants and foramen size. *J Endod.* 1993 Feb;19(2):63-7.
20. Frank AL, Torbinejad M. An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. *J Endod.* 1993 Apr;19(4):177-9.
21. Mayeda DL, Simon JH, Aimar DF, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod.* 1993 Nov;19(11):545-8.
22. Martins JNR, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod* 2014; 40: 759-777.
23. Pécora JD, SOuza Neto MD, Silva RG, Revisão da anatomia interna dos dentes humans. Disponível em: <http://www.odontologia.com.br/artigos.asp?id=54>.
24. Machado MEL, Souza C, Pallotta A. Anatomia apical o odontometria In: *Endodontia da biologia à técnica*.1 ed. Ed. Santos: São Paulo, 2007.
25. Carvalho A et al. Manual do endodontista. 1 ed. Ed. Santos: São Paulo, 2005.) (DE DEUS, Q. D. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary and, accessory canals. *Journal of Endodontics* 1, p.361-366, 1975.
26. Ramos, C.A.S.; Bramante, C.M. *Endodontia: fundamentos biológicos e clínicos*. 2. ed. São Paulo: Santos Livraria, 2001.
27. Giusti, E. C.; Fernandes, K. P. S.; Lage-Marques, J. L. Medidas eletrônica e radiográfica digital na odontometria: análise in vivo. *RGO*, v. 55, n. 3, p. 239-46, jul./set. 2007.
28. Lopes, H. P., Siqueira JR., J. F. *Endodontia: biologia e técnica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2010
29. Ricuccil, D., Langeland, K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation. *Int. Endod. J.* 1998; 31: 394-409.
30. Baugh, D., Wallace, J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A review of the literature. *J. Endod.* 2005; 31: 333-40.

31. Silva, T.M., Alves, F.R.F. Apex locators in determining the working length: the evolution through the generations; Rev. bras. Odontol. 2011; Rio de Janeiro, v. 68, n. 2, p. 180-5.
32. Kuttler, Y. Microscopic investigation of root apexes. J. Am. Dent. Assoc. 1995; 50: 544-52.
33. Dummer P.M.H, McGinn J.H, Rees D.G. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endodon J 1984; 17: 192- 198.
34. Chapman, C. E. A microscopic study of the apical region of human anterior teeth. J. Br. Endodont. Soc. 1969; 3: 52-8.
35. Stein TJ, Corcoran JF. Anatomy of the root apex and its histologic changes with age. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1990; 69: 238- 242.
36. Burch, J. G., Hulen, S. The relationship of the apical forâmen to the anatomic apex of the tooth root. Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. 1972; 34: 356-8.
37. Imura N, Zuolo ML. Endodontia para o clínico geral. EAP. APCD Artes Médicas- Divisão Odontológica. 1998. pag. 27-30.
38. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. Int Endod J, 39, 921-930, 2006.
39. Walton, Torabinejad. Endodontics - Principles and Practice, 3a ed. 2002.
40. *Leite, D. T. Acurácia e repetibilidade do Root ZX-II em localizar perfurações radiculares. 2010.*
41. Bravo RM. Localizadores de ápices : últimas generaciones. Gaceta Dental 2001 ; 119 :64- 69.
42. Berger, C.R; Cols. Endodontia Clínica. São Paulo: Pancast Editora, 2002.
43. Teles, A. C. M. M. (2002). Estudo Comparativo da capacidade de selamento de três técnicas de obturação de canais radiculares. Tese de Dissertação de Mestrado, Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto.
44. Ebrahim, A.K, Wadachi, R., Suda, H. Electronic Apex Locators —A Review; J Med Dent Sci 2007; 54: 125–136.
45. Melo G.M.S, Lima G.A. How to determinate the constriction of root canal; Int J Dent, Recife, 7(1): 40-49, jan./mar., 2008.
46. Soares IJ, Goldberg F. Endodontia- Técnica e Fundamentos. ARTMED Editora Lda 2001. Cap.7 Preparo do canal radicular Pag. 103- 154.

47. Candeiro ,G.T.M., Bringel ,A.S.F., Vale ,I.S., Digital radiology: a literature review. Revista Odontológica de Araçatuba, v.30, n.2, p. 38-44, Julho/Dezembro, 2009
48. Gluskin AH, Brown DC, Buchanan LS. A reconstructed computerized tomography comparison of Ni-Ti rotary GT files versus traditional instruments in canals shaped by novice operators. Int Endod J 2001;34:476-484.
49. Ball L R, Barbizan JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. J Endod 2013; 39: 548-557.
50. European Society of Endodontology position statement: The use of CBCT in Endodontics. Int Endod J 47, 502-504, 2014.
51. Beatty RG, Aurelio JA. Electronic root canal length measuring devices: Review of the literature and clinical observations. Florida Dental J; 56(1): 21-23.
52. Abbott PV. Clinical evaluation of an electronic root canal measuring device. Aust Dent J 1987; 32(1):17-21.
53. Senior, S.S., Mohan, S., Kaur, V.V.P. Electronic Apex Locators. Journal of Dental Sciences & Oral Rehabilitation, 2013.
54. A comparison between two electronic apex locators: an vivo investigation; Venturi, M., Breschi, L.. International Endodontic Journal, 38, 36-45, 2005
55. Pereira K.F.S, Silva P.G., Vicente F.S, Arashiro F.N..Coldebella C.R, Ramos C.A.S., Anin vitro study of working length determination with a new apex locator. Brazilian Dental Journal, 2014, 25 (1):17-21.
56. Effectiveness of an electronic apex locator used after preflaring of cervical and middle third; J.M. S. Teixeira, M.B. Barcellos, M.A.B. Pinho, C. A. ;. Barbosa; R. A. S. Fidel; S.R. Fidel; RSBO. 2012 Apr-Jun; 9(2): 158-62.
57. Ushiyama, J. New principle and method for measuring the root canal length. Journal of Endodontics, vol. 9, n. 3, p. 97-104, 1983.
58. Renner D, Barletta FB, Dotto RF, Dotto SR. Avaliação clínica do localizador apical eletrônico Novapex em dentes anteriores. Revista Odonto Ciência – Fac. Odonto/PUCRS. 2007;22(55):3-9.
59. Fonini, K. Os localizadores eletrônicos foraminais e sua precisão na determinação do CRT: revisão de literatura. 2008.



60. Barbosa , M. A. Odontometria eletrônica: uso de localizadores apicais na endodontia. 2009. 33 f. Monografia (graduação)- Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba, João pessoa, 2009
61. Machara, D.F., Silva ,P.G.,Barroso, R.M:G.,Pereira, K:F.S. Avaliação da precisão do localizador apical Novapex: estudo in vitro. Revista de Odontologia da UNESP. 2008; 37(1): 41-46.
62. Guimarães, B.M., Marcoano, M.A., Amoroso-Silva, P.A., Alcalde ,M.P.,Bramante, C.M., Duarte, A.A.H. The use of apex locator in endodontics: a literature review. Ver. Odontol Bras Central 2014.
63. Milletic,V., K. Ivanovic, B., Ivanovic, V. Clinical reproducibility of three electronic apex locaters. International Endodontic Journal, 44, 769-776, 2011.
64. Wrbas, K.T Ziegler, A.A., Altenburger, M.J., Schirrmeister, J.F. In vivo comparison of working length determination with two electronic apex locaters . International Endodontic Journal, 40, 133-138, 2007.
65. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locaters and direct digital radiography; Gonçalves Real et al; Oral Surg Orl Med Oral Pathol Orl Radiol Endod 2011; 111:e44-e49.
66. Dimitrov, S., Roshkev,D. Six generation adaptative apex locator. Journal of IMBA, Annual Proceeding (Scientific papers) , 2009, book 2.
67. Duh, B. In vitro evaluation of the accuracy of Root ZX series electronic apex locaters. J. Dent. Sci. 2009; 4: 75-80.
68. Altunbas, D., Kustarcr, A., Arslan,D., Er, k. In vitro comparison of four different electronic apex locaters to determinate the major foramen using the clearing technique. Nigerian Journal of Clinical Practice, Nov-Dec, 2014, vol 17
69. Klasener, M. Comparação de dois localizadores apicais eletrônicos de determinar o limite apical da instrumentação endodôntica: estudo ex vivo. 2012. 58 f. Monografia (graduação em odontologia)- Departamento de odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012
70. .Pereira, K.F.S. , Silva, P.G. , Vicente F.S., Arashiro, F.N. , Coldebella, C.R.,Ramos, C.A.S.. Anin vitro study of working length determination with a new apex locator .Brazilian Dental Journal. 2014, 25 (1):17-21.
71. Nazarimoghadam, K., Labaf, H. Evaluation oh two Electronic Apex-Locator-Controlled Handpieces Using a NiTi Rotary File: An In Vitro study Journal od Dentistry, 2013; Vol.10, No.6
72. Alonzo-Ezpelota O, Martin-Gonzalez J, Martin-Jiménez M, Segura-Egea JJ. Endodontic treatment failure consecutive to unsystematic radiographic examination. Oral health Dent Manag. 2013, 1284): 300-4.

# **ANEXOS**

# **ANEXO 1**

Declaração de autoria do trabalho apresentado

# DECLARAÇÃO

## Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica

Declaro que o presente trabalho, no âmbito da Monografia de Investigação/Relatório de Atividade Clínica, integrado no MIMD, da FMDUP, é da minha autoria e todas as fontes foram devidamente referenciadas.

Porto, 28 de Maio de 2015



---

Juliana Mireie Martins Loureiro



## **ANEXO 2**

Parecer do Orientador para entrega definitiva do trabalho  
apresentado


## PARECER

### (Entrega do trabalho final de Monografia)

Informo que o trabalho de Monografia desenvolvido pela estudante Juliana Mireie Martins Loureiro com o título: “Localizadores Eletrônicos Apicais”, está de acordo com as regras estipuladas na FMDUP, foi por mim conferido e encontra-se em condições de ser apresentado em provas públicas.

Porto, 28 de Maio de 2015

A Orientadora



Irene Graça Azevedo Pina Vaz

Professora Associada com Agregação da FMDUP