

## AVALIAÇÃO IN VITRO DA PRECISÃO DO MOTOR ENDODÔNTICO E-CONNECT S

*IN VITRO EVALUATION OF THE ACCURACY OF THE E-CONNECT S ENDODONTIC MOTOR*

Karine Santos FRASQUETTI<sup>1</sup>

Jéssica Aparecida PRANDEL<sup>2</sup>

Priscila Correia CORDEIRO<sup>2</sup>

Hayla Dias FERNANDES<sup>2</sup>

Fernando Anunziato Ogg de Salles SANTOS<sup>3</sup>

Sergio Herrero de MORAES<sup>4</sup>

Alessandra Timponi Goes CRUZ\*<sup>5</sup>

### RESUMO

**Introdução:** As corretas determinação e manutenção do comprimento de trabalho (CT) são fundamentais para o sucesso no tratamento endodôntico. Alguns motores endodônticos apresentam localizador foraminal eletrônico (LFE) integrado, com a proposta de aliar as duas tecnologias para controlar melhor o comprimento de trabalho durante o preparo do canal radicular. **Objetivo:** avaliar, in vitro, a precisão do motor endodôntico E-Connect S (MK Life) na determinação do comprimento real do canal radicular, assim como sua eficácia em manter o comprimento de trabalho adequado durante a instrumentação, utilizando a função de controle apical *Slow Down*, comparando seus resultados com o controle visual realizado pelo operador. **Material e Métodos:** Foram utilizados 32 pré-molares inferiores unirradiculados humanos extraídos. O motor foi testado em sua função LFE. Após, os espécimes foram divididos em dois grupos e instrumentados utilizando o sistema ProTaper Universal (Dentsply/Sirona) até o instrumento F3. No primeiro grupo, a instrumentação foi realizada utilizando a função “*Slow Down*” e no segundo, controlando visualmente o comprimento de trabalho previamente determinado. Foi empregado modelo de alginato para obtenção das medidas eletrônicas. Os dados foram submetidos à análise estatística. **Resultados:** Não houve diferença estatisticamente significativa entre o controle de CT visual e pelo motor, bem como entre o comprimento real do dente e a medida obtida por meio do LFE ( $p > 0,5$ ). Além disso, o motor manteve um CT aceitável em 93,8% dos canais. **Considerações finais:** O motor testado se mostrou preciso, tanto na função LFE isolada, quanto na capacidade de manter o CT adequado com a função apical testada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Endodontia; Preparo do canal radicular; Aparelhos.

### ABSTRACT

**Introduction:** The correct determination and maintenance of the working length (WL) are crucial for the success of endodontic treatment. Some endodontic motors feature an integrated electronic foraminal locator (EFL), combining both technologies to better control the working length during root canal preparation. **Objective:** The aim of this study was to evaluate, in vitro, the accuracy of the E-Connect S endodontic motor (MK Life) in determining the actual root canal length and its ability to maintain the proper WL during root canal instrumentation using an apical control function (*Slow Down*), comparing this function with visual control performed by the operator. **Materials and Methods:** Thirty-two extracted single-rooted lower

<sup>1</sup>Cirurgiã-dentista. Doutora em Odontologia pela PUC-PR. Docente do curso de Odontologia da Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Cirurgiã-dentista. Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>3</sup>Cirurgião-dentista. Mestre em Odontologia pela ILAPEO. Docente do Curso de Odontologia da Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>4</sup>Cirurgião-dentista. Doutor pela UNESP. Gestor Educacional Faculdade Herrero, Curitiba, Paraná, Brasil.

<sup>5</sup>Cirurgiã-dentista. Doutora em Endodontia pela PUC-PR. Docente da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil.

\*E-mail correspondência: [aletimponi@gmail.com](mailto:aletimponi@gmail.com)

premolars were used. The motor was tested in its EFL function. Afterward, the specimens were divided into two groups and instrumented using the ProTaper Universal (Dentsply/Sirona) up to the F3 instrument. In the first group, instrumentation was performed using the "Slow Down" function, and in the second, the working length was visually controlled by the operator. An alginate model was employed to obtain electronic measurements. The data were subjected to statistical analysis. **Results:** There was no statistically significant difference between visual WL control and the motor control, as well as between the actual tooth length and the measurement obtained through the EAL ( $p>0.5$ ). Additionally, the motor maintained an acceptable WL in 93.8% of the canals. **Final considerations:** The tested motor proved to be accurate both in its isolated EAL function and in its ability to maintain proper WL with the tested apical control function.

**KEYWORDS:** Endodontics; Root canal preparation; Devices.

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento endodôntico tem por objetivo a limpeza, desinfecção e modelagem do sistema de canais radiculares, promovendo condições para um selamento tridimensional adequado, por meio da obturação. Para que esses objetivos sejam alcançados com sucesso, é imprescindível a correta determinação do comprimento de trabalho (CT) a qual permitirá a realização do preparo químico-mecânico e obturação nas proximidades da constrição apical<sup>1-4</sup>.

Até o surgimento dos aparelhos localizadores foraminais eletrônicos (LFE), a determinação do CT era realizada apenas por meio de técnicas radiográficas, que utilizam o ápice anatômico como referência para a determinação do comprimento do canal. Entretanto, essas técnicas são limitadas, pois as radiografias podem sofrer distorções, além de serem imagens bidimensionais, onde a superimposição de estruturas anatômicas pode dificultar essa etapa do tratamento. Variações morfológicas como curvaturas radiculares e posição do forame apical podem influenciar de forma negativa na determinação do CT por meio de radiografias<sup>5,6</sup>.

Os aparelhos localizadores foraminais eletrônicos (LFEs) permitem a localização do forame apical, independentemente de sua posição, possibilitando o estabelecimento do CT de maneira mais precisa<sup>7-10</sup>. Esse método apresenta outras vantagens, quando comparado ao método radiográfico, como redução do desconforto do paciente, diminuição do tempo clínico e maior segurança, ao minimizar a exposição à radiação<sup>11</sup>.

A literatura mostra que durante o preparo do canal radicular, o comprimento de trabalho pode variar, exigindo, por vezes, múltiplas medições para garantir maior precisão. Para contornar essa limitação, alguns motores endodônticos, destinados a instrumentação do mecanizada dos canais, foram equipados com LFEs.<sup>1,5,12</sup>. A proposta desses aparelhos é, além de aliar em um único dispositivo as duas tecnologias, LFE e motor endodôntico, controlar eletronicamente o comprimento de trabalho durante toda a instrumentação do canal. O *E-Connect S* (MK Life Produtos Médicos e

Odontológicos, Porto Alegre, Brasil) é um motor endodôntico sem fio que apresenta as funções rotatória e reciprocante, pode ser usado como localizador apical independente, ou no controle do comprimento de trabalho durante o preparo do canal, sendo possível programar a distância do forame apical em que o preparo será realizado. Nessa função, o motor apresenta três modos de operação ao atingir o CT programado: *Reverse*, *Slow Down* e *Stop*<sup>13</sup>. Entretanto, a precisão do dispositivo é imprescindível, tanto na determinação, quanto na manutenção do CT durante a instrumentação. Até o momento, que seja do conhecimento dos autores, não há na literatura estudos demonstrando a precisão do motor *E-Connect S* em manter o comprimento de trabalho quando utilizada a função apical *Slow Down*.

Este estudo teve como objetivo avaliar, *in vitro*, a precisão do motor endodôntico *E-Connect S* na determinação do comprimento real do canal radicular, assim como sua eficácia em manter o comprimento de trabalho adequado durante a instrumentação, utilizando a função de controle apical *Slow Down*, comparando seus resultados com o controle visual realizado pelo operador.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo foram selecionados, inicialmente, 40 pré-molares inferiores unirradiculados, provenientes do Banco de Dentes da UFPR, após aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade Herrero (protocolo: 6.244.284). Os dentes foram submetidos ao exame de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC Tomógrafo Scanora 3D Soredex -). Selecionou-se pré-molares inferiores apresentando raiz única, um canal radicular, formação radicular completa, forame em posição axial, sem presença de fraturas, cáries, reabsorções, ou tratamento endodôntico. Foram excluídos os dentes apresentando mais de um canal, forame principal lateralizado, fraturas, cáries, rizogênese incompleta, reabsorções, ou tratamento endodôntico prévio. Após a exclusão, apenas 32 dentes foram mantidos para o estudo.

### 2.1 PREPARO DOS ESPÉCIMES:

Os espécimes foram armazenados em 0,1% solução de timol até o início do experimento, a fim de evitar desidratação. As coroas dentais foram cortadas com um disco diamantado e o tamanho dos dentes foi padronizado em aproximadamente 18mm, utilizando um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm (Mitutoyo, Digimatic, Suzano, Brasil). Em seguida, foi realizada a exploração e patência dos canais radiculares, com lima *K-File* nº15, para identificar e confirmar a presença de

canal único e forame axial. O preparo do terço cervical foi realizado, empregando instrumento SX do sistema *Protaper Universal* (Dentsply/Sirona, Ballaigues, Suíça) e hipoclorito de sódio 2,5%, como solução irrigadora.

O estabelecimento do comprimento real do dente (CRD) foi realizado sob magnificação com auxílio de microscópio operatório clínico (Alliance, São Carlos, Brasil) em aumento de 10x. Uma lima Tipo *K-File* nº15 foi inserida no canal até a ponta do instrumento alcançar a porção mais cervical do forame apical. Nesse momento, o cursor de silicone foi ajustado no ponto de referência da borda coronal, marcado com marcador permanente, e a distância entre o cursor de silicone e a ponta da lima foi medida com o paquímetro digital. Essa medida foi repetida duas vezes.

Posteriormente, os dentes foram fixados, aleatoriamente, em uma caixa acrílica retangular com orifícios que posicionavam os elementos no nível da junção cimento-esmalte (JCE) e um dos orifícios fixava a alça labial do motor. As raízes ficaram imersas no alginato (Avagel, Dentsply-Sirona, Pirassununga, Brasil) para simular os tecidos periodontais ao redor dos dentes e permitir a leitura pelo localizador apical eletrônico.

## 2.2 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO “LFE” DO MOTOR

Para as medidas eletrônicas, foi utilizado o motor E-Connect S. A alça labial foi imersa no alginato e os canais radiculares foram preenchidos com hipoclorito de sódio 2,5%. Uma lima Tipo *K-File* nº15 foi inserida no canal e o conector para lima do LFE acoplado ao seu intermediário. Durante o avanço do instrumento em direção apical, assim que o monitor sinalizasse a marca “0,0” e estabilizasse por 5 segundos nesse ponto, o cursor era ajustado na borda de referência e essa medida registrada. Denominou-se essa medida de “CRD/ LFE”.

## 2.3 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO DE CONTROLE APICAL “SLOW-DOWN” DO MOTOR

Após a determinação do CRD e do CRD/LFE, os espécimes foram divididos em dois grupos:

### **Grupo 1 - Controle Visual**

Nesse grupo, o comprimento de trabalho dos 16 espécimes foi estabelecido diminuindo 0,5mm do CRD. Essa medida foi transferida para os instrumentos com auxílio de um cursor e de uma régua endodôntica. Os canais foram preparados com Sistema *Protaper Universal* até o instrumento F3, controlando o comprimento de trabalho de forma visual, baseando-se na borda de referência pré-

estabelecida. Após o uso de cada instrumento foi realizada irrigação do canal com hipoclorito de sódio 2,5% e a patência verificada com uma lima *K-File* nº15.

### **Grupo 2 – Controle pela Função Apical “*Slow Down*”**

O motor testado apresenta uma função de controle apical denominada “*Slow Down*”, na qual o instrumento diminui a rotação quando se aproxima do comprimento de trabalho pré-estabelecido e inverte a rotação ao atingir a medida programada. Os dentes foram preparados utilizando essa função de controle apical que foi ajustada para a marca “0.5”. Utilizando instrumentos Sistema *Protaper* Universal até o instrumento F3, todos sem cursor de silicone. Todos os instrumentos utilizados até o limite apical ser atingido e o aparelho ativar a desaceleração da rotação seguida de auto reverso. Após o uso de cada instrumento foi realizada irrigação do canal com hipoclorito de sódio 2,5% e a patência verificada com uma lima *K-File* nº15.

Para os dois grupos, a irrigação final foi realizada com 5 ml de EDTA a 17%, agitado com ponta *Easy Clean* (Easy, Jardinópolis, Brasil), seguida de 5 ml hipoclorito de sódio 2,5%. Os canais foram secos com *Capillary Tip* (Ultradent, Indaiatuba, Brasil). O último instrumento utilizado (F3) foi introduzido manualmente no canal, até atingir o limite apical do preparo, e o cursor do instrumento ajustado ao ponto de referência. A medida entre a ponta do instrumento e o cursor foi registrada como comprimento de trabalho para cada grupo. Os dados foram compilados e submetidos a análise estatística, realizada usando SPSS 25.0 *Statistics* (IBM Co., Armonk, NY, EUA). Os dados de comprimento real do dente (CRD) e a medida obtida no LFE na marca “0.0” (CRD/LFE), foram analisados estatisticamente com significância de 5%.

A diferença entre a medida CT *Slow Down* ou visual e a medida real do dente (F3-CRD) foi calculada, os valores foram definidos como negativos quando a medida de instrumentação foi menor que o comprimento real do dente, e positivos, quando a medida de instrumentação foi maior que a medida real.

## **3 RESULTADOS**

### **3.1 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO “LFE” DO MOTOR**

A análise dos dados mostrou distribuição normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov. O nível de significância foi estabelecido em 5%. O teste de homogeneidade de variância de Levene provou ser uma amostra homogênea ( $p = 0,73$ ).

O teste ANOVA demonstrou não haver diferença entre CRD e CRD/LFE ( $p = 0.111$ ). Os valores estão expressos na tabela 1.

**Tabela 1.** Dados descritivos de média e desvio padrão das medidas CRD e CRD/LFE.

	<b>n</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>
CRD	32	18,17 <sup>a</sup>	0,94
CRD/LFE	32	18,18 <sup>a</sup>	0,94

Legenda: Diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Fonte: Os Autores, 2025.

### 3.2 AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO DE CONTROLE APICAL “SLOW DOWN” DO MOTOR E CONTROLE VISUAL

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi utilizado para avaliar a distribuição dos dados. O grupo controle visual não obteve distribuição normal, sendo aplicado o teste não paramétrico U de Mann-Whitney, que indicou não existir diferença no valor médio ou mediano da variável F3-CRD entre os dois grupos ( $p=0,67$ ). Esses valores estão descritos na tabela 2.

**Tabela 2.** Dados descritivos para diferença entre medida de comprimento de trabalho obtida nos dois tipos de controle e o comprimento real do dente (F3 – CRD) em mm.

	<b>n</b>	<b>Média (mm)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Mediana</b>
Controle Visual	16	-0,53 <sup>a</sup>	0,55	-0,70
Controle <i>Slow Down</i>	16	-0,57 <sup>a</sup>	0,35	-0,61

Legenda: Diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Fonte: Os Autores, 2025.

Após as análises quantitativas, foi transformada uma variável categórica quantitativa em qualitativa, para saber se dentro dos intervalos houve uma proporção de casos maiores em Controle Visual do que no Controle *Slow-Down*, classificados em aceitável (de -1,0 a 0,0), sobreinstrumentado (maior que 0,1) e subinstrumentado (menor que -1,1), onde constatou-se que não houve diferença entre os grupos. O teste do qui-quadrado foi utilizado para comparar as distribuições das medidas entre os grupos (tabela 3).

**Tabela 3.** Distribuição dos valores (F3 – CRD), em mm, segundo a classificação qualitativa.

<b>F3-CRD (mm)</b>	<b>Controle Visual</b>		<b>Controle <i>Slow Down</i></b>	
	<b>n</b>	<b>%</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Menor que -1,51(subinstrumentado)	0	0,0 <sup>a</sup>	0	0,0 <sup>a</sup>
Entre -1,51 e -1,1 (subinstrumentado)	2	12,5 <sup>a</sup>	1	6,3 <sup>a</sup>
Entre -1,0 e -0,51 (aceitável)	10	62,5 <sup>a</sup>	10	62,5 <sup>a</sup>
Entre -0,50 e 0,0 (aceitável)	3	18,8 <sup>a</sup>	4	25 <sup>a</sup>
Entre 0,01 e 0,50 (sobreinstrumentado)	0	0,0 <sup>a</sup>	1	6,3 <sup>a</sup>
Entre 0,51 e 1,0 (sobreinstrumentado)	1	6,3 <sup>a</sup>	0	0 <sup>a</sup>

Legenda: Diferentes letras sobrescritas na mesma coluna indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Fonte: Os Autores, 2025.

#### 4 DISCUSSÃO

A determinação do comprimento de trabalho (CT) pelo método radiográfico apresenta um risco de sobreinstrumentação maior do que o esperado, especialmente em pré-molares e molares, podendo resultar em mais de 50% dos casos de sobreinstrumentação em pré-molares<sup>14</sup>. Associação Americana de Endodontia (AAE) estabelece, entre os padrões mínimos de prática para o tratamento endodôntico, a habilidade do dentista em não só determinar corretamente, mas manter o comprimento de trabalho (CT). Para isso, a AAE recomenda o uso do localizador foraminal eletrônico (LFE), em conjunto com uma radiografia de confirmação<sup>15</sup>.

Para a realização deste experimento, os espécimes foram montados em uma caixa acrílica, para estabilização, preenchida com alginato por ser considerado um meio eletrocondutor adequado, além simular o ligamento periodontal<sup>16-18</sup>. Além disso, a fim de diminuir as variáveis que possam influenciar nos resultados, o tamanho dos espécimes foi padronizado e a porção cervical do canal preparada, com instrumento SX, previamente às medidas<sup>16,19</sup>.

Existe um consenso de que o término do preparo do canal radicular deve ser estabelecido próximo à constrição apical, por ser uma região de menor diâmetro, onde não há divergência entre as paredes dentinárias<sup>20</sup>. A distância da constrição apical ao forame é variável entre diferentes grupos dentais. ElAyuti et al.<sup>9</sup> observou uma distância variando entre 0,2 e 0,6 mm entre essas estruturas nos molares.

Assim como a maioria dos localizadores foraminais eletrônicos disponíveis no mercado, o LFE do motor testado demonstrou precisão na determinação do comprimento real do dente, utilizando a marca '0.0' para as medições, que indica a chegada do instrumento ao forame apical<sup>21-23</sup>. Esses resultados estão de acordo com Bailey et al.<sup>19</sup> que avaliaram a precisão deste aparelho, comparando com LFE acoplado ao Root ZX. II. Outras marcações no aparelho, que não a "0.0", são consideradas arbitrárias e apenas indicam que o instrumento ainda não alcançou o forame. Rotineiramente, se utiliza o LFE na marca "0.0", e se estabelece o CT, diminuindo de 0,5 a 1mm desse comprimento<sup>17</sup>. Um estudo que avaliou o uso de dois LFEs na marca "0.5" demonstrou que as medidas nessa marca são menores que as medidas obtidas em "0.0", ficando a ponta do instrumento em torno de 0,1 a 0,2 mm aquém do forame<sup>24</sup>. Esses resultados concordam com os obtidos por Jung et al.<sup>25</sup> que observou distâncias de 0,26 mm e 0,29mm para os localizadores *RootZX* e *iRoot*, respectivamente. É importante observar que ainda que não corresponda a 0,5mm, os aparelhos LFEs de uma forma geral, mantem o instrumento aquém do forame apical.

Após a determinação do comprimento de trabalho inicial, esse pode variar durante a instrumentação dos canais. Portanto a possibilidade de controlar o CT durante toda a instrumentação é um recurso valioso. A suavização de curvaturas durante a instrumentação pode levar a uma diminuição do CT<sup>12,26</sup>. Diante desse contexto, há uma preocupação com a capacidade dos motores equipados com LFEs de manter o instrumento dentro do canal radicular durante a instrumentação, especialmente quando o motor está programado para finalizar o preparo em “0.5”, independentemente da função apical. Além disso, é fundamental que a leitura realizada pelo dispositivo durante a instrumentação seja suficientemente rápida para evitar a sobreinstrumentação.

Em um estudo utilizando dois motores (MM *Control* e *Root ZX II*) programados em “0.5” 83,3% e 77,8%, respectivamente, das medidas foram consideradas aceitáveis, ou seja, o preparo foi realizado de -1mm a 0mm do forame apical. Nesse caso, a função de controle apical utilizada foi o AAR (*Auto Apical Reverse*) que inverte a rotação quando o instrumento atinge o limite apical estabelecido<sup>16</sup>. Já Klemz et al.<sup>27</sup> avaliaram algumas combinações de movimentos e controles apicais do motor TriAuto ZX II, e compararam com o controle visual. O AAR desse motor se mostrou preciso em manter um CT adequado, não havendo nenhum caso de sobreinstrumentação. Esse controle não diferiu estatisticamente do controle visual, embora esse tenha gerado duas sobreinstrumentações. Os autores destacam que o controle visual resultou em preparos mais próximos do forame apical e apresentou um desvio-padrão maior que os outros grupos. Isso também foi observado no presente estudo quando utilizado essa forma de controle do CT. Justifica-se que os instrumentos nesse grupo foram calibrados utilizando uma régua endodôntica, com marcações de intervalo de 0,5mm. Além disso, é preciso levar em consideração a possível movimentação dos cursores durante o preparo e a proximidade entre a borda de referência estabelecida e o trajeto/inclinação do instrumento enquanto em movimento<sup>27,28</sup>.

Ao utilizar a função *Slow Down*, o controle do CT é dado apenas pelo motor que ao atingir a marca programada (0.5) diminui a rotação. O motor se mostrou preciso em manter o CT adequado, gerando apenas um caso de sobreinstrumentação, que ocorreu também no controle visual. Não existem muitos estudos testando esse motor e nenhum, que seja de conhecimento dos autores, testando essa função apical. Bailey et al.<sup>19</sup> testaram a função AAS (*Automatic Apical Stop*) do motor, mas programada no “0.0”, obtendo medidas que não diferiram do comprimento real do dente.

É preciso destacar que, por ser *in vitro*, esse estudo tem suas limitações e seus resultados devem ser considerados com cautela e não devem ser a única fonte para basear decisões clínicas. Fatores como diâmetro, forma e posição da constrição apical podem influenciar nas medidas eletrônicas, sendo uma variável a se considerar em estudos que utilizam dentes naturais como esse<sup>24</sup>. Contudo, novos dispositivos devem ser testados *in vitro*, seja em dentes naturais, ou dentes

padronizados, pela possibilidade de prover um ambiente controlado para a pesquisa. Sugere-se que o dispositivo seja testado em suas outras funções de controle apical, comparando com a testada, e em outros grupos dentais, variando anatomia, especialmente diferentes configurações apicais. Também é importante que o motor seja testado *in vivo* para que se possa comprovar a aplicabilidade clínicas dos resultados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as limitações do estudo, o motor testado se mostrou preciso em determinar o comprimento real do dente e em manter um comprimento de trabalho adequado durante a instrumentação utilizando a função de controle apical *Slow Down* programada em “0.5”, não diferindo de uma instrumentação realizada por meio da determinação inicial do CT, seguida do controle visual desse, por meio do uso de cursores de borracha acoplados ao instrumento.

## REFERÊNCIAS

1. Abdelsalam N, Hashem N. Impact of Apical Patency on Accuracy of Electronic Apex Locators: In Vitro Study. *J Endod.* 2020 Apr;46(4):509-514. DOI: 10.1016/j.joen.2020.01.010.
2. American association of endodontists. Glossary of Endodontic Terms.9th ed. Chicago. American Association of Endodontists. 2016.
3. Tselnik M, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of root ZX and elements diagnostic apex locators. *J Endod.* 2005 Jul;31(7):507-9. DOI: 10.1097/01.don.0000152295.05827.80..
4. ElAyouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, von Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. *J Endod.* 2009 Feb;35(2):179-81. DOI: 10.1016/j.joen.2008.10.017.
5. Piasecki L, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VP, Fiorentin MA, da Silva Neto UX. Accuracy of Root ZX II in locating foramen in teeth with apical periodontitis: an in vivo study. *J Endod.* 2011 Sep;37(9):1213-6. DOI: 10.1016/j.joen.2011.06.006.
6. Altenburger MJ, Cenik Y, Schirrmeister JF, Wrbas KT, Hellwig E. Combination of apex locator and endodontic motor for continuous length control during root canal treatment. *Int Endod J.* 2009 Apr;42(4):368-74. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2008.01535.x.
7. Martins JN, Marques D, Mata A, Caramês J. Clinical efficacy of electronic apex locators: systematic review. *J Endod.* 2014 Jun;40(6):759-77. DOI: 10.1016/j.joen.2014.03.011.
8. Silveira MPC. Precisão das funções de mensuração de diferentes localizadores apicais integrados a novos motores endodônticos.[dissertação] Florianópolis: Centro de Ciências da Saúde-Departamento de Odontologia: Universidade de Santa Catarina; 2021. 68p.

9. ElAyouti A, Hülber-J M, Judenhofer MS, Connert T, Mannheim JG, Löst C, Pichler BJ, von Ohle C. Apical constriction: location and dimensions in molars-a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2014 Aug;40(8):1095-9. DOI: 10.1016/j.joen.2013.12.002.
10. Fadel G, Piasecki L, Westphalen VP, Silva Neto UX, Fariniuk LF, Carneiro E. An in vivo evaluation of the auto apical reverse function of the Root ZX II. *Int Endod J.* 2012 Oct;45(10):950-4. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2012.02054.x.
11. Alves AM, Felipe MC, Felipe WT, Rocha MJ. Ex vivo evaluation of the capacity of the Tri Auto ZX to locate the apical foramen during root canal retreatment. *Int Endod J.* 2005 Oct;38(10):718-24. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2005.01007.x.
12. Furtado JC, Feiosa APOP, Vivacqua-Gomes N, Bernardes RA, Vivan RR, Duarte MAH, Vasconcelos BC. Root canal length changes during mechanical preparation due to different cervical enlargement patterns. *Braz Oral Res.* 2022 Jun 10;36:e080. DOI: 10.1590/1807-3107bor-2022.vol36.0080.
13. Motor endodôntico com localizador apical E-connect S [manual de instruções]. Porto Alegre: MK life corp; 2021.
14. ElAyouti A, Weiger R, Löst C. Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *J Endod.* 2001 Jan;27(1):49-52. DOI: 10.1097/00004770-200101000-00018.
15. American association of endodontists. Treatment Standards: Executive Summary. Chicago. American Association of Endodontists. 2019.
16. Cruz ATG, Wichnieski C, Carneiro E, da Silva Neto UX, Gambarini G, Piasecki L. Accuracy of 2 Endodontic Rotary Motors with Integrated Apex Locator. *J Endod.* 2017 Oct;43(10):1716-1719. DOI: 10.1016/j.joen.2017.05.012.
17. Vasconcelos BC, Frota LMA, Bernardes RA. Electronic foramen locators: when and how to use them. *Dental Press Endod.* 2020;10(1):12-19.
18. Chen E, Kaing S, Mohan H, Ting SY, Wu J, Parashos P. An ex vivo comparison of electronic apex locator teaching models. *J Endod.* 2011 Aug;37(8):1147-51. DOI:10.1016/j.joen.2011.03.032.
19. Bailey D, Anderson R, Brady K, Kwon P, Browne D, Amaral RR. An Ex-Vivo Study Comparing the Accuracy of the E-Connect S+ and Morita Tri Auto ZX2+ Endodontic Handpieces in Root Canal Length Determination. *J Endod.* 2024 Jul;50(7):1004-1010. DOI: 10.1016/j.joen.2024.04.007.
20. Gambarini G, Krastl G, Chaniotis A, ElAyouti A, Franco V. Clinical challenges and current trends in access cavity design and working length determination: First European Society of Endodontology (ESE) clinical meeting: ACTA, Amsterdam, The Netherlands, 27th October 2018. *Int Endod J.* 2019 Apr;52(4):397-399. DOI: 10.1111/iej.13074.
21. Pedrozo RV, Martins JP, Klemz AA, Frassetto KS, Wichnieski C, Cruz ATG. Análise comparativa da precisão de dois localizadores apicais eletrônicos: RootZX e Finepex. *RGS.* 2023;25(1):155-160.
22. Benvegnú CB, Pelepenko LE, Vanni JR, Fornari VJ, Hartmann MSM. Comparação da acuracidade de localizadores eletrônicos foraminais. *Full Dent.Sci.*2019;10(40):123-127. DOI: 10.24077/2019;1040-123127
23. Piasecki L, Carneiro E, da Silva Neto UX, Westphalen VP, Brandão CG, Gambarini G, Azim AA. The Use of Micro-Computed Tomography to Determine the Accuracy of 2 Electronic Apex

Locators and Anatomic Variations Affecting Their Precision. *J Endod.* 2016 Aug;42(8):1263-7. DOI: 10.1016/j.joen.2016.04.024.

24. Nam J, Piasecki L, Kwak D, Hong JH, Jung IY, Park SH, Cho SY. Variations in the morphology of apical constriction affecting electronic readings: An in vitro investigation using 3D-printed tooth models. *Aust Endod J.* 2023 Sep;49 Suppl 1:245-252. DOI: 10.1111/aej.12724.

25. Jung IY, Yoon BH, Lee SJ, Lee SJ. Comparison of the reliability of "0.5" and "APEX" mark measurements in two frequency-based electronic apex locators. *J Endod.* 2011; 37(1):49-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.08.048>.

26. Vasconcelos BC, Bastos LM, Oliveira AS, Bernardes RA, Duarte MA, Vivacqua-Gomes N, Vivan RR. Changes in Root Canal Length Determined during Mechanical Preparation Stages and Their Relationship with the Accuracy of Root ZX II. *J Endod.* 2016 Nov;42(11):1683-1686. DOI: 10.1016/j.joen.2016.07.022.

27. Klemz AA, Cruz ATG, Piasecki L, Carneiro E, Westphalen VPD, da Silva Neto UX. Accuracy of electronic apical functions of a new integrated motor compared to the visual control of the working length-an ex vivo study. *Clin Oral Investig.* 2021 Jan;25(1):231-236. DOI: 10.1007/s00784-020-03357-7.

28. ElAyouti A, Löst C. A simple mounting model for consistent determination of the accuracy and repeatability of apex locators. *Int Endod J.* 2006 Feb;39(2):108-12. DOI: 10.1111/j.1365-2591.2006.01052.x.