

Avaliação da determinação do comprimento de trabalho recorrendo a 3 métodos distintos: localizador eletrónico apical, CBCT e radiografia digital com placas de fósforo.

Sofia Ferreira Dias

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 5 de setembro de 2022

Sofia Ferreira Dias

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina
Dentária (Ciclo Integrado)

Avaliação da determinação do comprimento de trabalho
recorrendo a 3 métodos distintos: localizador eletrónico apical,
CBCT e radiografia digital com placas de fósforo.

Trabalho realizado sob a Orientação de Prof. Doutor Pedro
Bernardino

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, **à minha família**, por entrarem comigo nesta aventura e por todos os esforços envolvidos para me conseguirem acompanhar ao longo desta caminhada, proporcionando-me sempre o melhor. Obrigada por todo o apoio, incentivo e por me recordarem sempre dos grandes pilares para o sucesso: esforço, trabalho e muita dedicação. Muito grata por me terem dado a oportunidade de concluir este sonho.

Ao Fil, pelas horas a fio a ouvir explicações de matérias sem se queixar, por ser a minha cobaia, por toda a paciência para as tempestades ao longo deste percurso, por me motivar a querer alcançar sempre mais e melhor, mas, sobretudo, por acreditar em mim como ninguém e por me lembrar todos os dias das minhas capacidades e do melhor que há em mim. Tenho muita sorte em ter-te ao meu lado. Obrigada por tudo.

À minha binómia, Mariana, perita em tecnologias, um obrigado gigante por estar sempre ao meu lado, por toda a motivação, entreatajuda e companheirismo que nos fez crescer e evoluir juntas, pela partilha de conhecimento e também de muitos momentos inesquecíveis que irei sempre recordar.

Às minhas colegas e amigas, Ana Manuel, Bruna, Inês, Ana Chico e Maria. Um enorme obrigada por tornarem esta jornada muito mais feliz. Sem dúvida das melhores pessoas que poderiam ter cruzado o meu caminho tanto a nível pessoal como profissional ao longo destes fantásticos 5 anos. Embarcamos agora juntas nesta nova viagem com a certeza de que a vida nos reservará muito sucesso e muitos momentos incríveis pela frente. Admiro-vos, adoro-vos e agradeço-vos por muito.

A **todos os meus amigos** da minha cidade de Braga, pelo apoio incondicional e por ansiarem tanto a finalização desta etapa, motivando-me à reta final.

À minha **colega de casa** e amiga, **Pinto**. Por todos os momentos vividos, pelo carinho, pela partilha de histórias e aventuras sem fim. Obrigada por acreditares sempre em mim e por toda a força que me deste ao longo desta jornada.

Aproveito para agradecer ao corpo docente, a todos os professores e colaboradores do IUCS.

Um agradecimento especial **ao Professor António Ferraz**. Um elemento fundamental para a realização deste projeto, por toda a disposição e disponibilidade para me auxiliar no manuseamento do CBCT e no funcionamento do software. Muito obrigada por toda a generosidade.

E por fim, **ao meu orientador, Professor Doutor Pedro Bernardino**, um enorme obrigada pelo convite para abraçar este projeto, transmitindo-me sempre calma e segurança ao longo de todo o percurso. O maior exemplo de humildade, profissionalismo, compreensão e equilíbrio. Obrigada por toda a paciência e disponibilidade para me ajudar sempre que necessário. Foi um prazer enorme trabalhar com um ser humano tão inspirador, regido pela simplicidade e generosidade. Desejo-lhe as maiores felicidades do mundo.

“O caminho faz-se caminhando”,

já dizia alguém que guardo com muito carinho no meu coração.

Parece que chegou a hora de iniciar um novo caminho.

Resumo

Objetivo: O objetivo principal deste estudo foi avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas na determinação do comprimento de trabalho entre os diferentes métodos: localizador eletrónico apical, CBCT e radiografia digital com placas de fósforo.

Material e Métodos: Foi utilizada uma amostra homogénea de 60 dentes caninos hígidos, monorradiculares e de canal único e o comprimento de trabalho foi determinado através dos diferentes métodos utilizando como medida controlo o comprimento eletrónico. Foi determinado também o comprimento real do canal tornando possível a comparação dos três métodos em estudo com essa medida.

Resultados: Foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os três métodos nos intervalos 0 ($p < .001$), $\pm 0,1$ ($p < .001$) e $\pm 0,5$ mm ($p < .001$), nomeadamente por superestimação do método radiográfico. No entanto, quando avaliados num limite de erro superior de (± 1 mm) não se verificaram diferenças ($p = 0.625$), sugerindo que, neste limite, os três métodos são igualmente eficazes. Para além disso, o EAL foi o método que mais se aproximou do CT REAL.

Conclusões: De forma a obter resultados mais precisos na determinação do comprimento de trabalho, sugere-se a utilização combinada do método eletrónico com o radiográfico. Na presença de um CBCT já disponível, as suas imagens podem ser aproveitadas para a determinação do comprimento de trabalho substituindo as radiografias periapicais, no entanto a aquisição de um novo CBCT especificamente para determinação do CT no tratamento endodôntico não é recomendada.

Palavras-chave: *EAL; apex locator; radiography; periapical radiography; digital radiography; endodontics; working length; CBCT*

Abstract

Objective: The main objective of this study was to evaluate whether there are statistically significant differences in working length determination between the different methods: electronic apex locator, CBCT and digital radiography with phosphor plates.

Material and Methods: A homogeneous sample of 60 healthy, single-rooted, single-canal canine teeth was used, and the working length was determined by the different methods using the electronic length as a control measure. The real length of the root canal was also determined, making it possible to compare the three methods under study with this measurement.

Results: Statistically significant differences between the three methods were detected in the 0 ($p<.001$), ± 0.1 ($p<.001$) and ± 0.5 mm ($p<.001$) intervals, namely due to overestimation of the radiographic method. However, when evaluated at an upper error limit of (± 1 mm) there were no differences ($p=0.625$), suggesting that at this limit, the three methods are equally effective. Furthermore, the EAL was the method that most closely matched the REAL CT.

Conclusions: In order to obtain more precise results in the determination of the working length, it is suggested the combined use of the electronic and radiographic methods. In the presence of a CBCT already available, its images can be used for working length determination replacing periapical radiographs, however, the acquisition of a new CBCT specifically for CT determination in endodontic treatment is not recommended.

Key words: *EAL; apex locator; radiography; periapical radiography; digital radiography; endodontics; working length; CBCT*

Índice

1. Introdução.....	1
2. Objetivos e hipótese	4
3. Material e métodos	5
3.1 Seleção da amostra e critérios de elegibilidade	5
3.1.1 Critérios visuais de exclusão	5
3.1.2 Critérios radiográficos de exclusão	6
3.1.3 Preparação da amostra.....	7
3.2 Protocolo clínico	9
3.2.1 Determinação do comprimento real do canal radicular	9
3.2.2 Determinação do comprimento de trabalho com localizador eletrónico apical ...	11
3.2.3 Determinação do comprimento de trabalho com CBCT	13
3.2.4 Determinação do comprimento de trabalho com raio x digital.....	16
3.3 Pesquisa bibliográfica.....	20
4. Resultados.....	23
5. Discussão.....	31
5.1 Considerações relativas ao protocolo	32
5.2 Comparação de resultados.....	34
5.3 Limitações do estudo.....	37
5.4 Considerações finais	39
6. Conclusões	41
7. Referências	42

Índice de figuras

Figura 1: Raio-x pré-operatório de diagnóstico dos 60 dentes selecionados para amostra final. --	6
Figura 2: Numeração da amostra e armazenamento na esponja floral.-----	7
Figura 3: Cavidades de acesso de toda a amostra. -----	8
Figura 4: Lupas binoculares com luz LED de ampliação 3.5x (Forza 4).-----	10
Figura 5: Protocolo de determinação do comprimento real do canal radicular. À esquerda observa-se a chegada da lima ao foramen apical e à direita a medição do comprimento com o paquímetro digital. -----	10
Figura 7: Dente 10 mergulhado e fixado no alvéolo artificial preenchido com soro. -----	12
Figura 6: Endo Training Model Castillo VDW ®. -----	12
Figura 8: Medição do comprimento de trabalho eletrónico (CT EAL). Introdução gradual da lima até ao ponto "APEX".-----	12
Figura 9: Limite "APEX"- 0.0 mm atingido com preenchimento das 5 barras castanhas do meio milímetro apical. -----	12
Figura 10: Processo de digitalização do grupo 2 da amostra (dentes 15-30) no CBCT. Todos os canais incluíam no seu interior uma lima com o comprimento eletrónico determinado anteriormente. -	14
Figura 12: Aplicação do efeito de contraste "MIP BW" na imagem tridimensional que permitiu uma distinção nítida entre a cor da lima, o canal e o resto do dente. -----	15
Figura 11: Na imagem à direita pode observar-se a janela do Software Planmeca Romexis Viewer, evidenciando os diferentes cortes da amostra a nível coronal, sagital e axial assim como a imagem tridimensional vestibular no canto inferior direito. Na parte lateral pode observar-se as ferramentas do programa incluindo a seleção da espessura das fatias. As duas imagens da direita incluem uma vista coronal da amostra na parte superior e vestibulo-lingual na parte inferior. -----	15
Figura 13: Utilização da ferramenta "measure length" na imagem tridimensional para a medição da distância entre a ponta da lima e o final do canal. -----	15
Figura 14: Modelo radiográfico ajustado ao tamanho da película onde se observa a lima K08 de 25 mm e o dente a ser radiografado contendo no seu interior a lima com o seu comprimento eletrónico. -----	17
Figura 15: Sistema fixo de padronização para utilização da técnica de paralelismo contendo a máquina de raio-x portátil devidamente apoiada na esponja floral e alinhada com o posicionador e a respetiva película. -----	17
Figura 16: Amostra pronta a ser radiografada com os comprimentos eletrónicos introduzidos em todos os dentes. -----	18
Figura 18: Vista superior do sistema radiográfico onde se pode observar os detalhes do disparo (60s), assim como as distâncias supramencionadas. -----	18
Figura 17: Relação entre o dente e a película, vista lateral e frontal. -----	18
Figura 19: Radiografias digitais de toda a amostra com as respetivas distâncias registadas. -----	19
Figura 20: Processo de medição do comprimento radiográfico. À esquerda pode observar-se a calibragem realizada em todas as radiografias utilizando como referência os 25 mm da lima K08 e à direita a medição entre a extremidade da lima e o final do canal, distância aparente (DA). ----	19
Figura 21: Fluxograma da pesquisa bibliográfica. -----	22
Figura 22: Digramas de caixa e linha para os comprimentos de trabalho nas medidas CT REAL, CT EAL, CT RAI0 X e CT CBCT. -----	25
Figura 23: Digramas de caixa e linha para as diferenças dos comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL). -----	26



Figura 24: Proporções de observações dentro dos limites, subestimadas e superestimadas para as diferenças dos comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X- EAL) e CT (CBCT-EAL). ----- 28

Figura 25: Distribuição da proporção de dentes dentro dos limites nas diferenças de comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL). ----- 29

Índice de tabelas

Tabela 1: Número de pesquisas realizadas com as respectivas combinações de palavras-chave e artigos obtidos. ----- 20

Tabela 2: ANOVA de medidas repetidas para as medidas avaliadas. ----- 24

Tabela 3: Número e proporção de dentes dentro e fora dos limites de erro para CT RAIO X e CT CBT comparativamente ao EAL.----- 30

Abreviaturas, siglas e acrónimos

ALARA *As Low As Reasonably Achievable*; (tão baixo quanto razoavelmente exequível)

CBCT *Cone beam computed tomography*; (tomografia computadorizada de feixe cónico)

CT Comprimento de trabalho

CT CBCT Comprimento de trabalho determinado com o CBCT

CT EAL Comprimento de trabalho determinado com o EAL

CT RAIO-X Comprimento de trabalho determinado com o RAIO-X digital

CT REAL Comprimento real do canal radicular

DA Distância aparente

EAL *Electronic apex locator*; (localizador eletrónico apical)



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

1. Introdução

É amplamente aceite que o sucesso do tratamento endodôntico está intimamente relacionado e dependente de vários fatores nomeadamente a preparação correta do canal, a desinfeção microbiológica e o selamento hermético do sistema de canais radiculares. ⁽¹⁻⁷⁾

Um comprimento de trabalho (CT) preciso e reprodutível é um fator crucial no tratamento endodôntico e tem um impacto direto no seu sucesso. ^(2,4,8-11)

Para atingir este objetivo, uma das etapas mais importantes e desafiantes na prática clínica endodôntica, consiste na deteção adequada da junção cementodentinária, descrita como o limite fisiológico apical onde idealmente deve terminar a instrumentação e obturação. No entanto, existe uma complexa variação anatómica e estrutural da parte apical da raiz o que se traduz em sérias dificuldades na localização precisa deste marco histológico que é altamente variável e impossível de detetar clinicamente e radiograficamente ^(1,3-6,9,10,12-14). Assim, defende-se que o foramen apical é um marco anatómico mais reprodutível para estudos de precisão. ^(3,9)

A terminação do canal deve ser identificada com precisão ao longo de toda a sua preparação mantendo-se um controlo exato do comprimento de trabalho durante todo o processo permitindo confinar a instrumentação ao interior do canal, evitando uma subinstrumentação (com deficiente remoção do tecido pulpar) ou uma sobreinstrumentação (com possíveis danos nos tecidos periapicais). ^(3,5,6,8,9,11-16)

A radiografia representa uma ferramenta diagnóstica que permite obter informações sobre a anatomia radicular e os tecidos circundantes sendo um meio auxiliar essencial para o diagnóstico e planeamento, e imprescindível para controlo e acompanhamento. ^(11,17)

Até à introdução de métodos contemporâneos, como o localizador eletrónico apical (EAL) e a tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT), a determinação do CT era obtida tradicionalmente e exclusivamente por radiografias convencionais ⁽¹⁾. Atualmente, o método radiográfico continua a ser um recurso muito utilizado particularmente por ser o método mais económico ⁽¹¹⁾. No entanto, apresenta algumas limitações nomeadamente a exposição à radiação e a sua natureza bidimensional. É um procedimento dependente da técnica, sujeito a erros de projeção, alterações dimensionais e à variabilidade de

interpretações ^(2,4,6-12,14-18). Adicionalmente, o CT radiográfico é determinado com referência ao ápex radiográfico, que pode ou não coincidir com o ápex anatómico. Existem grandes variações na relação desses pontos de referência que resultam em sub ou superestimação do CT. ^(5,7,10,16,19)

A sua precisão na determinação do CT tem sido muito discutida dada a impossibilidade de detetar radiograficamente a constrição apical e o foramen apical, de maneira que se torna fundamental avaliar e fundamentar o seu uso e eficácia para esse efeito. ^(9,10,15,16,19,20)

Atualmente, o EAL é considerado um complemento importantíssimo da radiografia, representando a ferramenta mais confiável e precisa para determinar o comprimento de trabalho, reduzindo significativamente o tempo de consulta, a dose de radiação e a subjetividade envolvida na interpretação radiográfica ^(2,5-7,9,13,16,21). No entanto, o seu desempenho também pode ser afetado negativamente por algumas condições que resultam em leituras instáveis ^(1,6,7,12-14). Apesar da sua precisão ter sido já estudada e confirmada, este método ainda é pouco utilizado em muitos países, carecendo de evidências disponíveis para defender o seu uso exclusivo. ^(4,5)

O CBCT é um sistema radiográfico contemporâneo que se tornou gradualmente um importante método de diagnóstico e planeamento de tratamento em vários ramos da medicina dentária incluindo a endodontia ^(12,22). Esta modalidade proporciona ao clínico uma visão tridimensional da área de interesse evidenciando alto potencial de aplicação clínica com maior precisão relativamente à radiografia periapical na determinação do CT. ^(2,10,12)

Este método permite explorar a morfologia do canal através de diferentes cortes possibilitando uma localização precisa do foramen apical, para além da deteção e visualização do número, localização e curvatura das raízes e dos canais. ^(2,11,23)

Não existe atualmente um consenso sobre o método mais adequado para a determinação do comprimento de trabalho. Discute-se se a combinação de vários métodos pode ser mais vantajosa do que a utilização de um único método para alcançar um maior grau de precisão uma vez que não existe uma modalidade individual que satisfaça completamente todos os requisitos. ^(9,12,21)

É de extrema importância a realização de estudos que procurem comparar os diferentes métodos com foco na obtenção de resultados cada vez mais precisos, contribuindo para uma escolha mais “padronizada” do método mais eficaz, com menos riscos associados e com maior rigor na determinação do CT. ^(9,12,21)

Torna-se então fundamental comparar a precisão e confiabilidade dos três métodos em estudo, investigando se existe superioridade de um método em relação aos outros, procurando justificar a sua utilização única ou combinada. ^(9,12,21)

2. Objetivos e hipótese

O objetivo principal deste estudo foi avaliar se existem diferenças estatisticamente significativas na determinação do comprimento de trabalho entre os diferentes métodos utilizados: localizador eletrônico apical, CBCT e radiografia digital com placas e fósforo.

Hipótese nula a testar:

H0: “Não há diferenças estatisticamente significativas na determinação do comprimento de trabalho entre os três métodos em estudo”.

Como objetivo secundário, pretende-se avaliar se o localizador eletrônico apical possui precisão suficientemente elevada na determinação do comprimento de trabalho ao ponto de ser dispensável a utilização dos métodos radiográficos testados para esse mesmo fim, ao longo de todo o tratamento endodôntico, procurando justificar a sua utilização única ou combinada.

3. Material e métodos

Este projeto ex vivo foi aprovado pela Comissão de Ética IUCS-CESPU de acordo com o parecer (11/CE-IUCS/2022) [Anexo 2] e foi conseguido através do apoio da clínica universitária da CESPU (Gandra, Paredes, Porto), nomeadamente no fornecimento do localizador eletrónico apical, do sistema radiográfico e também do equipamento CBCT.

Este ensaio experimental utilizou uma amostra de 60 caninos (superiores e inferiores), previamente extraídos por diversos motivos, que foram selecionados após aplicação de vários critérios visuais e radiográficos.

3.1 Seleção da amostra e critérios de elegibilidade

De forma a obter homogeneidade dentro da amostra, num total de 139 caninos superiores e inferiores, 51 foram excluídos após critérios visuais e posteriormente 26 foram excluídos após critérios radiográficos, o que resultou numa amostra de 62 dentes hígidos entre os quais 60 foram selecionados para amostra final desta investigação.

3.1.1 Critérios visuais de exclusão

Os 139 dentes da amostra inicial foram sujeitos a uma observação pormenorizada baseada nos critérios de exclusão estabelecidos:

- Cáries extensas visualmente com comprometimento da coroa/raiz
- Presença de restaurações
- Presença de reabsorções externas extensas visíveis
- Anomalias dentárias de forma (geminção, fusão, dente conóide)
- Dentes multirradiculares
- Curvaturas excessivas da raiz

3.1.2 Critérios radiográficos de exclusão

Após o exame visual, foi realizado um raio-x pré-operatório de diagnóstico aos 88 dentes selecionados anteriormente, acabando por se rejeitar 26 dentes mediante os seguintes critérios de exclusão:

- Tratamento endodôntico prévio
- Dentes com múltiplos canais
- Variações anatómicas do canal radicular
- Cáries com proximidade à polpa
- Ápex aberto
- Reabsorções internas
- Atresia ou calcificação aparente do canal radicular
- Fraturas/cracks dentários



Figura 1: Raio-x pré-operatório de diagnóstico dos 60 dentes selecionados para amostra final.

3.1.3 Preparação da amostra

- Recolha dos 139 dentes e observação cuidadosa aplicando os critérios visuais acima mencionados.
- Realização de uma radiografia periapical pré-operatória de diagnóstico aos 88 dentes selecionados através dos critérios visuais, de forma a avaliar o dente mediante os critérios radiográficos. [Fig.1]
- Limpeza de toda a amostra com ultrassom de forma a eliminar todos os detritos remanescentes agarrados à superfície dentária externa.
- Numeração das coroas dos 60 dentes com caneta de acetato para facilitar a identificação de cada um ao longo de todo o processo. Armazenamento dos dentes numa esponja floral e registo fotográfico de toda a amostra.
- Realização da cavidade de acesso com uma broca esférica diamantada de turbina 0.12 e utilização da broca Endo Z para criar a forma de conveniência da cavidade.
- Após localização dos canais, irrigação dos mesmos com solução de hipoclorito a 0,5% (Solutio de Dakin).



Figura 2: Numeração da amostra e armazenamento na esponja floral.



Figura 3: Cavidades de acesso de toda a amostra.

3.2 Protocolo clínico

3.2.1 Determinação do comprimento real do canal radicular

A medição do comprimento real do canal radicular foi realizada visualmente com recurso a limas ISO K10 e K15 (Dentsply Maillefer Ballaigues, Switzerland), lupas binoculares com luz LED de ampliação 3.5x (Forza4) e um paquímetro digital 150 mm (Top tools carbon fiber Topex) com uma precisão de 0,01 mm. O objetivo principal da realização desta medição foi avaliar a concordância da sua precisão com o localizador apical, permitindo que este fosse utilizado posteriormente como medida controlo para as medições efetuadas com o raio-x e CBCT. Posteriormente, de forma a complementar a investigação, este comprimento real serviu também de base para comparação com os comprimentos obtidos pelos dois métodos radiográficos.

- Verificação da calibragem do paquímetro digital através da medição de uma lima de 25 mm e de 31 mm novas.
- Introdução de uma lima K10 no canal previamente irrigado com hipoclorito 0.5%.
- Exploração e permeabilização do canal e introdução da lima mais adequada mediante o diâmetro do canal até que a sua ponta fosse visível no foramen. Observação da sua chegada sob ampliação 3.5x das lupas binoculares e ajuste oclusal do stop na respetiva medida para obtenção do ponto de referência para a medição.
- A lima foi removida do canal e a distância da ponta da lima ao stop foi medida com o paquímetro digital e registada.
- Foram realizadas 2 medições por dois examinadores distintos e o valor médio foi considerado como valor de referência para o comprimento real do canal radicular.
- O comprimento final foi estabelecido 0.5 mm aquém do comprimento medido através deste método, isto é, subtraindo-se 0.5mm às medidas registadas visualmente, por uma questão de acerto de medição. Essa medida foi registada como (CT REAL).



Figura 4: Lupas binoculares com luz LED de ampliação 3.5x (Força 4).



Figura 5: Protocolo de determinação do comprimento real do canal radicular. À esquerda observa-se a chegada da lima ao foramen apical e à direita a medição do comprimento com o paquímetro digital.

3.2.2 Determinação do comprimento de trabalho com localizador eletrónico apical

Para a medição do comprimento de trabalho eletrónico foi utilizado o EAL (Woodpecker® Woodpex V Apex Locator) e um modelo de treino de plástico com um alvéolo artificial contendo soro fisiológico e um parafuso fixador (Endo Training Model Castillo VDW®) desenvolvido para testar localizadores apicais ao simular o ambiente oral em dentes extraídos. Todas as medições foram realizadas com o paquímetro digital, como anteriormente, de forma a tornar todas as medidas equiparáveis, minimizando erros de medição. O comprimento de trabalho determinado com o EAL serviu como medida de referência (controlo) para comparação direta com o raio-x e o CBCT permitindo avaliar se existe concordância suficiente entre eles para que o método eletrónico possa minimizar o uso da radiação na determinação do CT.

- O clipe labial do EAL foi desconectado do cabo que o suportava e esse elétrodo foi emparelhado ao modelo de treino.
- O alvéolo do modelo de treino foi preenchido com um meio eletrocondutor (NaCl 0.9%).
- Cada dente foi inserido nesse alvéolo e fixado com o parafuso, garantindo que pelo menos 2/3 da raiz estava imersa no soro.
- A lima foi anexada ao clipe do localizador e foi gradualmente introduzida dentro do canal enquanto era monitorizada cuidadosamente no ecrã do EAL.
- A lima foi progredindo no canal até que o ecrã indicasse que esta estava no ponto "APEX "(0.0 mm), mantendo-se estável na mesma posição durante pelo menos 5 segundos, acompanhando-se de um sinal sonoro contínuo de aviso e do preenchimento das 5 barras castanhas do meio milímetro apical.
- O stop foi ajustado, a lima foi removida do canal e a distância da ponta da lima ao stop foi medida com o paquímetro digital e registada como comprimento de trabalho eletrónico (CT EAL).

- A lima foi posteriormente reinserida em cada dente com a medida respectiva que foi novamente confirmada com o EAL e colocada cuidadosamente na esponja floral onde seguiu para o CBCT e RAIO-X.



Figura 7: Endo Training Model Castillo VDW ®.



Figura 6: Dente 10 mergulhado e fixado no alvéolo artificial preenchido com soro.



Figura 9: Limite "APEX" - 0.0 mm atingido com preenchimento das 5 barras castanhas do meio milímetro apical.

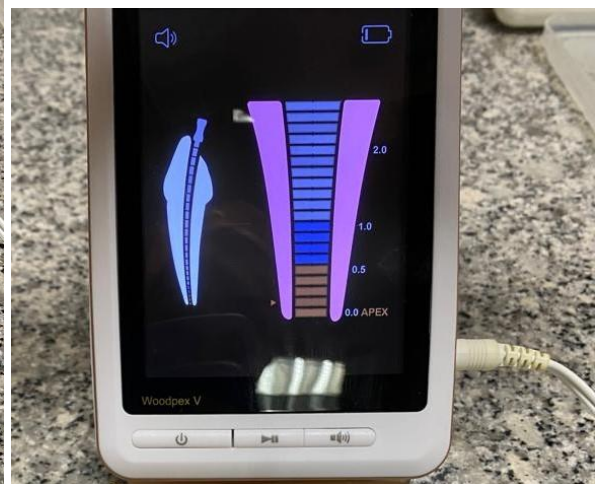


Figura 8: Medição do comprimento de trabalho eletrônico (CT EAL). Introdução gradual da lima até ao ponto "APEX".

3.2.3 Determinação do comprimento de trabalho com CBCT

Os 60 dentes foram transferidos rapidamente do EAL para o CBCT evitando movimentações do stop. Todos os dentes incluíam no interior as limas K10 ou K15 com o respetivo comprimento eletrónico registado anteriormente servindo como medida de referência para comparação direta entre os dois métodos. A medição efetuada consistiu na distância da ponta da lima ao foramen apical, caso esta estivesse aquém, ou da distância excedente, no caso da lima o ultrapassar. Esta medida foi registada como DA (distância aparente). A amostra foi dividida em quatro grupos de 15 dentes que foram cuidadosamente dispostos numa nova esponja floral com as dimensões adequadas ao CBCT e foram digitalizados numa posição reprodutível utilizando o software Planmeca ProMax® 3D Mid com as seguintes modalidades: Teeth, XL, volume 100/85 mm, HD 150 µm, 90 Kv, 14 mA, 15 s and no artifact removal.

- Divisão dos 60 dentes em quatro grupos e disposição dos mesmos numa esponja floral a uma distância igual entre si.
- Digitalização das 4 amostras utilizando o software Planmeca Romexis ProMax com as características acima mencionadas.
- As quatro imagens obtidas foram carregadas e analisadas individualmente no software Planmeca Romexis® Viewer 6.1.0 que para além da imagem tridimensional geral, disponibilizou a visualização em fatias de corte de diferentes espessuras a nível coronal, sagital e axial, permitindo examinar cada dente sob diferentes perspetivas.
- Foram utilizados 2 métodos de medição distintos e o valor considerado para a DA foi o valor médio resultante das 2 medições:
 - 1) O primeiro método de medição, baseado na espessura das fatias no corte axial, consistiu em multiplicar o número de fatias contabilizadas desde o desaparecimento da lima na imagem até ao desaparecimento do canal, pela espessura de cada fatia. Para esta medição foram selecionadas fatias com a menor espessura de corte correspondente a 0,150 mm. Este valor permitiu obter uma distância aproximada da lima ao foramen.
 - 2) O segundo método incluiu a combinação do corte coronal com imagem tridimensional e o uso da ferramenta "measure length" fornecida pelo programa

para a medição da distância entre a ponta da lima e o final do canal (expressa em mm). Foi previamente aplicado um efeito de contraste na imagem tridimensional que permitiu uma distinção nítida entre a cor da lima, o canal e o resto do dente sendo posteriormente selecionado o melhor corte coronal de cada dente, onde fosse particularmente visível o 1/3 apical do canal e o término da lima. Este segundo método permitiu obter uma medida direta mais precisa e compará-la com a medida estimada anteriormente através das fatias, no 1º método.

- Posteriormente, a DA foi somada/subtraída ao CT EAL de forma a obter o CT CBCT.



Figura 10: Processo de digitalização do grupo 2 da amostra (dentes 15-30) no CBCT. Todos os canais incluíam no seu interior uma lima com o comprimento eletrônico determinado anteriormente.

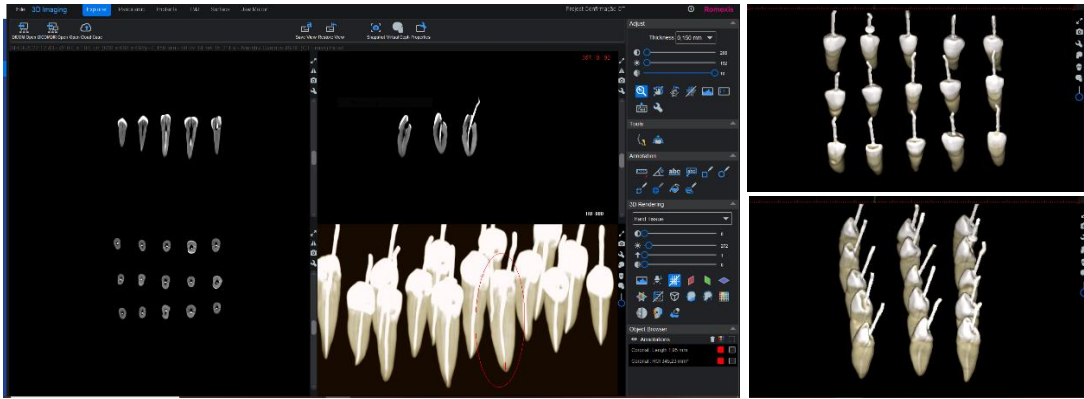


Figura 11: Na imagem à direita pode observar-se a janela do Software Planmeca Romexis Viewer, evidenciando os diferentes cortes da amostra a nível coronal, sagital e axial assim como a imagem tridimensional vestibular no canto inferior direito. Na parte lateral pode observar-se as ferramentas do programa incluindo a seleção da espessura das fatias. As duas imagens da direita incluem uma vista coronal da amostra na parte superior e vestibulo-lingual na parte inferior.

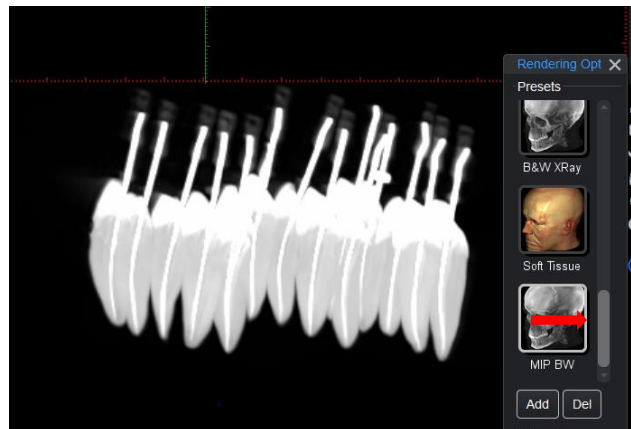


Figura 12: Aplicação do efeito de contraste "MIP BW" na imagem tridimensional que permitiu uma distinção nítida entre a cor da lima, o canal e o resto do dente.

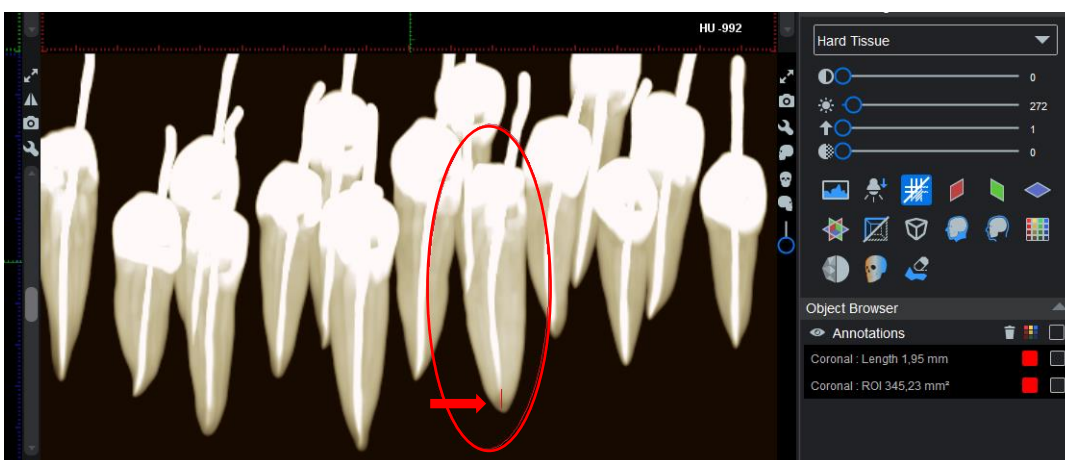


Figura 13: Utilização da ferramenta "measure length" na imagem tridimensional para a medição da distância entre a ponta da lima e o final do canal.

3.2.4 Determinação do comprimento de trabalho com raio x digital

Logo após a realização do CBCT, os 60 dentes foram cuidadosamente transportados e submetidos ao raio-x digital. Da mesma forma, todos os dentes incluíam no interior a lima com o respetivo comprimento eletrónico registado anteriormente servindo como medida de referência para comparação direta entre os dois métodos. A medição efetuada consistiu novamente na distância da ponta da lima ao término do canal radicular, caso esta estivesse aquém, ou da distância excedente, caso a lima o ultrapassasse, sendo esta registada como DA. Este processo utilizou um sistema radiográfico digital (VistaScan®) composto por uma película digital de fósforo (placa radiográfica – Vistascan Durr Dental®) tamanho 2 (2 x 3 cm) e o respetivo scanner. Foi utilizado também um posicionador intraoral universal, uma unidade portátil de raio-x (Dexcowin iRay D3 Portable X-ray System), uma lima K08 de 25 mm para calibragem de todas as medições e um molde de esponja floral adaptado às dimensões da película.

- Foi montado um sistema de padronização para utilização da técnica de paralelismo mantendo a máquina de raio-x portátil devidamente apoiada e alinhada com o posicionador e a respetiva película, permitindo padronizar a técnica radiográfica e criar uma posição reprodutível para todos os dentes mantendo uma angulação constante.
- Foi feito um modelo radiográfico ajustado ao tamanho da película com a esponja floral, que foi utilizado para toda a amostra, onde foi inserida a lima K08 de 25 mm e o dente a ser radiografado. Esse modelo juntamente com a lima manteve-se imóvel durante a realização de todas as radiografias, fazendo-se apenas a substituição do dente a ser radiografado enquanto o conteúdo da película anterior era digitalizado. A película era repostada cuidadosamente no mesmo local após cada revelação.
- Cada dente foi então inserido à vez na esponja floral com a lima e o stop ajustados ao seu comprimento eletrónico determinado previamente.
- A exposição radiográfica foi realizada utilizando o raio-x portátil, a uma distância constante de 16 centímetros recetor-foco e aproximadamente 2 cm entre o dente e a película, com tempo de exposição 0.60 s, 60 kV e 2 mA. Cada imagem foi

digitalizada e automaticamente gravada no programa e nenhuma sofreu qualquer ajuste ou alteração nas configurações de resolução ou cor.

- Após realização das 60 radiografias periapicais, cada radiografia foi examinada no software de análise VistaSoft. Previamente a cada medição foi necessário realizar uma calibragem individual em cada imagem, recorrendo à ferramenta “calibragem”, utilizando como referência os 25 mm da lima K08.
- Posteriormente as medições foram realizadas recorrendo a uma régua digital do sistema: foi medida a distância entre a extremidade da lima e o final do canal (DA).
- Posteriormente, a DA foi somada/subtraída ao CT EAL de forma a obter o CT RAI0X.



Figura 14: Modelo radiográfico ajustado ao tamanho da película onde se observa a lima K08 de 25 mm e o dente a ser radiografado contendo no seu interior a lima com o seu comprimento eletrónico.

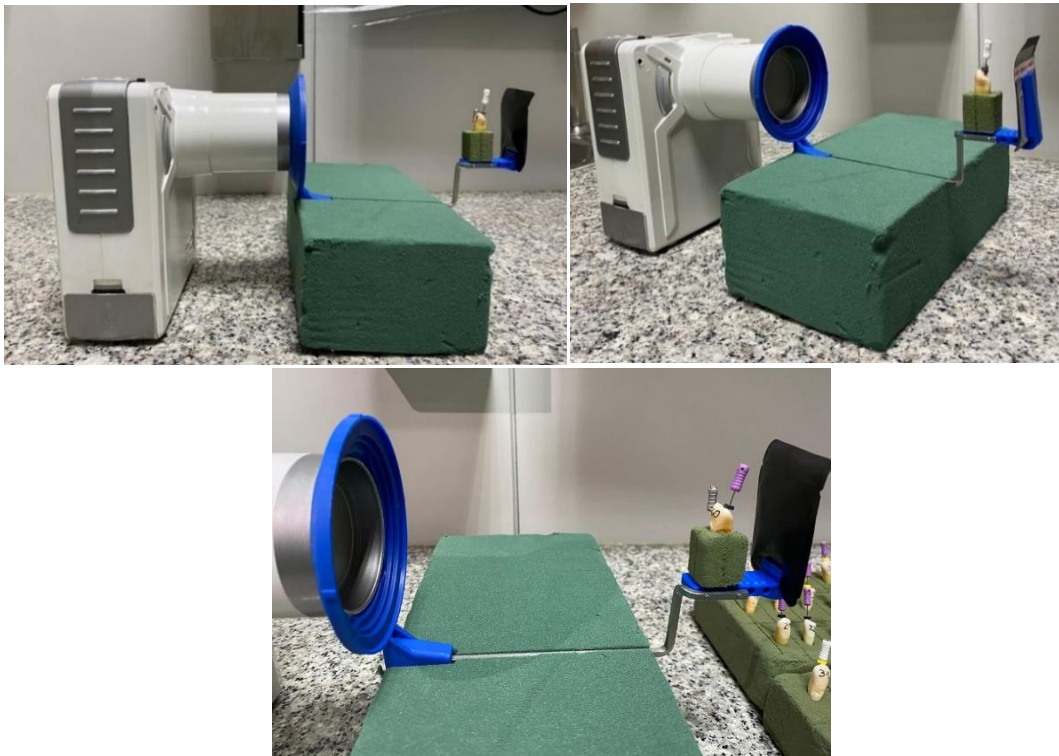


Figura 15: Sistema fixo de padronização para utilização da técnica de paralelismo contendo a máquina de raio-x portátil devidamente apoiada na esponja floral e alinhada com o posicionador e a respetiva película.



Figura 16: Amostra pronta a ser radiografada com os comprimentos eletrônicos introduzidos em todos os dentes.



Figura 18: Relação entre o dente e a película, vista lateral e frontal.

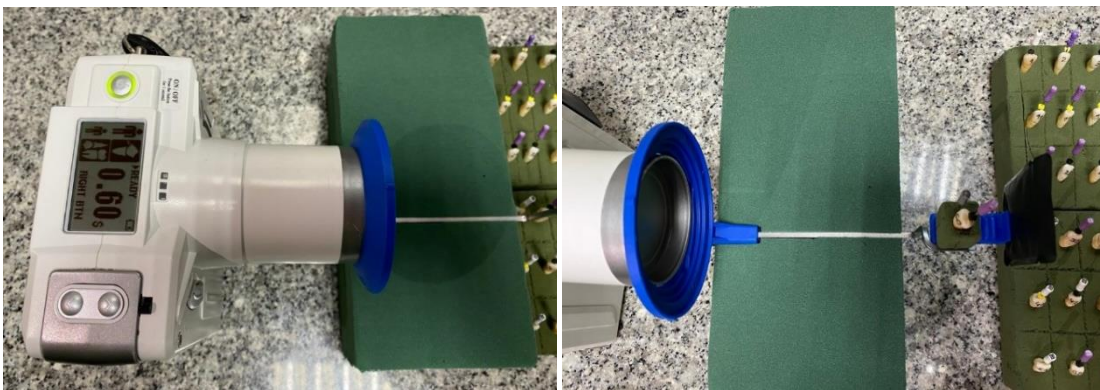


Figura 17: Vista superior do sistema radiográfico onde se pode observar os detalhes do disparo (60s), assim como as distâncias supramencionadas.



Figura 19: Radiografias digitais de toda a amostra com as respectivas distâncias registadas.

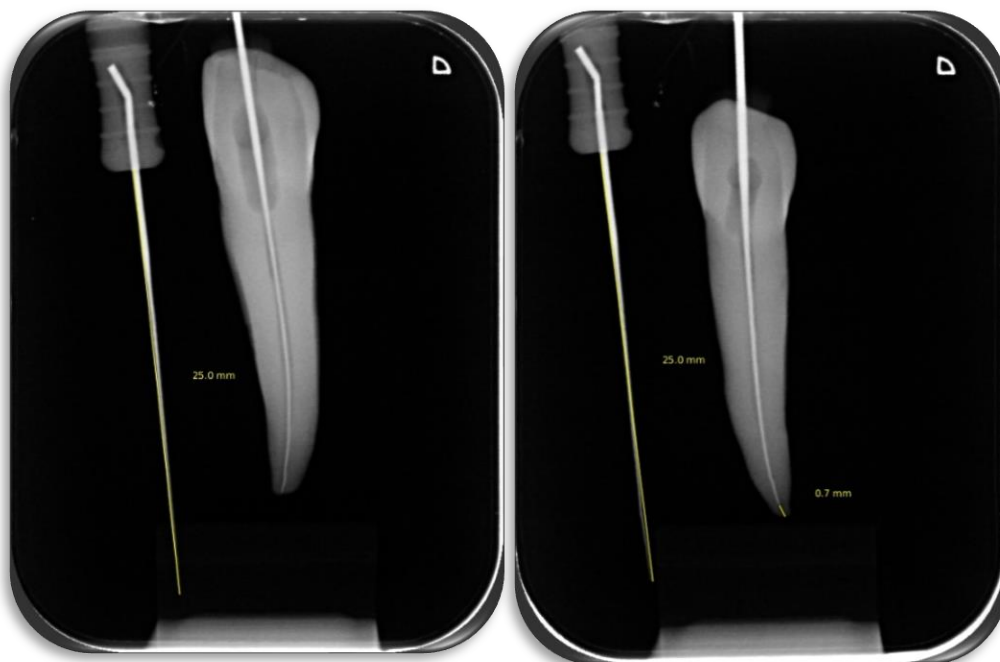


Figura 20: Processo de medição do comprimento radiográfico. À esquerda pode observar-se a calibragem realizada em todas as radiografias utilizando como referência os 25 mm da lima K08 e à direita a medição entre a extremidade da lima e o final do canal, distância aparente (DA).

3.3 Pesquisa bibliográfica

Foi realizada uma pesquisa na base de dados PubMed na modalidade Advanced Search de artigos em inglês publicados entre 2011 e 2022 utilizando as seguintes combinações de palavras-chave:

Tabela 1: Número de pesquisas realizadas com as respectivas combinações de palavras-chave e artigos obtidos.

Nº da pesquisa	Pesquisa	Artigos
# 1	<i>((EAL) AND (radiography)) AND (endodontics)</i>	35
# 2	<i>((apex locator) AND (periapical radiography)) AND (working length)</i>	17
# 3	<i>((apex locator) AND (digital radiography)) AND (working length)</i>	21
# 4	<i>((apex locator) AND (radiography)) AND (working length)) AND (endodontics)</i>	71
# 5	<i>((apex locator) AND (CBCT)) AND (working length) AND (endodontics)</i>	15
# 6	<i>((CBCT) AND (digital radiography)) AND (working length)</i>	11
Total de artigos selecionados: 170		

Critérios de inclusão:

- Artigos em inglês
- Artigos publicados entre 2011 e 2022
- Artigos com texto integral disponível
- Artigos referentes a dentição permanente

Critérios de exclusão:

- Artigos publicados noutra língua diferente do inglês
- Artigos com data de publicação anterior a 2011
- Artigos indisponíveis para leitura integral online
- Artigos referentes a dentição decídua

A pesquisa foi realizada em dezembro de 2021 na base de dados PubMed Advanced Search e resultou num total de 170 artigos que obedeciam aos critérios de inclusão definidos. Após leitura do título foram excluídos 120 artigos e dos 50 restantes foram rejeitados 24 duplicados. Após a leitura do resumo dos 26 artigos foram retirados 2 que não mostraram relevância para o projeto. Foram selecionados 24 artigos para leitura integral, acabando por se excluir 1 artigo que se distanciava das variáveis de estudo e também das condições experimentais da investigação proposta.

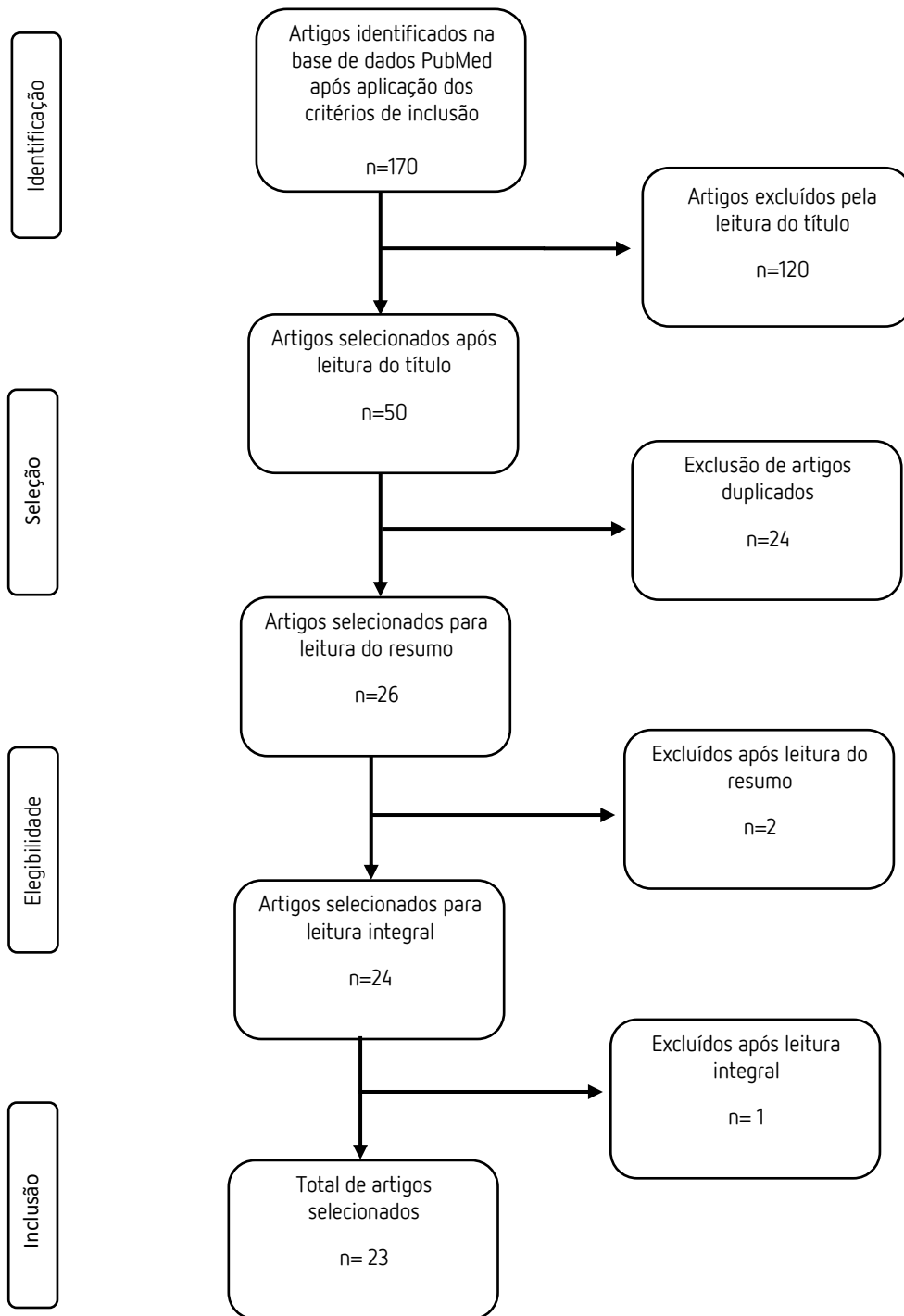


Figura 21: Fluxograma da pesquisa bibliográfica.

4. Resultados

Análise estatística

Os dados foram analisados com o programa R 4.1.3 (R Core Team, 2022). Na análise descritiva dos comprimentos de trabalho e das diferenças entre comprimentos de trabalho foram utilizadas médias (M) e desvios padrão (DP) após avaliação da simetria e normalidade das suas distribuições. As medidas consideradas foram CT REAL, CT EAL, CT RAIO-X e CT CBCT sendo que as medidas do CT RAIO-X e do CT CBCT resultam da soma do comprimento eletrónico (CT EAL) e da distância aparente (DA) medida em cada dente, de modo a tornar comparáveis as quatro medidas consideradas. Para comparar as várias medidas dos comprimentos de trabalho foram utilizadas ANOVAS de medidas repetidas, considerando as diferenças emparelhadas entre as medições efetuadas nos 60 dentes. A correção Greenhouse-Geisser foi utilizada quando não foi verificada homogeneidade de variâncias pelo teste Levene, uma vez que o Épsilon foi <0.75 . As comparações emparelhadas foram corrigidas pelo método Bonferroni. O tamanho do efeito calculado foi o η^2 parcial (η^2_p), tendo como pontos de corte 0.01 (efeito baixo), 0.06 (efeito moderado) e 0.14 (efeito elevado). De seguida foram avaliadas as proporções de acerto, subestimação e superestimação para as cinco diferenças consideradas, CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL), possibilitando a comparação no limite de 0 mm, e nos limites de erro admissíveis de 0.1 mm, 0.5 mm e 1 mm. Por fim, foram ainda calculadas as proporções relativas aos dentes cujas diferenças CT (REAL-EAL), CT (REAL- RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL) ficaram dentro dos limites supramencionados. Para comparar as proporções foi utilizado o teste de proporções emparelhadas de McNemar. O nível de significância considerado para rejeição da hipótese nula foi 5%.

Resultados

Na Tabela 2 são apresentadas as médias e desvios padrão dos comprimentos de trabalho para as medidas consideradas. Foram observadas diferenças estatisticamente significativas $F_{(3, 59)}=34.47$ ($p<.001$), com tamanho de efeito elevado, $\eta^2_p=0.337$. Nas comparações emparelhadas, corrigidas pelo método Bonferroni, foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre a média dos comprimentos de trabalho do RAI0-X face ao CT REAL ($p<.001$), ao CT EAL ($p<.001$) e ao CT CBCT ($p<.001$) com maior comprimento de trabalho médio no RAI0-X. Não se observaram diferenças estatisticamente significativas nas comparações emparelhadas entre CT REAL vs CT EAL ($p>.990$) e CT REAL vs CT CBT ($p=.561$) assim como na comparação do CT EAL com o CT CBT ($p=.705$) em termos de comprimentos médios. Na figura 22 observam-se os diagramas de caixa e linha e a distribuição das observações de todos comprimentos de trabalho, corroborando os resultados obtidos.

Tabela 2: ANOVA de medidas repetidas para as medidas avaliadas.

Medida (mm)	M	DP	Anova Medidas Repetidas	Comparações emparelhadas (correção Bonferroni)			
				CT REAL	CT EAL	CT RAI0-X	CT CBCT
CT REAL	24.59	2.05	$F_{(3, 59)}=34.47$ ($p<.001$) $\eta^2_p=0.337$	1	$p>.990$	$p<.001^*$	$p=.561$
CT EAL	24.68	2.01			1	$p<.001^*$	$p=.705$
CT RAI0-X	25.15	1.99				1	$p<.001^*$
CT CBCT	24.72	2.04					1

*estatisticamente significativo;

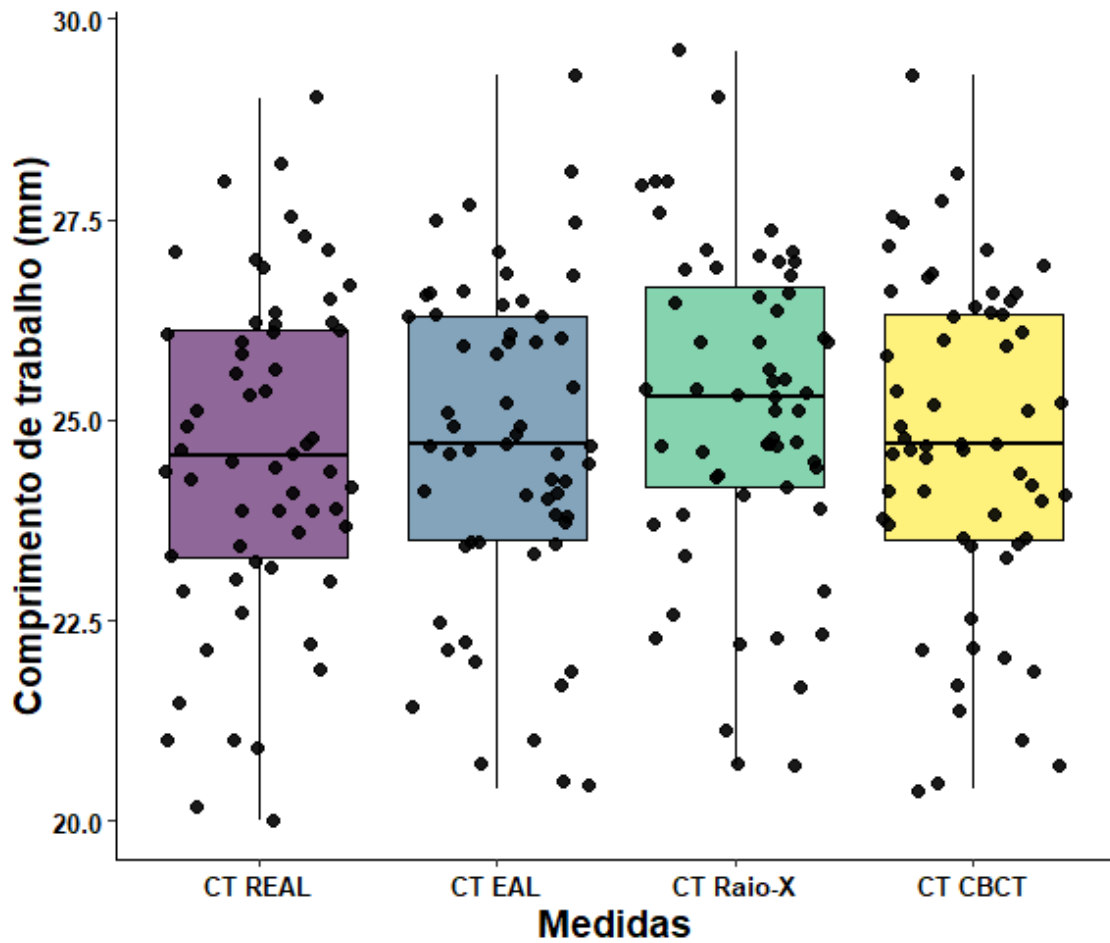


Figura 22: Digramas de caixa e linha para os comprimentos de trabalho nas medidas CT REAL, CT EAL, CT RAIO X e CT CBCT.

Na figura 23 observam-se os diagramas de caixa e linha e a distribuição das observações das diferenças entre comprimentos de trabalho, bem como os limites considerados para o erro admissível. Comparativamente ao CT REAL as diferenças do EAL e do CBCT encontram-se maioritariamente no intervalo que inclui o zero (-0.5, 0.5) evidenciando assim menor erro que o RAI0-X cujo erro da diferença se concentrou maioritariamente no intervalo (0, -1). Por outro lado, em comparação com o CT EAL, o CT RAI0-X concentrou-se num erro entre 0 e 1 mm acima do CT EAL demonstrando a sua superestimação, enquanto o CBCT foi o que menos erro apresentou, com grande parte das diferenças concentradas em torno de zero.

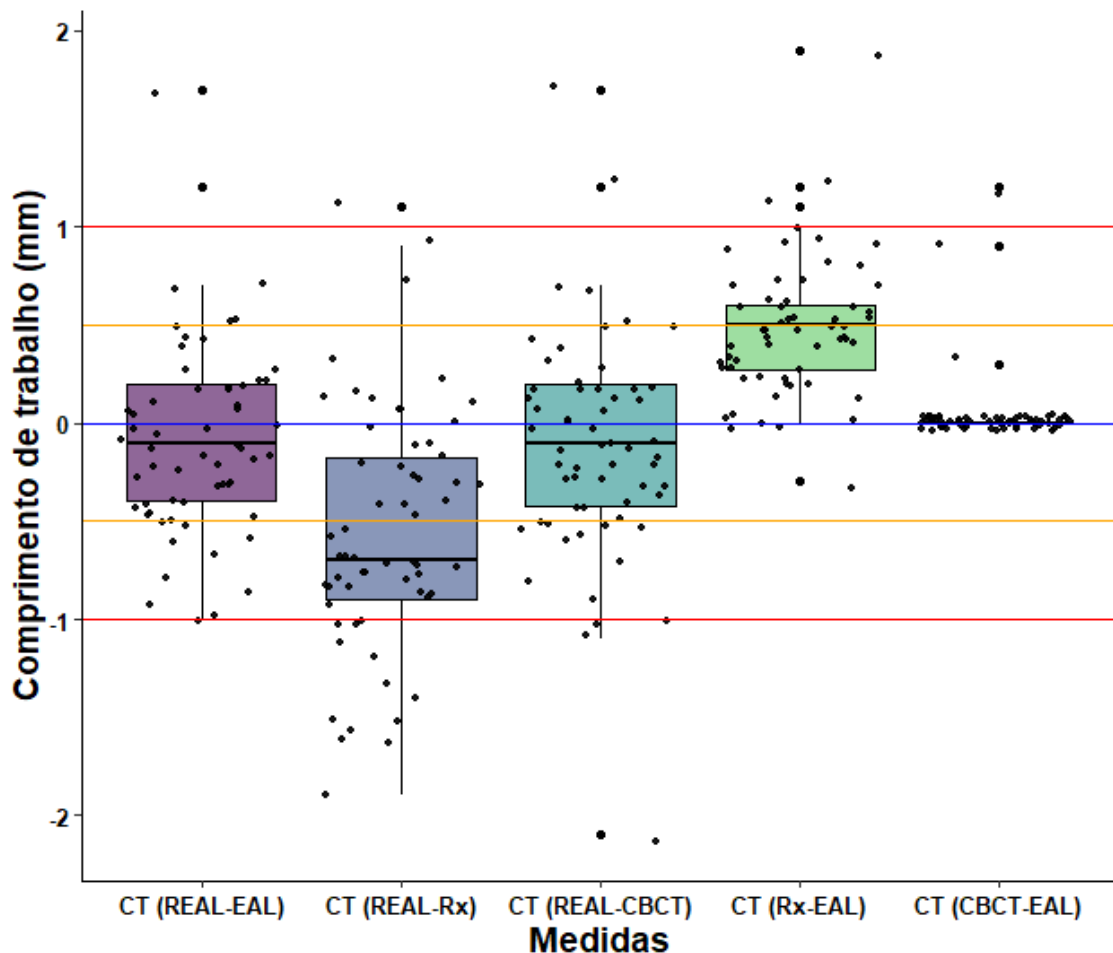


Figura 23: Digramas de caixa e linha para as diferenças dos comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL).

Na Figura 24 observam-se as proporções dos comprimentos de trabalho que se encontravam dentro ou fora dos limites comparativamente ao CT REAL e ao CT EAL. O Raio X evidencia uma maior percentagem de superestimação do que o CBCT face ao EAL em todos os limites, sendo também a medida com menor % de acerto tanto em comparação com o CT REAL, como com o CT EAL, em todos os intervalos, ao passo que o CBCT apresenta a maior proporção de acerto face ao CT EAL em todos os intervalos.

Na comparação do CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL) foram observadas diferenças estatisticamente significativas com o teste de proporções emparelhadas de McNemar nos limites 0 ($p < .001$), 0.1 ($p < .001$) e 0.5 ($p < .001$). As proporções de acerto dentro dos limites para o CBCT foram sempre superiores, nomeadamente no limite 0mm com 95.0% de acerto vs 10.0% do RAIO-X, 95% vs 13.3% no limite de 0,1 mm e 96.7% vs 66.7% no limite de 0.5 mm. O mesmo não aconteceu no limite de 1 mm, onde não foram observadas diferenças entre CT (RAIO X - EAL) e CT (CBCT - EAL), $p = 0.625$. Neste caso as proporções das medições dentro do limite foram de 98.3% e 95.0%, respetivamente. Isto permite concluir que a H_0 foi parcialmente rejeitada uma vez que foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os três métodos nos intervalos 0, $\pm 0,1$ e $\pm 0,5$ mm, mas no limite máximo de ± 1 mm não se verificaram diferenças.

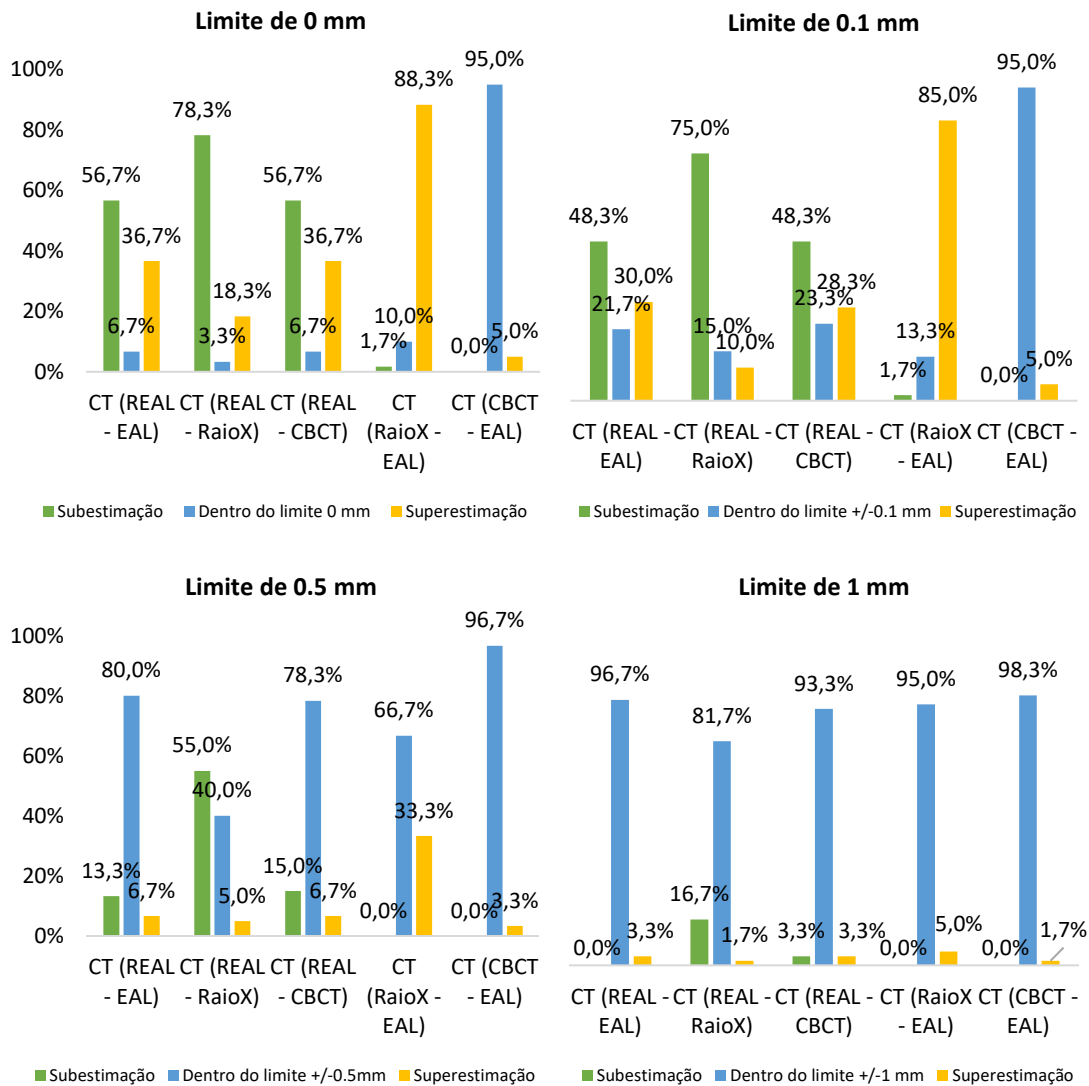


Figura 24: Proporções de observações dentro dos limites, subestimadas e superestimadas para as diferenças dos comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X- EAL) e CT (CBCT-EAL).

Por fim são apresentados os resultados sumários relativos às medições dentro dos limites considerados. A Figura 25 corrobora os resultados obtidos anteriormente, observando-se que o limite de 1 mm não oferece diferenças assinaláveis entre as várias medidas, com exceção do RAI0-X face ao comprimento real, onde a proporção foi inferior a 90% (81.7%). No limite de 0.5 mm foi mais uma vez o RAI0-X que se destacou como a medida com menor proporção de acerto face ao CT REAL e também face ao CT EAL. Verifica-se também que à medida que os limites do intervalo aumentam e se admite um erro superior, há um aumento da percentagem de acerto, sendo esse aumento mínimo no CBCT vs EAL, uma vez que as medidas são concordantes em 95% da amostra desde o limite 0 mm. É de notar que a percentagem de acerto do CBCT face ao EAL, em todos os limites, é igual ou superior a 95% evidenciando um alto nível de concordância entre estas duas medidas ao passo que o RAI0-X apenas atinge 95% de acerto na amostra no limite de erro máximo aceitável (1 mm).

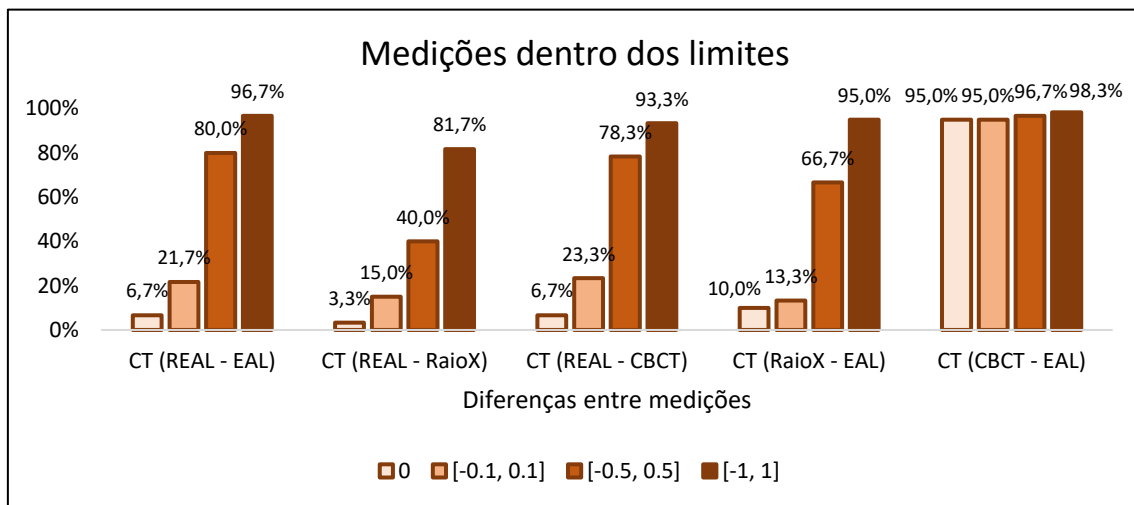


Figura 25: Distribuição da proporção de dentes dentro dos limites nas diferenças de comprimentos de trabalho CT (REAL-EAL), CT (REAL-RAIO X), CT (REAL-CBCT), CT (RAIO X-EAL) e CT (CBCT-EAL).

Na comparação com o EAL (medida controlo), o RAI0 X obteve resultados sem qualquer erro em apenas 6 dentes, apresentando um elevado número de dentes (53) fora dessa margem, nomeadamente por superestimação. Ao subir para o limite máximo de erro aceitável [-0.5, 0.5] o número de dentes dentro do intervalo subiu para 40, porém com superestimação ainda em 20 dentes. Considerando o limite de [-1, 1], o número de dentes dentro do limite foi finalmente aceitável (95%). No caso do CBCT, o número mínimo de dentes dentro de qualquer um dos limites considerados foi de 57 (95.0%) desde a margem 0 mm, atingindo 98.3% de acerto no limite [-1, 1], com apenas 1 dente fora do intervalo por superestimação. A percentagem de dentes que sofreram subestimação foi muito reduzida no RAI0-X (1,7%) e nula no CBCT (0.0%), em todos os limites.

Tabela 3: Número e proporção de dentes dentro e fora dos limites de erro para CT RAI0 X e CT CBT comparativamente ao EAL.

	CT (RaioX - EAL)				CT (CBCT - EAL)			
	Subest.	Dentro do limite	Superest.	Total	Subest.	Dentro do limite	Superest.	Total
0 mm	1 (1.7%)	6 (10.0%)	53 (88.3%)	60 (100%)	0 (0.0%)	57 (95.0%)	3 (5.0%)	60 (100%)
± 0.1 mm	1 (1.7%)	8 (13.3%)	51 (85.0%)	60 (100%)	0 (0.0%)	57 (95.0%)	3 (5.0%)	60 (100%)
± 0.5 mm	0 (0.0%)	40 (66.7%)	20 (33.3%)	60 (100%)	0 (0.0%)	58 (96.7%)	2 (3.3%)	60 (100%)
± 1 mm	0 (0.0%)	57 (95.0%)	3 (5.0%)	60 (100%)	0 (0.0%)	59 (98.3%)	1 (1.7%)	60 (100%)

Referências

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

5. Discussão

O método radiográfico é o método mais antigo, mais económico e provavelmente o mais utilizado atualmente para a determinação do CT. Como já referido anteriormente, esta técnica bidimensional apresenta inúmeras limitações fornecendo apenas uma estimativa do CT. Os avanços tecnológicos vieram combater alguns dos seus problemas, no entanto, as radiografias periapicais revelam inúmeros detalhes e informações imprescindíveis ao tratamento endodôntico. ⁽⁹⁾

Os localizadores eletrónicos apicais são extremamente úteis na localização do foramen apical. Para além de ser um método bastante preciso e eficaz, a sua utilização é uma opção rápida e confortável, que acaba por agilizar o processo, economizando tempo de consulta. Esses dispositivos tornam-se especialmente importantes na presença de desvios do foramen apical face ao ápex radicular anatómico e radiográfico, em que o raio-x bidimensional apresenta resultados insatisfatórios. Apesar disso, o seu uso isolado não permite obter informações que o método radiográfico pode fornecer sobre a curvatura e trajetória do canal radicular e da raiz, assim como as condições dos tecidos circundantes, pelo que os dois métodos devem complementar-se ^(9,20). A literatura defende que o uso combinado do EAL com radiografias periapicais forneceu aos profissionais um tratamento previsível com menor tempo de consulta ^(5,19), e que a sua utilização como método auxiliar pode reduzir o número de radiografias necessárias ao longo do tratamento endodôntico, minimizando o uso da radiação e a superestimação frequentemente associada ao raio-x ^(8,15,16).

O CBCT é um método tridimensional particularmente valioso em situações em que o EAL não consegue ser tão eficaz. Contudo, tratando-se de radiações ionizantes, a indicação do CBCT deve ser avaliada criticamente para cada caso tendo sempre em consideração o princípio ALARA. ⁽¹²⁾

5.1 Considerações relativas ao protocolo

- Estudos anteriores revelaram inúmeras inconsistências e variações em relação à constrição apical. Assim sendo, o nosso estudo utilizou como referência o foramen apical na medição do CT REAL, CT EAL e CT CBCT uma vez que é um marco descrito como mais confiável e reproduzível para estudos de precisão ⁽¹⁰⁾. Obviamente no raio-x, dada a impossibilidade de detetar com precisão tanto a constrição como o foramen, a referência utilizada para as medições foi o ápex radiográfico, que pode diferir do foramen apical, daí a possível explicação para os resultados obtidos.
- Tendo em conta a enorme variabilidade anatómica da região apical a faixa de erro aceitável é bastante variável entre estudos. O nosso estudo definiu como limite máximo clinicamente aceitável $\pm 0,5\text{mm}$, tal como Kqiku et al ⁽²⁰⁾ e Lucena et al ⁽¹⁰⁾. No entanto, foram efetuadas comparações no limite de 0 mm, e nos limites de erro admissíveis de 0.1 mm, 0.5 mm e 1 mm à semelhança de outro estudo que comparou as medidas entre o limite de 0 mm e uma margem de erro admissível máxima de 1 mm ⁽⁹⁾, com o objetivo de verificar se existiam diferenças à medida que o intervalo aumentasse.
- Conforme descrito noutros estudos, o comprimento real foi estabelecido subtraindo-se 0,5 mm ao comprimento analisado por método visual uma vez que a ponta da lima, quando detetada visualmente, poderia já estar um pouco além da parte mais coronal do foramen.
- As radiografias foram feitas usando o mesmo molde individual para cada dente em combinação com a técnica de paralelismo o que contribuiu para a reproduzibilidade da técnica radiográfica e redução de potenciais erros de interpretação. Foi escolhida esta técnica radiográfica uma vez que a amostra não incluía dentes multirradiculares, evitando assim sobreposição de raízes e dos canais. Esta técnica é mais precisa, resulta em menor distorção de imagem e produz menos erros que outras técnicas ⁽¹⁹⁾. Por outro lado, é também mais fácil de padronizar através da utilização de um posicionador.
- À semelhança de outros estudos, utilizamos um modelo in vitro preenchido com soro fisiológico como meio eletrocondutor que, ao possuir resistência elétrica semelhante à do tecido do ligamento periodontal, permitiu reproduzir as condições clínicas ao simular o meio oral.



- Muitos estudos utilizam o comprimento “real” do dente obtido por exame clínico visual direto do foramen apical como medida controlo. Esse comprimento real é determinado através de diversas formas e ampliações distintas, e na verdade constitui apenas uma estimativa daquele que será realmente o comprimento real do canal, daí a preferência de utilizarmos o comprimento eletrónico como medida controlo para as medições radiográficas no nosso estudo.
- A confiabilidade do EAL é geralmente avaliada calculando a discrepância entre as medições eletrónicas e um comprimento de referência, determinando a percentagem de medições aceitáveis que se enquadram numa faixa de erro pré-estabelecida arbitrariamente ⁽¹⁰⁾. Para isso, foi determinado o CT REAL com o intuito de testar a precisão do método eletrónico, percebendo se a sua utilização nos confere proximidade com o comprimento real.
- O motivo de utilizarmos o EAL como medida controlo foi, por um lado, testar a concordância entre EAL/CBCT percebendo se a utilização combinada dos 2 métodos seria uma opção válida havendo um CBCT já existente, substituindo assim a necessidade das radiografias periapicais ao longo do processo, e, por outro, comparar EAL/RAIO-X e perceber se existe proximidade suficiente entre os dois métodos, de forma a minimizar a exposição à radiação.
- Por outro lado, em vez da medição do comprimento de trabalho radiográfico, no presente estudo foram medidas as distâncias aparentes (DA) entre a ponta da lima e o foramen, face ao comprimento eletrónico (já conhecido) inserido no dente, o que permitiu uma comparação direta mais minuciosa e precisa entre o comprimento eletrónico e os dois comprimentos radiográficos. Posteriormente, para fins estatísticos, as distâncias aparentes foram somadas ou subtraídas ao comprimento eletrónico o que tornou todas as medidas comparáveis entre si, permitindo assim confrontá-las também com o CT REAL determinado inicialmente.

5.2 Comparação de resultados

Os resultados obtidos no presente estudo rejeitam parcialmente a H_0 ($p < 0.05$) uma vez que foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre os três métodos com o teste de proporções emparelhadas de McNemar nos intervalos 0 ($p < .001$), $\pm 0,1$ ($p < .001$) e $\pm 0,5$ mm ($p < .001$), nomeadamente por superestimação do método radiográfico. No entanto, quando avaliados num limite de erro superior de (± 1 mm) não se verificaram diferenças ($p = 0.625$), sugerindo que, neste limite, os três métodos são igualmente eficazes.

- Na comparação com o comprimento real, no limite 0 mm, prevaleceu a subestimação por parte de todos os métodos sendo que o CBCT e o EAL evidenciam a maior percentagem de acerto (6,7%) partilhando das mesmas percentagens de subestimação e superestimação, enquanto o RAIO-X apresentou apenas 3,3% de acerto, com 78,3% de subestimação e 18,3% de superestimação. No limite de 1 mm as percentagens de acerto sobem para 96,7% (EAL); 93,3% (CBCT) e 81,7% (RAIO-X), o que significa que o EAL produziu a maior percentagem de acerto face ao CT REAL nos limites de 0.5 e 1 mm.
- Na comparação com o EAL, o CBCT foi o que menos erro apresentou, com grande parte das diferenças concentradas em torno de zero enquanto o RAIO-X evidenciou superestimação em todas as margens de erro [Figura 24]. No limite de 0 mm, o raio-x evidenciou apenas 10% de acerto face a 95,0% de acerto por parte do CBCT. No limite 0.5 mm apresentam respetivamente 66,7% vs 96,7% e no limite de 1 mm, os dois métodos foram mais semelhantes com 98,3% de acerto por parte do CBCT face a 95% do RAIOX.

Na literatura existem resultados controversos entre si sendo que as diferenças entre os vários estudos são atribuíveis naturalmente a diferenças entre o desenho do estudo, ao desempenho do observador e também à variabilidade de equipamentos e técnicas utilizadas.⁽¹³⁾

No presente estudo foram avaliadas não só as proporções de acerto (comprimentos concordantes) como também de subestimação (comprimentos aquém) e superestimação (comprimentos excedentes) dos diferentes métodos entre si.

Relativamente à comparação do CT CBCT com o CT EAL, vários estudos reportaram uma forte correlação entre os dois métodos ^(1,7,22,23). Esses resultados apoiam o nosso estudo onde a precisão entre eles varia entre 95% (0 mm) e 98,3% (1mm), com grande parte das diferenças concentradas em torno de zero [Fig. 23]. Por outro lado, Pham VK. et al, avaliaram imagens de CBCT sob diferentes espessuras de corte e concluíram que os dois métodos apenas eram concordantes numa espessura de corte específica ⁽¹³⁾. Quando comparados com o CT REAL, existem resultados díspares na literatura. Yilmaz et al ⁽¹⁴⁾ e Lucena et al ⁽¹⁰⁾ relatam uma maior precisão por parte do EAL tal como Pham VK. et al ⁽¹³⁾ que referem que numa margem de 0.5 mm o EAL obteve os melhores resultados com 100% de precisão. Por outro lado, Pham ⁽¹²⁾ e Mahmoud et al ⁽⁷⁾ afirmam que o CBCT foi mais concordante com o comprimento real, e ainda Amin et al demonstram que não foram encontradas diferenças entre ambos quando comparados com o CT real ⁽¹⁾. No nosso estudo o CBCT e o EAL começam por partilhar da mesma percentagem de acerto (6,7%) numa margem de 0 mm, mas quando avaliados dentro das margens de $\pm 0,5$ mm e ± 1 mm, o EAL evidencia maior percentagem de acerto (96,7%) do que o CBCT (93,3%), face ao CT REAL.

No que concerne à comparação do CT RAIÓ-X com o CT EAL, a maioria dos estudos realiza a comparação de cada um deles relativamente ao comprimento real que utilizaram como medida controlo. Posto isto, alguns autores relatam que não existiram diferenças significativas entre os dois métodos face ao CT REAL ^(3,4,8,20), contrariamente às conclusões do presente estudo. Da mesma forma, Rathore et al ⁽¹⁷⁾ relatam que não houve diferenças significativas entre os métodos exceto nos canais ML e DV de dentes permanentes, e Singh D. et al ⁽¹⁶⁾ concluíram que os resultados são semelhantes entre os dois métodos em casos concordantes com a medida real e de subestimação, mas diferem nas percentagens de superestimação. Por outro lado, muitos artigos afirmam que o EAL é um método mais preciso que o raio x ^(6,9,15,16,19,21), o que vai de encontro aos resultados obtidos no nosso estudo onde o EAL apresenta 6,7% de acerto face a 3,3% do raio-x (0mm) e 96,7% vs 81,7% (1mm). Parekh et al ⁽³⁾ e Pishipati ⁽¹⁵⁾ mediram ambos as distâncias aparentes, tal como no presente estudo, e concluíram que a DA no EAL foi menor (estava mais próxima do valor real e, conseqüentemente, do foramen apical). Kishor ⁽⁸⁾ apesar de afirmar que as diferenças entre os dois métodos não foram significativas, refere o EAL como método mais próximo

do comprimento real assim como Jarad et al ⁽⁴⁾ que concluíram que embora as diferenças também não fossem significativas, o número de obturações aceitáveis no método radiográfico (17) foi inferior às obturações aceitáveis do EAL (21). Singh SV et al realizaram uma comparação direta entre os dois métodos e detetaram que a diferença entre eles foi por superestimação do raio-x face ao método eletrónico ⁽¹⁹⁾, tal como acontece no presente estudo onde o raio-x demonstrou superestimação em 53, 51 e 20 dentes nas margens 0, 0.1 e 0.5 mm. [Tabela 3]

Relativamente aos estudos que avaliaram simultaneamente os 3 métodos em estudo, Morais et al , determinaram que os valores médios obtidos pelo EAL, radiografias periapicais e imagens de CBCT foram 22.25; 22.43 e 22,65, respetivamente, não sendo encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os três métodos ⁽²⁾, ao contrário dos resultados obtidos no presente estudo onde foram detetadas diferenças estatisticamente significativas entre a média dos comprimentos de trabalho do RAIIO-X (25.15) face ao CT REAL (24.59), ao CT EAL (24.68) e ao CT CBCT (24,72) com maior comprimento de trabalho no RAIIO-X. Os nossos resultados estão de acordo com Mahmoud et al que concluíram que as medidas obtidas pelo CBCT e pelo EAL eram muito próximas entre si e concordantes com a medida real, enquanto as radiografias periapicais produziram as medidas menos precisas em comparação com os valores reais ⁽⁷⁾. As descobertas de Yilmaz et al tmb suportam os nossos resultados uma vez que foram detetadas diferenças significativas entre os métodos em termos de comprimentos médios em comparação com as medidas controlo (CT REAL). Concluíram que o localizador apical apresentou a menor variação da medida controlo, que as imagens de CBCT tiveram um desempenho melhor do que a radiografia periapical e que a medida radiográfica digital mostrou diferenças tanto do comprimento real como das outras técnicas em estudo ⁽¹⁴⁾, tal como o presente estudo.

Em relação às taxas de subestimação e superestimação dos diferentes métodos face ao CT REAL na ausência de margem de erro aceitável (0 mm), a maioria dos estudos relataram que as medidas radiográficas se distanciaram dos valores reais mostrando leituras superiores, concluindo que as radiografias digitais superestimaram ligeiramente o comprimento real do canal, face ao comprimento real ^(6,11,14,15,21). Estes resultados discordam do presente estudo onde o raio-x, embora apresente um comprimento de trabalho médio superior a todos os métodos, quando comparado com cada um individualmente dentro das

margens de erro selecionadas, demonstrou resultados díspares, subestimação face ao CT REAL e superestimação face ao CT EAL.

Por fim, Singh SV et al constatou ainda que a precisão do EAL rondou os 75% quando medido na constrição e aumentou para 90% quando o comprimento de trabalho foi medido no foramen apical. O mesmo se verificou com o método radiográfico com as percentagens de 10% de precisão na localização da constrição e 45% na localização do foramen ⁽¹⁹⁾, assim como Lucena et al que concluíram no seu estudo que o EAL foi mais preciso na localização do foramen apical do que a constrição apical. ⁽¹⁰⁾

5.3 Limitações do estudo

- Este estudo apresenta várias limitações, nomeadamente ser um estudo facilitado por condições in vitro, restringindo-se apenas a uma amostra homogénea de dentes caninos que partilha das mesmas características, impossibilitando a extrapolação dos dados obtidos para a restante dentição que apresente qualquer um dos critérios excluídos.
- Os estudos in vitro permitem avaliar um grande número de dentes, possibilitando uma análise estatística confiável dos dados obtidos. Além disso, todas as condições clínicas em estudo podem ser controladas e manipuladas, contrariamente ao que acontece na prática clínica. Ao utilizar dentes extraídos foi também possível estabelecer uma estimativa do comprimento real do canal radicular através do exame clínico direto por método visual do foramen apical (o que não seria possível in vivo), e ainda foi avaliada a precisão do CBCT na ausência de muitos artefactos existentes no ambiente clínico, como por exemplo, interferências resultantes do movimento e ruído anatómico causado pela sobreposição das restantes estruturas da cavidade oral, restaurações metálicas, braquetes, implantes ou coroas metálicas.
- Por outro lado, a principal desvantagem dos estudos in vitro é a impossibilidade de simular a 100% as condições reais existentes inviabilizando ocasionalmente a extrapolação dos seus resultados para o cenário clínico.
- Relativamente ao CBCT o nosso estudo não utilizou configurações e parâmetros ideais predefinidos. Estudos futuros beneficiariam de investigação sobre todos os critérios

potencialmente responsáveis pelas diferenças encontradas entre as diferentes pesquisas.

- Conforme esclarecido nos materiais e métodos, a determinação do comprimento real foi realizada com os meios disponíveis (lupas binoculares) e com uma ampliação reduzida relativamente à maioria dos estudos (3.5x), o que lhe confere um caráter menos preciso relativamente àqueles que utilizaram metodologias distintas.
- Neste estudo foram utilizadas apenas limas K10 e K15 e os canais não foram instrumentados. Vários estudos sugerem que a precisão do EAL varia em função do diâmetro do foramen e do canal radicular, assim como da lima utilizada ⁽¹⁰⁾, pelo que seria interessante avaliar todos esses fatores em canais previamente instrumentados.
- Este estudo utilizou uma concentração de hipoclorito de 0.5%, o que poderá ter interferido ou não nos resultados obtidos. Estudos anteriores utilizam concentrações distintas que variam entre 0.5% e 5%. Seria pertinente avaliar a influência do tipo de irrigante e da sua concentração percebendo se este é um fator determinante na determinação do CT.
- O presente estudo utilizou o EAL Woodpex V de 5ª geração que funciona com base em tecnologias avançadas de medição de impedância de rede de múltiplas frequências e calibração automática, que lhe confere uma taxa de precisão elevada. Na literatura são testadas diferentes gerações de EAL's o que justifica a variabilidade de resultados uma vez que a cada geração estão associadas variações na precisão e exatidão das medições efetuadas. Os resultados obtidos no presente estudo estão intimamente relacionados e dependentes do EAL utilizado.
- No presente estudo, a medição da DA na radiografia digital foi efetuada em relação ao ápex radiográfico, o que provavelmente foi um fator determinante e responsável pelos resultados de superestimação face ao CT EAL, obtidos neste método. Vários estudos, subtraem um valor predefinido, normalmente 1 mm ao comprimento radiográfico do dente uma vez que o limite apical ideal é definido 0,5 a 1,0 mm aquém do ápice radiográfico ⁽¹⁹⁾. Consequentemente esses estudos obtêm resultados do comprimento radiográfico digital mais próximos do eletrónico e do real, sem diferenças significativas.
- Sugere-se também a avaliação de diversos parâmetros como o tempo médio para utilização de cada método na determinação do CT e a sua influência no tempo de

consulta, a variação anatômica do canal radicular, a presença de restaurações, assim como a interferência da idade e do sexo do paciente.

- Estudos futuros são necessários para analisar com maior precisão os possíveis fatores de influência que possam contribuir para as incompatibilidades encontradas entre estudos. Devem ser priorizados estudos in vivo que mantenham as condições mais aproximadas da realidade de forma a obter resultados mais ajustados à prática clínica. Para além disso, outros estudos beneficiariam de novas metodologias e uma amostra maior e mais heterógena de forma a possibilitar a extrapolação dos dados para toda a dentição.

5.4 Considerações finais

- Existem inúmeras desvantagens associadas ao método radiográfico digital. No entanto, a superestimação evidenciada foi provavelmente justificada pela medição efetuada em relação ao ápex radiográfico dada a impossibilidade de detetar o foramen com precisão nesta técnica bidimensional. Consequentemente, para evitar o risco de sobreinstrumentação por parte do raio x digital, deve ser subtraído 0,5mm-1mm aquando da utilização deste método de forma a fazer coincidir as medidas com o método eletrónico.
- O desempenho do EAL pode ser afetado negativamente por várias condições como complexidades anatômicas, falta de patência, condutividade elétrica de restaurações metálicas, pacemaker cardíaco e variações no posicionamento, tamanho e número do foramen. Como tal, a combinação com o método radiográfico deve ter-se sempre em consideração, até porque de acordo com os resultados obtidos, numa margem clínica de 1 mm, não existem diferenças significativas entre os dois métodos.
- Considera-se que o CBCT pode ser usado para determinação do CT quando existe um CBCT já disponível realizado por indicações prévias, como por exemplo, para avaliação radiológica de patologias ósseas, determinação das dimensões ósseas previamente à colocação de implantes, diagnóstico pormenorizado de fraturas radiculares e de reabsorções radiculares externas e ainda para planeamento de cirurgia apical. Sendo um método com eficácia superior ao raio x digital, as suas imagens podem substituir as radiografias periapicais iniciais e as radiografias de comprimento de trabalho,

mostrando-se particularmente valioso nos casos em que o EAL não é tão eficaz. No entanto, de acordo com o princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable) em radiologia médica, a aquisição de um novo CBCT especificamente para determinação do CT no tratamento endodôntico não é recomendada devido aos custos elevados e à alta exposição à radiação. Este princípio determina que os riscos devem ser reduzidos a um nível que seja tão baixo quanto razoavelmente praticável. Ao avaliar a relação risco-benefício, ele impede a realização de um CBCT exclusivamente com esse propósito. Quando utilizado para determinação do CT, este deve também aliar-se ao método eletrônico que posteriormente confirmará o CT, evitando uma nova exposição radiográfica. Assim, o CBCT não deve ser eleito como técnica de primeira escolha para determinação do CT nem deve ser utilizado regularmente para esse efeito.

- Não existe acordo na escolha de um método ideal, sendo que cada um tem diferentes indicações mostrando-se vantajoso mediante condições específicas. Cada caso deve ser avaliado criteriosamente e apesar de todos os métodos se mostrarem igualmente eficazes na margem de 1 mm, o conhecimento e a experiência do clínico assumem uma importância primordial na compreensão e utilização correta de todos os equipamentos e avanços tecnológicos, o que constitui a base para o sucesso de qualquer tratamento endodôntico.

6. Conclusões

Com as limitações do presente estudo, pode concluir-se que:

- ✓ O EAL possui uma elevada taxa de precisão, sendo o método que mais se aproxima do CT REAL.
- ✓ No limite clinicamente aceitável definido neste estudo para rejeição da H0 ($\pm 0,5$ mm), o CBCT evidencia uma elevada concordância com o método eletrónico enquanto o raio-x apresenta menor precisão, distanciando-se de ambos por superestimação.
- ✓ Quando avaliados num limite superior (± 1 mm) os 3 métodos não apresentam diferenças significativas entre si.

As limitações e desvantagens do uso exclusivo do método radiográfico para determinar o CT são bem conhecidas. Apesar da elevada precisão do método eletrónico, o seu desempenho pode também ser afetado negativamente por várias condições que resultam em leituras instáveis e medidas inadequadas. Como tal, de forma a obter resultados mais precisos na determinação do comprimento de trabalho, sugere-se a utilização combinada do método eletrónico e radiográfico, permitindo assim combater as limitações de cada um, aproveitando simultaneamente as suas vantagens. Por outro lado, na presença de um CBCT já disponível, as suas imagens podem ser aproveitadas para a determinação do comprimento de trabalho substituindo as radiografias periapicais, no entanto a aquisição de um novo CBCT especificamente para determinação do CT no tratamento endodôntico não é recomendada.

7. Referências

1. Amin J, Lines J, Milosevic MP, Park A, Sholapurkar A. Comparison of Accuracy and Reliability of Working Length Determination Using Cone Beam Computed Tomography and Electronic Apex Locator: A Systematic Review. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20(9):1118-1123.
2. de Moraes AL, de Alencar AH, Estrela CR, Decurcio DA, Estrela C. Working Length Determination Using Cone-Beam Computed Tomography, Periapical Radiography and Electronic Apex Locator in Teeth with Apical Periodontitis: A Clinical Study. *Iran Endod J.* 2016;11(3):164-168.
3. Parekh V, Taluja C. Comparative study of periapical radiographic techniques with apex locator for endodontic working length estimation: an ex vivo study. *J Contemp Dent Pract.* 2011;12(2):131-134.
4. Jarad FD, Albadri S, Gamble C, et al. Working length determination in general dental practice: a randomised controlled trial. *Br Dent J.* 2011;211(12):595-598.
5. Abidi SYA, Azfar M, Nayab T, et al. Accuracy of working length measurement with endo motor having built-in apex locator and comparison with periapical radiographs. *J Pak Med Assoc.* 2020;70(3):437-441.
6. Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J.* 2011;44(6):510-518.
7. Mahmoud O, Awad Abdelmagied MH, Dandashi AH, Jasim BN, Tawfik Kayali HA, Al Shehadat S. Comparative Evaluation of Accuracy of Different Apex Locators: Propex IQ, Raypex 6, Root ZX, and Apex ID with CBCT and Periapical Radiograph-In Vitro Study. *Int J Dent.* 2021;2021:5563426.
8. Kishor KM. Comparison of working length determination using apex locator, conventional radiography and radiovisiography: an in vitro study. *J Contemp Dent Pract.* 2012;13(4):550-553.
9. Real DG, Davidowicz H, Moura-Netto C, et al. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;111(3):e44-e49.
10. Lucena C, López JM, Martín JA, Robles V, González-Rodríguez MP. Accuracy of working length measurement: electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014;47(3):246-256.
11. Faraj BM. Preoperative Estimation of Endodontic Working Length with Cone-Beam Computed Tomography and Standardized Paralleling Technique in comparison to Its Real Length. *Biomed Res Int.* 2020;2020:7890127.
12. Van Pham K. Endodontic length measurements using 3D Endo, cone-beam computed tomography, and electronic apex locator. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):271.



13. Pham VK, Pham TL. Root canal length estimated by cone-beam computed tomography at different slice thicknesses, dedicated endodontic software, or measured by an electronic apex locator. *Sci Rep.* 2022;12(1):6531.
14. Yılmaz F, Kamburoğlu K, Şenel B. Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different Voxel Sizes and Field of Views, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative Ex Vivo Study. *J Endod.* 2017;43(1):152-156.
15. Chakravarthy Pishipati KV. An In Vitro Comparison of Propex II Apex Locator to Standard Radiographic Method. *Iran Endod J.* 2013;8(3):114-117.
16. Singh D, Tyagi SP, Gupta S, Jain A. Comparative evaluation of adequacy of final working length after using Raypex5 or radiography: an in vivo study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2015;33(3):208-212.
17. Rathore K, Tandon S, Sharma M, Kalia G, Shekhawat T, Chundawat Y. Comparison of Accuracy of Apex Locator with Tactile and Conventional Radiographic Method for Working Length Determination in Primary and Permanent Teeth. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2020;13(3):235-239.
18. Orosco FA, Bernardineli N, Garcia RB, Bramante CM, Duarte MA, Moraes IG. In vivo accuracy of conventional and digital radiographic methods in confirming root canal working length determination by Root ZX. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(5):522-525.
19. Singh SV, Nikhil V, Singh AV, Yadav S. An in vivo comparative evaluation to determine the accuracy of working length between radiographic and electronic apex locators. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):359-362.
20. Kçıku L, Städtler P. Radiographic versus electronic root canal working length determination. *Indian J Dent Res.* 2011;22(6):777-780.
21. Mandlik J, Shah N, Pawar K, Gupta P, Singh S, Shaik SA. An in vivo evaluation of different methods of working length determination. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(4):644-648.
22. Janner SF, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM. Precision of endodontic working length measurements: a pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. *J Endod.* 2011;37(8):1046-1051.
23. Jeger FB, Janner SF, Bornstein MM, Lussi A. Endodontic working length measurement with preexisting cone-beam computed tomography scanning: a prospective, controlled clinical study. *J Endod.* 2012;38(7):884-888.

Anexos

Anexo 1: Comunicações Científicas em Congressos na Forma de Poster

Avaliação da determinação do comprimento de trabalho recorrendo a 3 métodos: localizador eletrônico apical, CBCT e radiografia digital

Dis. S. J. Miller P. J. Ferraz A. J. Bernardino P. J.
*Aluno do 5º ano do curso de M.M.M.D na IUCS
† Professor auxiliar do IUCS
‡ Assistente convidado do IUCS
§ Professor auxiliar convidado do IUCS



Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico está intimamente relacionado e dependente da correta determinação do comprimento de trabalho. De forma a criar um selamento hermético, a terminação do canal deve ser identificada com precisão permitindo confinar a instrumentação e, por conseguinte, a obturação ao interior do canal. Devido às fracas evidências científicas e à heterogeneidade dentro desta temática, levantam-se questões acerca do método "ideal" a utilizar de maneira a simplificar todo o tratamento, tornando-o mais eficiente e previsível.

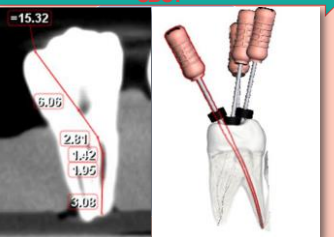
Objetivo

O objetivo deste poster é enumerar e comparar os diferentes métodos utilizados na determinação do comprimento de trabalho.

Materiais e Métodos

Foi realizada uma pesquisa na base de dados PubMed em Março de 2022, utilizando várias combinações das palavras-chave "apex locator"; "cone beam computed tomography"; "conventional radiography"; "endodontics"; "working length"; "comparison". A pesquisa resultou num total de 91 artigos e após a aplicação de diferentes critérios foram selecionados 12 artigos.

Discussão

Radiografia digital	Localizador eletrônico apical	CBCT
 <p>Fig 1 Measurement of the endodontic working length with an ISO 15 K-file and obturation radiograph. (Janner et al. 2011)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Visualização de toda a extensão do dente, raízes e complexidade anatômica dos canais, assim como todas as estruturas perirradiculares ➢ Imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional ➢ Exposição à radiação ionizante ➢ Aumento do tempo de consulta ➢ Dependente da cooperação do paciente ➢ Exige sensibilidade técnica e está sujeita a subjetividade do observador ➢ Desempenho suscetível a erros de projeção devido a ampliação, distorções ou sobreposições ➢ Incapacidade de detetar a restrição apical (ápex radiográfico ≠ ápex anatómico) 	 <p>Fig 2 Working length determination by Root ZX apex locator (Malik et al. 2015)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Complemento importantíssimo da radiografia convencional com alta confiabilidade, precisão e reprodutibilidade na localização do foramen apical ➢ Reduz significativamente o tempo de consulta contribuindo para a cooperação do paciente ➢ Reduz a dose da radiação ionizante à qual o paciente e o clínico são expostos ➢ Eficácia limitada no caso de perfurações, reabsorções, calcificações ou variações anatômicas do canal ➢ A sua precisão diminui quando o diâmetro do foramen apical aumenta ➢ Desempenho afetado pela falta de patência, condutividade elétrica da restauração, posicionamento lateral do foramen apical ou presença de múltiplos foramen 	 <p>Fig 3 Boneview measurement on the conventional CBCT software (Van Pham K. 2021) Fig 4 Corrected length measurement on the 3D Endo software (Van Pham K. 2021)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Permite um diagnóstico preciso, planeamento adequado do tratamento e instrumentação previsível do canal ➢ Avaliação da anatomia do canal radicular com precisão submilimétrica em 3 dimensões ➢ Capacidade de criação do trajeto do canal de forma semi-automática, permitindo ajustes manuais por parte do operador. ➢ Método particularmente valioso em retratamentos economizando tempo e evitando instrumentação excessiva. ➢ Útil em situações específicas de complexidade morfológica do canal, reabsorções, calcificações, perfurações ou lesões apicais ➢ Maior custo e necessidade de formação qualificada ➢ A sua dose de radiação eficaz é superior à da radiografia intraoral ➢ Relação risco-benefício muito alta para que o CBCT seja utilizado como uma ferramenta rotineira de diagnóstico

Conclusão

Não existe acordo na escolha de um método ideal, sendo que cada um tem diferentes indicações mostrando-se vantajoso mediante condições específicas. A combinação de métodos deve ter-se sempre em consideração.

Bibliografia

1. Amin J, Liles J, Milosevic MP, Park A, Shalupkar A. Comparison of accuracy and reliability of working length determination using cone beam computed tomography and electronic apex locator: A systematic review. Vol. 20, Journal of Contemporary Dental Practice. Jaggie Brothers Medical Publishers (J) Ltd 2019. p. 1118-23. / Z. Sahni A, Kapoor R, Gandhi K, Kumar D, Datta G, Mahotra A. A comparative evaluation of efficacy of electronic apex locator, digital radiography, and conventional radiographic method for root canal working length determination in primary teeth: An in vitro study. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2020 Sep 13(3):523-8. / A. Nguyen PH, van Pham K. Endodontic length measurements using different modalities: An in vitro study. Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. 2020 Nov 13(5):752-8. / A. de Macedo AJC, de Alencar AJC, de Araújo Estrela CR, de Moura DA, Estrela C. Working length determination using cone-beam computed tomography, panoramic radiography and electronic apex locator in teeth with apical periodontitis: A clinical study. Iranian Endodontic Journal. 2016 Jun 17(3):164-8. / J. Janner SFM, Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM. Precision of endodontic working length measurements: A pilot investigation comparing cone-beam computed tomography scanning with standard measurement techniques. Journal of Endodontics. 2019 Aug 13(8):1046-51. / K. Babize K, Tandon S, Sharma M, Kalia G, Shekawat T, Chandraa T. Comparison of accuracy of apex locator with tactile and conventional radiographic method for working length determination in primary and permanent teeth. International Journal of Clinical Pediatric Dentistry. 2020 May 13(3):235-8. / Z. van Pham K. Endodontic length measurements using cone beam computed tomography with dedicated or conventional software at different canal sizes. Scientific Reports. 2021 Dec 11(11). / A. Malik A, Kaur K, Paul V. Comparison of Conventional Radiography, Radiography and Root ZX Apex Locator in Working Length Determination: An In Vitro Study. International Journal of Scientific Study [Internet]. 2019;2(2). Available from: www.ijss-science.org. / B. Luoma C, López JM, Martín JA, Bales J, González-Rodríguez MP. Accuracy of working length measurement: Electronic apex locator versus cone-beam computed tomography. International Endodontic Journal. 2014 Mar 47(3):246-56. / M. Alshai SFA, Adra M, Nayfeh T, Shaukat A, Hasan M, Baig NN, et al. Accuracy of working length measurement with endo motor having built-in apex locator and comparison with periapical radiography. Journal of the Pakistan Medical Association. 2020;74(3):437-41. / H. Yamazaki F, Kambayashi K, Joneil B. Endodontic Working Length Measurement Using Cone-beam Computed Tomographic Images Obtained at Different View: Sites and Field of View, Periapical Radiography, and Apex Locator: A Comparative Ex Vivo Study. Journal of Endodontics. 2017 Jan 14(3):152-6. / K. van Pham K. Endodontic length measurements using 3D Endo, cone-beam computed tomography, and electronic apex locator. BMC Oral Health. 2021 Dec 12(21).

Anexo 2: Aprovação da Comissão de Ética



Comissão de Ética

Exmo. Senhor Investigador
Prof. Doutor Paulo Manuel Cruz Miller

N/Ref.º: CE/IUCS/CESPU-20/22

Data: 2022/junho/06

Assunto: - Parecer relativo ao Projeto de Investigação: 11/CE-IUCS/2022

- Título do Projeto: *"Eficácia diagnóstica da tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT) em Endodontia"*

- Investigador responsável: Prof. Doutor Paulo Manuel Cruz Miller

Exmo. Senhor,

Informo V. Exa. que o projeto supracitado foi analisado na reunião da Comissão de Ética do IUCS, da CESPU, CrL, no dia 02/06/2022.

A Comissão de Ética emitiu um parecer **favorável** à realização do projeto tal como apresentado.

Com os melhores cumprimentos.

  **CESPU**
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
Rua Central de Gandra, 1317
4585-116 GANDRA PRD • Portugal
T. +351 224157100 • F. +351 224157101
www.cespu.pt

Prof. Doutor José Carlos Márcia Andrade
Presidente da Comissão de Ética do IUCS

