

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Lara Amanda Diel

Influência de diferentes recursos para análise de imagens de microtomografia na  
avaliação da qualidade da obturação de canais radiculares: um estudo metodológico

Porto Alegre

2024

Lara Amanda Diel

Influência de diferentes recursos para análise de imagens de microtomografia na avaliação da qualidade da obturação de canais radiculares: um estudo metodológico

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica - Endodontia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Maria Poli Kopper Móra

Linha de Pesquisa: Biomateriais e Técnicas Terapêuticas em Odontologia.

Porto Alegre

2024

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Jacinta e Mário, por serem verdadeiras fontes de amor e dedicação incondicionais. Agradeço por apoiarem minhas decisões e pelo esforço para proporcionar as melhores condições para alcançar os meus sonhos.

À minha irmã, Cristiane, amiga e companheira de todas as horas. Meu orgulho e minha inspiração.

Ao meu namorado, Caio, meu parceiro de vida e sonhos. Por incansavelmente me auxiliar nesse período, por todo amor e dedicação.

Um agradecimento especial a minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Maria Poli Kopper Móra, pela paciência, dedicação, comprometimento, ensinamentos que foram fundamentais para meu desenvolvimento na endodontia. Serei eternamente grata.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação da FO-UFRGS, pelos ensinamentos prestados durante as aulas e aos colegas do mestrado, pela convivência.

Aos meus amigos, tanto os de longa data quanto os que fiz nesse período em Porto Alegre, obrigada por estarem sempre ao meu lado, compartilhando risadas, conselhos e momentos de descontração que foram essenciais ao longo desta caminhada.

À minha orientadora do TFG durante a graduação, Prof<sup>a</sup>. Ms. Pâmela Gutheil Diesel, agradeço pelo estímulo à pesquisa e pelo apoio na jornada rumo ao mestrado.

A todos que contribuíram de alguma forma para eu ter chegado até aqui.

**“O futuro pertence àqueles que acreditam na  
beleza de seus sonhos.”**

(Eleanor Roosevelt)

## RESUMO

Este estudo teve como objetivo comparar a distorção volumétrica de obturações de canais radiculares com um cimento resinoso e um cimento biocerâmico, empregando diferentes formatos de arquivos de imagens de microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT). Foram utilizados 30 dentes incisivos inferiores humanos como amostra. Os canais foram preparados com limas WaveOne Gold Medium, obturados com cone único usando AH Plus (n=15) ou Bio-C Sealer (n=15) e escaneados em  $\mu$ CT antes e depois da obturação. As imagens de  $\mu$ CT foram armazenadas em: JPG, TIFF e DICOM, com variações de "Brilho/Contraste" para JPG e TIFF. Utilizando os *softwares* CTAn e ImageJ, mensurou-se o volume do canal preparado, da obturação e dos espaços vazios. O volume da obturação e o volume total do canal obturado (espaços vazios mais obturação) foram comparados em relação ao canal preparado, empregando o teste T de Student pareado. O percentual relativo entre o volume do canal preparado e o volume total do canal obturado foi utilizado para comparar as amostras entre os programas, em cada formato de imagem, utilizando o teste de Mann-Witney U. Para comparar as amostras de cada grupo (AH Plus e Bio-C Selaer) nos diferentes formatos de imagem, o teste de Friedman, seguido do post hoc de Dunn, foi utilizado. O nível de significância foi estabelecido em 5%. Nas amostras obturadas com AH Plus, avaliadas no CTAn, o volume do canal obturado foi semelhante ao volume do canal preparado, enquanto no ImageJ foi maior nas imagens em JPG e TIFF, ambos sem filtro ( $P < 0,05$ ). No CTAn, o volume total do canal obturado foi maior que o volume do canal preparado nos formatos JPG com e sem filtro e TIFF sem filtro ( $P < 0,05$ ). No ImageJ, somente TIFF com filtro não teve diferença significativa ( $P > 0,05$ ). Nas amostras obturadas com Bio-C Selaer, analisadas no CTAn, o volume da obturação foi maior que o volume do canal preparado em todos os formatos de imagem ( $P < 0,05$ ), enquanto no ImageJ teve diferenças significativas as imagens em JPG e TIFF com e sem filtro ( $P < 0,05$ ). No CTAn, o volume total do canal obturado foi maior que o volume do canal preparado nos formatos JPG sem filtro e TIFF com e sem filtro ( $P < 0,05$ ). No ImageJ, houve diferenças significativas nos formatos JPG sem filtro e TIFF com e sem filtro ( $P < 0,05$ ). Na análise da proporção, nos grupos do AH Plus e do Bio-C Sealer, o volume total do canal obturado foi maior que o volume do canal preparado nas imagens em JPG e TIFF, ambos sem filtro. O percentual do volume relativo das amostras obturadas com AH Plus em JPG e TIFF, ambos com filtro, foi significativamente maior que as obturadas com Bio-C Sealer ( $P < 0,05$ ). O programa de análise não modificou a relação entre os volumes ( $P > 0,05$ ). Conclui-se que as imagens de dentes com canais obturados adquiridas através da  $\mu$ CT produzem artefatos. Cimentos com maior radiopacidade, como o AH Plus, produzem mais artefatos. Para reduzi-los, as imagens devem ser salvas em TIFF com filtro, independentemente do programa de análise.

**Palavras-chave:** Microtomografia por Raio-X. Artefato. Processamento Digital de Imagens. Obturação do Canal Radicular.

## ABSTRACT

This study aimed to compare the volumetric distortion of root canal fillings using a resin cement and a bioceramic cement, employing different micro-computed tomography ( $\mu$ CT) image file formats. Thirty human lower incisors were used as samples. The canals were prepared with WaveOne Gold Medium files, filled with single cone technique using AH Plus (n=15) or Bio-C Sealer (n=15), and scanned in  $\mu$ CT before and after filling. The  $\mu$ CT images were stored in JPG, TIFF, and DICOM formats, with "Brightness/Contrast" variations for JPG and TIFF. Using CTAn and ImageJ software, the volume of the prepared canal, the filling, and the voids were measured. The filling volume and the total filled canal volume (voids plus filling) were compared to the prepared canal volume using the paired Student's T-test. The relative percentage between the prepared canal volume and the total filled canal volume was used to compare the samples between the programs, in each image format, using the Mann-Whitney U test. To compare the samples of each group (AH Plus and Bio-C Sealer) in different image formats, the Friedman test, followed by Dunn's post hoc test, was used. The significance level was set at 5%. In the samples filled with AH Plus, evaluated in CTAn, the filled canal volume was similar to the prepared canal volume, while in ImageJ it was greater in JPG and TIFF images, both without filter ( $P < 0,05$ ). In CTAn, the total filled canal volume was greater than the prepared canal volume in JPG (with and without filter) and TIFF (without filter) formats ( $P < 0,05$ ). In ImageJ, only TIFF with filter showed no significant difference ( $P > 0,05$ ). In the samples filled with Bio-C Sealer, analyzed in CTAn, the filling volume was greater than the prepared canal volume in all image formats ( $P < 0,05$ ), while in ImageJ, significant differences were observed in JPG and TIFF images (with and without filter) ( $P < 0,05$ ). In CTAn, the total filled canal volume was greater than the prepared canal volume in JPG without filter and TIFF (with and without filter) formats ( $P < 0,05$ ). In ImageJ, significant differences were observed in JPG without filter and TIFF (with and without filter) formats ( $P < 0,05$ ). In the proportion analysis, in the AH Plus and Bio-C Sealer groups, the total filled canal volume was greater than the prepared canal volume in JPG and TIFF images, both without filter. The relative volume percentage of samples filled with AH Plus in JPG and TIFF, both with filter, was significantly greater than those filled with Bio-C Sealer ( $P < 0,05$ ). The analysis software did not modify the relationship between the volumes ( $P > 0,05$ ). It is concluded that  $\mu$ CT images of teeth with filled canals produce artifacts. Cements with higher radiopacity, such as AH Plus, produce more artifacts. To reduce them, images should be saved in TIFF with filter, regardless of the analysis software used.

**Keywords/Palabras-clave/Mot-clés:** X-Ray Microtomography. Artefact. Image Processing, Computer-Assisted. Root Canal Obturation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 CONCLUSÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>17</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A finalidade do tratamento endodôntico é realizar a limpeza e modelagem seguido da obturação/selamento do sistema de canais radiculares (TOMSON; POLYCARPOU; TOMSON, 2014; WHITWORTH, 2005). A qualidade da obturação tem sido relacionada com o sucesso do tratamento endodôntico (KIRKEVANG & HØRSTED-BINDSLEV, 2002; TAVARES et al., 2009), pois ela tem como objetivo preencher o sistema de canais e evitar que microrganismos ou seus subprodutos se espalhem para os tecidos periapicais (LOPES; SIQUEIRA, 2004). Caso o selamento obtido pela obturação radicular seja incompleto, a penetração de fluidos dos tecidos pode criar um ambiente propício para o desenvolvimento de bactérias. Adicionalmente, espaços vazios e outras imperfeições menores na obturação, que frequentemente passam despercebidos em exames radiográficos, podem levar à recontaminação do sistema de canais radiculares (SIQUEIRA, 2001).

Na etapa da obturação do canal radicular o preenchimento do espaço modelado, antes ocupado pela polpa, é realizado com cones de guta-percha associados a um cimento endodôntico (TOMSON; POLYCARPOU; TOMSON, 2014). A guta-percha é um material sólido e radiopaco na forma de um cone e é classificada em dois tipos: os principais (calibrados) e os auxiliares. Os cones de guta-percha apresentam uma composição básica de guta-percha (de 19% a 20%), óxido de zinco (60% a 75%), radiopacificadores, como o sulfato de bário (1,5% a 17%), e outras substâncias, como resinas, ceras e corantes (1% a 4%). Uma de suas desvantagens é não ter adesividade, não se aderindo às paredes da dentina, o que exige a complementação da obturação com cimentos endodônticos (LOPES; SIQUEIRA, 2004).

Os cimentos endodônticos objetivam diminuir a interface entre a guta-percha e as paredes do canal radicular (LOPES; SIQUEIRA, 2004). São classificados conforme a sua composição, existindo uma gama de cimentos disponíveis no mercado. O AH Plus (Dentsply/De Trey, Konstanz, Alemanha) é um cimento à base de resina do tipo epóxi, sendo empregado como padrão ouro nas pesquisas por suas excelentes propriedades físico-químicas. No entanto, a principal limitação do AH Plus é a ausência de propriedades bioativas (SILVA ALMEIDA et al., 2017). Em contrapartida, os cimentos à base de silicato de cálcio apresentam biocompatibilidade e bioatividade



e apresentam resistência de união semelhante ao AH Plus (SILVA ALMEIDA et al., 2017). O Bio-C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) é um cimento, pronto para uso, contendo silicatos de cálcio, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônio, óxido de ferro, dióxido de silício (LÓPEZ-GARCÍA et al., 2019).

No intuito de identificar a melhor técnica e os melhores materiais para o preenchimento dos canais radiculares, a qualidade desse preenchimento com diferentes cimentos endodônticos tem sido objeto de pesquisa (ROCHA et al., 2020). Neste sentido, observa-se que a radiopacidade dos materiais pode interferir na aferição da qualidade do preenchimento dos canais. Esta é uma propriedade essencial para os materiais obturadores, pois permite a diferenciação da obturação do canal e as demais estruturas anatômicas, além de permitir a avaliação da qualidade da obturação (AL-HADDAD et al., 2016; BEYER-OLSEN, ORSTAVIK, 1981; KATZ et al., 1990). A norma ISO 6876:2001 para materiais obturadores estabelece que a radiopacidade mínima de um cimento obturador deve ser de 3 mm de alumínio (Al). Os cones de guta-percha com 1 mm de espessura apresentam radiopacidade equivalente a 6,44 mm de alumínio (LOPES; SIQUEIRA, 2004). Estudos como do Kwak et al. (2023) e Zordan-Bronzel et al. (2019) compararam a radiopacidade dos cimentos e demonstraram que a radiopacidade do AH Plus (11,1mmAl e 9.2 mmAl) foi significativamente maior do que a do Bio-C Sealer (6,4mmAl e 5.5 mmAl), respectivamente, sendo que ambos apresentaram radiopacidade acima do mínimo exigido pela ISO.

As radiografias convencionais são frequentemente empregadas na avaliação da qualidade do tratamento endodôntico, entretanto, os vazios na obturação podem ser ocultados devido à sobreposição anatômica inerente à sua natureza bidimensional (HUYBRECHTS et al., 2009; SOGUR et al.; 2007). Alternativamente, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido utilizada em Odontologia por sua ampla capacidade clínica de obter imagens tridimensionais (3D). Na Endodontia é utilizada na detecção de fraturas radiculares, avaliação de obturações de canais radiculares e patologias periapicais. No entanto, vários autores indicam que dentes submetidos a tratamento de canal frequentemente exibem numerosos artefatos ao serem analisados com o uso de TCFC (DECURCIO et al., 2012; RODRIGUES et al., 2021; VASCONCELOS et al., 2015). Tais artefatos resultam dos materiais de alta densidade empregados na etapa de preenchimento dos canais radiculares, como os cimentos endodônticos, cones de guta-percha, retentores intra-radiculares, entre

outros, que podem resultar em diagnósticos incorretos ou resultados falso-positivos (CELIK TEN et al., 2017; CELIK TEN et al., 2019; DECURCIO et al., 2012; SCHULZE et al., 2011).

Um artefato de imagem pode ser descrito como uma estrutura visualizada nos dados reconstruídos que não corresponde a nenhuma estrutura real do objeto analisado. Em termos gerais, esses artefatos surgem devido a diferenças entre as verdadeiras condições físicas da configuração de medição e as simplificações matemáticas adotadas para a reconstrução tridimensional. Os artefatos em imagens podem ter origem em várias fontes, incluindo o paciente, o equipamento de escaneamento, o campo de visão (FOV) e características específicas do feixe de raios X, como o endurecimento do feixe (SCHULZE et al., 2011).

O endurecimento do feixe representa a causa mais frequente de artefatos (DE MAN, 1999; DE MAN, 2000), o que leva a variados tipos de artefatos, como artefato de escavação, halo hipodenso e estrias escuras. Nos casos dos canais obturados, o artefato de escavação surge pelo endurecimento do feixe, caracterizando-se pela distorção visual da obturação, o que impede a correta apreciação de sua forma. O halo hipodenso, por sua vez, refere-se à área escura ao redor do material obturador, originada por dados alterados também em razão do endurecimento do feixe (SCHULZE et al. 2011; VASCONCELOS et al., 2015).

Em vista disso, materiais usados no preenchimento dos canais radiculares podem igualmente induzir a distorções volumétricas ou também chamado de efeito de florescimento, resultando em uma avaliação superestimada das obturações visualizadas através da TCFC (CELIK TEN et al., 2017; CELIK TEN et al., 2019; RODRIGUES et al., 2021; VASCONCELOS et al., 2015). Tais combinações de artefatos têm o potencial de afetar negativamente a precisão diagnóstica na identificação de espaços vazios (HUYBRECHTS et al., 2009; SOGUR et al., 2007; DECURCIO et al., 2012). Embora não seja possível eliminar completamente os artefatos, é possível diminuí-los através do uso de materiais de menor densidade ou pela implementação de algoritmos específicos ou filtros para a redução de artefatos em imagens de TCFC (VASCONCELOS et al., 2015).

Em estudos *in vitro* na área da Odontologia, a microtomografia computadorizada ( $\mu$ CT) tem sido empregada em diversas pesquisas. Esta técnica proporciona imagens de alta resolução, além de permitir análises qualitativas e quantitativas de dentes, ossos e implantes (GHAVAMI-LAHIJI et al., 2021). No campo

da Endodontia começou a ser utilizada por Nielsen et al. (1995), e hoje é particularmente empregada para a avaliação da qualidade de obturações dos canais radiculares, da morfologia dos canais, da eficácia do preparo e da irrigação dos canais (PINTO et al. 2021, CELIKTEN et al., 2017; SWAIN, XUE, 2009). Em vários estudos, é considerada como o padrão ouro, em especial quando deseja-se comparar imagens de diferentes dispositivos de TCFC, seja para avaliar o preparo dos canais, o volume da obturação ou a presença de espaços vazios no interior de canais obturados (CELIKTEN et al., 2017; CELIKTEN et al., 2019; LAMIRA et al., 2022; RODRIGUES et al., 2021).

A  $\mu$ CT é uma radiografia em 3D, empregando a mesma técnica da tomografia hospitalar, mas em pequena escala e com uma resolução significativamente maior. Sua principal vantagem é ser uma técnica não invasiva que fornece uma proporcionalidade em tons de cinza entre a imagem e sua densidade (FARIAS, 2017). Este recurso possibilita a análise de milhares de cortes microtomográficos e a visualização tridimensional interna do material sob investigação. Após a reconstrução da amostra ser finalizada, é preciso processar as imagens obtidas digitalmente para realçar os elementos mais significativos presentes na amostra através de filtros para remover ruídos e o emprego de técnicas de aprimoramento de contraste (FARIAS, 2017).

Para analisar as imagens de  $\mu$ CT, é essencial o uso de *softwares* especializados que permitem examinar as características específicas desejadas. Alguns *softwares* são utilizados para avaliar quali e quantitativamente os dados contidos nas imagens. *Softwares* específicos que permitem a reconstrução tridimensional, como o CTVol Bruker (CTVol, Bruker microCT, Kontich, Bélgica) ou ViewSTL (Omri Rips, 2020), são necessários para avaliar qualitativamente as imagens. A análise quantitativa é realizada por meio de outros programas. Entre eles, destacam-se o ImageJ *software* (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA) e o CT-Analyser *software* (CTAn, Bruker microCT, Kontich, Bélgica).

Os *softwares* utilizados para avaliação qualitativa das imagens (CTVol e ViewSTL) apresentam fatias reconstruídas na forma de um objeto 3D detalhado, oferecendo recursos de navegação e manipulação intuitivos tanto de objetos quanto de câmeras. Incluem também ferramentas de controle interativo de função de transferência que permitem o ajuste de cor e transparência, além de possibilitar a sobreposição de imagens e estruturas.

O ImageJ é um *software* de processamento de imagens baseado em Java e de domínio público. Com ele é possível a visualização, edição, análise, processamento, armazenamento e impressão de imagens de 8, 16 e 32 bits. Ele suporta uma série de formatos de imagem, como TIFF, GIF, JPG, BMP, DICOM e FITS. Uma característica notável do ImageJ é sua capacidade de manipular "pilhas" de imagens, que são séries de imagens acessadas a partir de uma única janela. Este *software* realiza análises baseadas na intensidade ou nos níveis de cinza dos pixels (NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, 2024).

O CT-Analyser, ou CTAn, é uma ferramenta projetada para a medição de parâmetros quantitativos e a construção de modelos visuais a partir de dados 3D digitalizados obtidos por meio de equipamentos de  $\mu$ CT da SkyScan. É compatível com uma vasta seleção de formatos de imagem 3D, incluindo DICOM, TIFF, JPG e BMP. Ele oferece recursos avançados, como a visualização em tempo real de modelos em volume renderizado, além da criação de modelos de superfície renderizados para visualização em softwares complementares (MANUAL PARA BRUKER-MICROCT CT-ANALYSER, 2013).

O processamento de imagem no ImageJ e no CTAn é semelhante, baseando-se em uma imagem segmentada. A segmentação divide uma imagem em suas regiões constituintes ou objetos. A precisão da segmentação que irá determinar o eventual sucesso ou fracasso de processos de análise computadorizada. Uma das formas de segmentação é a limiarização (thresholding) (FARIAS, 2017). O processo de limiarização ou binarização, que pode ser manual ou automático, consiste, basicamente, em separar uma imagem, com uma região de interesse e outra não através de um ponto de corte, ou seja, definimos se o *pixel* pertence ou não a região de interesse. Essa distinção ocorre por duas cores distintas, geralmente preto e branco. Qualquer *pixel* com intensidade menor ou igual ao ponto de corte passa a ser preto. Se o *pixel* tiver intensidade maior que o ponto de corte passa a ter a cor branca (MANUAL PARA BRUKER-MICROCT CT-ANALYSER, 2013).

*Pixels* constituem as menores unidades de uma imagem digital. Uma imagem digital é composta por uma matriz retangular de pontos, cada um ocupando uma localização única no espaço e apresentando uma cor específica, esses pontos são denominados *pixels* (TAN, 2006). Para a imagem digital ser armazenada em um computador, os formatos de arquivo de imagem estabelecem um método padronizado para armazenar as informações, transformando essas características em *bits* de

dados para fins de armazenamento (LAROBIANA, MURINO, 2014). Um arquivo de imagem contém os dados dos *pixels* e metadados, detalhes que variam conforme o formato de imagem. Esses incluem, basicamente, dimensões da imagem, espaço de cores, e profundidade de *bits*. Para reduzir o uso de espaço, os formatos suportam compressão dos dados, podendo ser com ou sem perdas de qualidade (MIRANDA-VIANA et al., 2022; MIRANDA-VIANA et al., 2023; TAN, 2006).

A compressão sem perdas reduz a redundância de dados sem perder informações, codificando sequências repetidas, como longas séries de zeros, em fórmulas mais compactas. Isso permite que a imagem original seja perfeitamente restaurada após a descompressão. Por outro lado, a compressão com perdas elimina detalhes considerados desnecessários para a percepção humana, como nuances sutis de cor ou áreas muito claras e escuras, resultando em uma imagem que não é idêntica à original (MIRANDA-VIANA et al., 2022; TAN, 2006).

Alguns conceitos básicos a todos os formatos de arquivo de imagem devem ser conhecidos, como *pixel*, profundidade de *bits* e resolução espacial. O *pixel* como já foi descrito, é a menor unidade de uma imagem digital. A profundidade de *bits*, ou a quantidade de cores, pode ser vista como a resolução de cores de uma imagem, definindo a quantidade de detalhes de cor que uma imagem digital possui. Esse valor é determinado pelo número de *bits* utilizados para codificar a cor de cada *pixel* na imagem. Por exemplo, imagens em escala de cinza normalmente utilizam 8 *bits* por *pixel* (bpp). A resolução espacial representa a capacidade de uma imagem digital em exibir detalhes finos. Ela é determinada pela relação entre as dimensões reais e as dimensões representadas na imagem, frequentemente expressa em *pixels* por centímetro ou pontos por polegada (TAN, 2006).

Existem diferentes tipos de formatos de imagem: Bitmap do Windows (BMP), Joint Photographic Experts Group (JPEG ou JPG), Formato de arquivo de imagem marcado (TIFF) e Imagens Digitais e Comunicações em Medicina (DICOM). Vários desses formatos de arquivos de imagens são disponibilizados pelos aparelhos de  $\mu$ CT para a realização do armazenamento das imagens obtidas nos escaneamentos.

O BMP é um formato simples introduzido pela Microsoft como o padrão do Windows, suportado pela maioria das aplicações. JPG, criado em 1986, é o padrão para compressão de imagens com perdas. TIFF é um formato versátil que permite adições via 'tags', mas enfrenta problemas de compatibilidade devido à sua complexidade. DICOM, distinto dos outros, é voltado para a medicina, permitindo

extensões para armazenar dados clínicos junto às imagens, diferentemente do TIFF que se restringe aos dados da imagem (MIRANDA-VIANA et al., 2022; TAN, 2006).

Conforme descrito, para reduzir o uso de espaço, as imagens obtidas por meio da  $\mu$ CT podem ser comprimidas e salvas em formatos que podem resultar em perda de informações. O impacto desta perda de informações na precisão das medidas do volume da obturação e dos espaços vazios dos canais radiculares obturados com cimentos endodônticos com diferentes radiopacidades, ainda não está claro na literatura. Sendo assim, diante de todo o exposto, justifica-se a realização deste estudo que busca avaliar a influência dos diferentes formatos de imagem na precisão das medidas de volume de canal obturado, com diferentes cimentos, e de espaços vazios com auxílio dos *softwares* ImageJ e CTAn, empregando ou não filtros que visam a redução de artefatos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar a distorção volumétrica de obturações de canais radiculares com um cimento resinoso e um cimento biocerâmico, empregando diferentes formatos de arquivos de imagens de microtomografia avaliadas em dois programas de processamento de imagem: ImageJ e CTAn.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar a distorção volumétrica de obturações de canais radiculares;
- b) Avaliar a influência da aplicação de filtros na distorção volumétrica de obturações de canais radiculares;
- c) Avaliar a influência de diferentes formatos de arquivo de imagem na distorção volumétrica de obturações de canais radiculares;
- d) Avaliar a influência de diferentes cimentos endodônticos (AH Plus e Bio-C Sealer) na distorção volumétrica de obturações de canais radiculares;
- e) Avaliar a influência de diferentes programas de processamento de imagem (CTAn e ImageJ) na distorção volumétrica de obturações de canais radiculares.

### **3 CONCLUSÃO**

As imagens de dentes com canais obturados adquiridas por meio da  $\mu$ CT, com resolução de 0,01mm, produzem artefatos quando avaliadas no ImageJ ou no CTAn, superestimando o volume da obturação. Cimentos com maior radiopacidade, como o AH Plus, produzem mais artefatos gerando maior proporção entre volume total de canal obturado em relação ao canal preparado. Para reduzir a influência dos artefatos gerados pelos materiais obturadores, considerando materiais menos e mais radiopacos, as imagens devem ser salvas TIFF, com Brilho de 55136 e Contraste de 40144, independentemente do programa de análise.



## REFERÊNCIAS

AL-HADDAD, A.; CHE, A. B.; AZIZ, Z. A. Bioceramic-based root canal sealers: a review. *Int J Biomater*, v. 2016, p. 1-10, maio 2016.

BEYER-OLSEN, E. M.; ORSTAVIK, D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral surgery oral pathology*, v. 51, n. 3, p. 320-328, março 1981.

CELIK TEN, B.; JACOBS, R.; DEFARIA VASCONCELOS, K.; HUANG, Y.; NICOLIELO, L. F. P.; ORHAN, K. Assessment of Volumetric Distortion Artifact in Filled Root Canals Using Different Cone-beam Computed Tomographic Devices. *J Endod.*, v. 43, n. 9, p. 1517-1521, setembro 2017.

CELIK TEN, B.; JACOBS, R.; DE FARIA VASCONCELOS, K.; HUANG, Y.; SHAHEEN, E.; NICOLIELO, L. F. P.; ORHAN, K. Comparative evaluation of cone beam CT and micro-CT on blooming artifacts in human teeth filled with bioceramic sealers. *Clin Oral Investig.*, v. 23, n. 8, p. 3267-3273, agosto 2019.

DECURCIO, D. A. et al. Effect of root canal filling materials on dimensions of cone-beam computed tomography images. *J Appl Oral Sci*, v. 20, n. 2, p. 260–267, abril 2012.

DE MAN, B. Metal streak artefacts in X-ray computed tomography: a simulation study. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, v. 46, n. 3, p. 691–696, junho 1999.

DE MAN, B. Reduction of metal streak artefacts in X-ray computed tomography using a transmission maximum a posteriori algorithm. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, v. 47, n. 3, p. 977–981, junho 2000.

FARIAS, P. R. D. Processamento de imagens Micro-CT na caracterização de Biofilme bacteriano. P. 0-76. Dissertação de mestrado/ Programa de engenharia nuclear. - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

GHAVAMI-LAHIJI, M.; DAVALLOO, R. T.; TAJZIEHCHI, G.; SHAMS, P. Micro-computed tomography in preventive and restorative dental research: A review. *Imaging Sci Dent.*, v. 51, n. 4, p. 341-350, dezembro 2021.

HUYBRECHTS, B.; BUD, M.; BERGMANS, L.; LAMBRECHTS, P.; JACOBS, R. Void detection in root fillings using intraoral analogue, intraoral digital and cone beam CT images. *Int Endod J.*, v. 42, n. 8, p. 675-685, agosto 2009.

KATZ, A.; KAFFE, I.; LITTINER, M.; TAGGER, M.; TANSE, A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-Percha cones and root dentin. *Journal of Endodontics*, v. 16, n. 5, p. 211-213, maio 1990.

KWAK, S. W.; KOO, J.; SONG, M.; JANG, I. H.; GAMBARINI, G.; KIM, H. C. Physicochemical Properties and Biocompatibility of Various Bioceramic Root Canal Sealers: In Vitro Study. *J Endod*, v. 49, n. 7, p. 871-879, julho 2023.

KIRKEVANG, L. L.; HØRSTED-BINDSLEV, P. Technical aspects of treatment in relation to treatment outcome. *Endodontic Topics*, v. 2, n. 1, p. 89-102, 2002.

LAMIRA, A. et al. CBCT-based assessment of root canal treatment using micro-CT reference images. *Imaging Sci Dent.*, v. 52, n. 3, p. 245-258, setembro 2022.

LAROBINA, M.; MURINO, L. Medical Image File Formats. *J Digit Imaging*, v. 27, n. 2, p. 200-206, abril 2014.

LOPES, H. P.; SIQUEIRA, J. F. *Endodontia: biologia e técnica*. 2004.

LÓPEZ-GARCÍA, S. et al. Comparative Cytocompatibility and Mineralization Potential of Bio-C Sealer and TotalFill BC Sealer. *Materials (Basel)*, v. 12, n. 19, p. 3087, setembro 2019.

MANUAL PARA BRUKER-MICROCT CT-ANALYSER. Guia do usuário, 2013.

MIRANDA-VIANA, M.; FONTENELE, R. C.; FARIAS GOMES, A.; NOGUEIRA-REIS, F.; NEJAIM, Y.; FREITAS, D. Q.; OLIVEIRA, M. L. Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture. *Oral Radiol*, v. 38, p. 452–458, outubro 2022.

MIRANDA-VIANA, M. et al. DICOM file format has better radiographic image quality than other file formats: an objective study. *Braz Dent J*, v. 34, n. 4, p. 150-157, julho 2023.

NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH. About NIH Image. 2024. Disponível em: <<https://imagej.net/nih-image/>> Acesso em 22 de fevereiro.

PINTO, J. C. et al. Evaluation of curved root canals filled with a new bioceramic sealer: A microcomputed tomographic study using images with different voxel sizes and segmentation methods. *Microsc Res Tech*. v. 84, n. 12, p. 2960-2967, dezembro 2021.

ROCHA, B. M. et al. Análise da capacidade de preenchimento dos canais radiculares de cimentos endodônticos. *Braz. J. Surg. Clin. Res.*, v.31, n.1, p.39-43, junho 2020.

RODRIGUES, C. T. et al. Influence of CBCT-based volumetric distortion and beam hardening artefacts on the assessment of root canal filling quality in isthmus-containing molars. *Dentomaxillofac Radiol.*, v. 50, n. 5, p. 1-10, julho 2021.

SILVA ALMEIDA, L.H.; MORAES, R.R.; MORGENTAL, R.D.; PAPPEN, F.G. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *J Endod*, v. 43, n. 4, p. 527-535, 2017.

SIQUEIRA, J. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod.*, v. 34, n. 1, p. 1-10, janeiro 2001.

SCHULZE R, HEIL U, GROSS D, et al. Artifacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.*, v. 40, n. 5, p. 265–273, julho 2011.

SOGUR, E.; BAKSI, B. G.; GRÖNDAHL, H. G. Imaging of root canal fillings: a comparison of subjective image quality between limited cone-beam CT, storage phosphor and film radiography. *y. Int Endod.*, v. 40, n. 3, p. 179-185, março 2007.

SWAIN, M. V.; XUE, J. State of the Art of Micro-CT Applications in Dental Research. *International Journal of Oral Science*, v. 1, n. 4, p. 177–188, dezembro 2009.

TAVARES, P. B.; BONTE, E.; BOUKPESSI, T.; SIQUEIRA, J. F.; LASFARGUES, J. J. Prevalence of Apical Periodontitis in Root Canal–Treated Teeth From an Urban French Population: Influence of the Quality of Root Canal Fillings and Coronal Restorations. *J Endod.*, v. 35, n. 6, p. 810-813, junho 2009.

TAN, L. K. Image file formats. *Biomed Imaging Interv J.*, v. 2, n. 1, p. 1-7, janeiro 2006.

TOMSON, R. M.; POLYCARPOU, N.; TOMSON, P. L. Contemporary obturation of the root canal system. *Br Dent J.* v. 216, n. 6, p. 315-22, março 2014.

VASCONCELOS, K. F. et al. Artifact expression associated with several cone-beam computed tomographic machines when imaging root filled teeth. *Int Endod J.*, v. 48, n. 10 p. 994–1000, outubro 2015.

WHITWORTH, J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endodontic Topics*, v. 12, n. 1, p. 2-24, abril 2005.

ZORDAN-BRONZEL, C. L. et al. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, Bio-C sealer. *J. Endod.*, v. 45, n. 10, p. 1248-1252, outubro 2019.