



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA

**O FORMATO DE ARQUIVO DE IMAGEM AFETA A TAREFA DE
DIAGNÓSTICO NAS RADIOGRAFIAS DIGITAIS?**

**DOES THE IMAGE FILE FORMAT AFFECT THE DIAGNOSTIC TASK IN
DIGITAL RADIOGRAPHS?**

Piracicaba

2024

MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA

**O FORMATO DE ARQUIVO DE IMAGEM AFETA A TAREFA DE
DIAGNÓSTICO NAS RADIOGRAFIAS DIGITAIS?**

**DOES THE IMAGE FILE FORMAT AFFECT THE DIAGNOSTIC TASK IN
DIGITAL RADIOGRAPHS?**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como partes dos requisitos exigidos para a obtenção do título de doutor em Radiologia Odontológica, na área de Radiologia Odontológica.

Thesis presented to the Piracicaba Dental School of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor in Oral Radiology, in the area of Oral Radiology.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Este exemplar corresponde a versão final da tese defendida por Murilo Miranda Vasconcelos Viana e orientado pelo Prof. Dr. Francisco Haiter Neto.

Piracicaba

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

V654f Miranda-Viana, Murilo, 1995-
O formato de arquivo de imagem afeta a tarefa de diagnóstico nas radiografias digitais? / Murilo Miranda Vanconcelos Viana. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2024.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Sistemas de informação em radiologia. 2. Compressão de dados (Computação). 3. Diagnóstico por imagem. 4. radiografia dentária digital. 5. Tecnologia biomédica. I. Haiter Neto, Francisco, 1964-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Does the image file format affect the diagnostic task in digital radiographs?

Palavras-chave em inglês:

Radiology information systems

Data compression

Diagnostic imaging

Radiography, dental, digital

Biomedical technology

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Doutor em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Francisco Haiter Neto [Orientador]

Karla Rovaris da Silva

Thiago de Oliveira Gamba

Wilton Mitsunari Takeshita

Lúcio Mitsuo Kurita

Data de defesa: 21-02-2024

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-0370-3476>

- Currículo Lattes do autor: <https://lattes.cnpq.br/4291403737440633>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 21 de Fevereiro de 2024, considerou o candidato MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA aprovado.

PROF. DR. FRANCISCO HAITER NETO (FOP/UNICAMP)

PROF^a. DR^a. KARLA ROVARIS DA SILVA (UFPI)

PROF. DR. THIAGO DE OLIVEIRA GAMBA (UFRGS)

PROF. DR. WILTON MITSUNARI TAKESHITA (UNESP)

PROF. DR. LÚCIO MITSUO KURITA (UFC)

A Ata da defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à **minha mãe**, não pela sorte de ser seu filho, ou por ela ser meu porto seguro, minha fonte de inspiração, nem mesmo, por sua beleza, delicadeza, generosidade e coragem, mas simplesmente por ela ser uma educadora, defensora incansável da educação, especialmente a da escola pública. Uma mulher aparentemente frágil que luta bravamente por uma educação para todos, democrática, como se intitula, porque acredita ser o único caminho para libertar o homem e torná-lo capaz de transformar a si e aos outros, já que o maior bem é o saber, o conhecimento. Essa grande defensora da escola pública guarda consigo a frustração de ter recorrido, em determinadas circunstâncias, às escolas privadas, para a formação de seus filhos. E assim, como cresci em um ambiente que coloca a educação no topo das prioridades, um exemplo natural, minha única opção é abraçá-la, acolhê-la, e seguir com ela. E para homenageá-la, cito seu ídolo, o Patrono da Educação Brasileira, Paulo Freire: *“Na verdade não estou no mundo para simplesmente a ele me adaptar, mas para transformá-lo. Temos de saber o que fomos e o que somos, para saber o que seremos”*.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela benção especial da vida, com a promessa e o compromisso de dedicá-la à verdade absoluta. De jamais me afastar da essência. De nunca me desviar dos propósitos, a mim, reservados pelo PAI. De viver em estado de gratidão, pela imensa distinção de vivenciar as maravilhas, que me rodeiam – pessoas especiais, que me acrescentam, e um universo infinito de oportunidades. E muito mais, pelo perfeito equilíbrio entre os privilégios e as dificuldades, ensinamento profundo, sobre o valor da dádiva.

À minha Família: Mãe, **Walnyce Miranda Viana**; Pai, **Marcos Soriano Viana** (*in memoriam*); Madrinha, **Waldyce Miranda**; Irmã, **Manuela Miranda Viana** e meu cunhado, **Rafael Ferraz**, este pilar, delicadamente liderado por minha mãe, a gratidão primeira é ao ensinamento do que é o amor, seu valor e suas infinitas graças. De como o amor é firme, obstinado e transformador, ao mesmo tempo que é simples, delicado e linear. Toda e qualquer paz está associada a vivência do amor. Este alicerce consistente é uma fonte inesgotável de inspiração, modelo de vida e sinal de alerta, que corrige a rota, sistematicamente. E mais, por ser uma “muralha” de proteção e acolhimento, que torna minha vida muito mais leve.

Às minhas avós: **Dulce Gomes de Miranda** (*in memoriam*), **Evalda Brito** (*in memoriam*), **Silvia Soriano** (*in memoriam*), **Lourdes Soriano** (*in memoriam*) e **Teresa Miranda**, pela excelência da minha infância, perfeitamente, irradiada ao longo da vida. Presença carinhosa. Acolhimento incondicional. Sorriso assegurado. Cuidado ilimitado. Sabedoria generosa. E especialmente, às histórias contadas e pela magia gloriosa desses momentos, com todas as suas lições. E mais ainda, pelo exemplo de mulher forte, que transforma o mundo, com total simplicidade.

Aos meus avôs, **Sebastião Vasconcelos** (*in memoriam*) e **Francisco Viana** (*in memoriam*), pelo ensinamento de que priorizar o trabalho e proteger à família devem ser sinal de caráter. Um privilégio testemunhar tal exemplo de vida, e um compromisso segui-lo. A saudade é abrandada pela firme presença, desse modelo, em minha formação.

Aos meus afilhados, **Bernardo Soriano Viana**, **Catarina Calheiro Carvalho** e **João Lucas Miranda**, por manterem em alerta meu senso crítico e de responsabilidade, quando apontam para tempos melhores, e assim, asseguram minha fé e esperança no futuro. Eles são o ponto de partida da dedicatória desse trabalho, pela fonte inesgotável de

criatividade, que oferecem todos os dias, e me inspira a evoluir no nível de suas exigências.

Ao meu namorado, **Alan Giovanini de Oliveira Sartori**, pelo encontro que mudou minha vida. Como diz o poeta Vinicius de Moraes: - *a vida é a arte do encontro, embora haja tantos desencontros pela vida*. Encontrá-lo realinha minha identidade. É um “divisor de águas”, um “marco atemporal”. Sua maturidade possibilita ensinamentos transformadores, que conduzem a uma ressignificação da confiança, do respeito e da paz, no pequeno universo, em construção, compartilhado por nós. E é fundamental na minha evolução pessoal. O diálogo na nossa relação permite driblar as “individualidades” para ascender ao saber. Uma experiência renovadora, que acarreta um crescimento incomensurável, além de produzir um dos mais perfeitos exercícios de paciência. A verdade é um pilar base do nosso relacionamento, que desafia, cotidianamente, o poder da união. Sempre senti a força revolucionária do amor, em minha vida, mas jamais como nesse encontro. Sinto-me imensamente sortudo em ter você em minha vida, por me completar e me fazer ser uma pessoa melhor ao seu lado.

À família do meu namorado, **João Batista Sartori, Osmenilda Giovanini de Oliveira Sartori, André Giovanini de Oliveira Sartori, Érica Medeiros Sartori e Valentim Medeiros Sartori**, pela maneira carinhosa e acolhedora demonstrada na nossa relação. Num mundo onde prevalece o ódio, o egoísmo e a intolerância é um privilégio desfrutar do convívio harmonioso e fraterno dessa família tão preocupada em cuidar do meu bem-estar. Inspiro-me em sua generosidade no trato afetuoso uns com os outros, numa evidência de plenitude amorosa. Quero ser merecedor de sentir a maravilhosa sensação de pertencimento, quando desfruto da presença de cada um deles.

Às minhas “irmãs de vida”: **Camila Cavalcante, Graziela Albuquerque, Mariana Melo e Nathália Bittencourt**, por nossa bela amizade, grifada pela generosidade e uma imensidão de amor. Vibramos juntos e afinados, ao longo de todo esse tempo, desde o nosso primeiro encontro – o mais importante “divisor de águas” da minha vida. Sei que sou o que construímos juntos e, isso é o ponto forte da formação do meu caráter. Tenho consciência do que significa tal privilégio e, vivo para dignificá-lo.

Aos meus amigos mais que especiais, valioso presente de Pernambuco e Piracicaba: **Alessiana Helena Machado, Amanda Farias Gomes, Débora Costa Ruiz, Heloísa Cunha Pacheco, Laryssa Queiroz Cunha, Letícia Santos Alves de Melo, Matheus**

Ferreira Linares, Matheus Almeida Ferreira de Melo, Teresa Cristina Gonzalez de Carvalho, Thaís Pinheiro Silva e Yuri Nejaim; e, sem sombra de dúvidas, a **Maria Eduarda Pérez de Oliveira e Reydon Alcides de Lima Souza**, por nossa amizade e tudo que ela me ensina todos os dias. O carinho e o cuidado de vocês remetem à segurança do lar, próprios dos ambientes familiares. A compreensão e a paciência são essenciais para garantir um cotidiano em perfeita harmonia. E a generosidade exige que eu seja melhor a cada dia para merecê-la. Vocês são a lição de vida mais simples e perfeita.

Aos meus preciosos amigos, presentes da Radiologia Odontológica, **Thaís Santos Cerqueira Ocampo e Caio de Alencar Palha da Silva**, minha gratidão por encontrar esses tesouros num momento muito difícil dessa jornada, e me tornar verdadeiramente “rico” com essa parceria. As histórias que escrevemos a seis mãos são inesquecíveis e mudaram minha visão sobre união. O aprimoramento da paciência, inspirados por vocês, possibilita descobertas valiosíssimas, porque me educa para o caminho da harmonia e da justiça, e assim consigo equilíbrio emocional para tolerar os erros alheios, e as situações e fatos indesejados. É comovente a generosidade e compaixão de vocês ao disponibilizarem os seus preciosos tempo e atenção, como se nada fossem. A maneira como vocês cuidam ressignifica o cuidado do outro, é uma lição de vida inspiradora, que me obriga a ser melhor e merecê-los. Que privilégio compartilhar do convívio com alguém que prima pela coerência, verdade nua e crua sempre para o bem das relações sociais. Eis aí um exercício difícil de se materializar. Inspiração é a marca desses amigos.

Às minhas mães da Radiologia Odontológica: **Profas. Dras. Andrea dos Anjos Pontual, Maria Luiza dos Anjos Pontual e Flávia Maria de Moraes Ramos Perez**, minha gratidão especial a essas mulheres diferenciadas que, no nosso convívio, exerceram o belo papel de mãe, naturalmente. Cuidadasas e obstinadas tornaram essa jornada rica de conhecimentos/descobertas e de princípios valorosos para as boas relações. O amor que dedicam à educação é comovente, e uma fonte inesgotável de inspiração. E mais, obrigado por serem as principais responsáveis no incentivo a minha escolha.

À **comunidade LGBTQIAP+**, inesgotável fonte de inspiração, pelo exemplo de bravura na luta incansável para abolir o preconceito, a intolerância e a impunidade. Organizados são sempre muito fortes. O Brasil precisa acabar, definitivamente, com a dramática estatística de ser o país que mais mata pessoas da nossa comunidade. O Estado Democrático deve cumprir esse papel de monitorar as mortes violentas, criar políticas públicas de inclusão e elaborar uma legislação rigorosa em nossa defesa e proteção, uma

vez que enfrentamos frequentes desafios de descriminalização. Uma sociedade justa e igualitária exige diversidade protegida e inclusão. Menos discurso e mais ação. A informação é libertadora, mas necessita de universalidade e anteparo, para garantir a defesa de direitos e representatividade.

À **Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)**, pelo privilégio de participar da sua construção durante toda a minha graduação. Uma Escola Pública, no Nordeste do Brasil, que busca, bravamente, cumprir seu papel na contramão do conceito e da funcionalidade que rege a Escola Pública brasileira. Dar a conhecer suas próprias qualidades, através do alinhamento da formação profissional com a consolidação da identidade pessoal. Dar licença para o acesso à complexa compreensão de uniformidade oferecido por tudo aquilo que é diverso. E assim, permite o movimento cíclico da transformação, que tão bem fundamenta o processo educativo.

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP)**, na pessoa do **Prof. Dr. Flávio Henrique Baggio Aguiar** e da **Profa. Dra. Karina Gonzales Silvério Ruiz**, pelo compromisso com a excelência e todos os seus desdobramentos. Num país marcado pelas desigualdades sociais, ter o privilégio de estudar em uma Instituição de Ensino, que cumpre o seu papel e defende, sistematicamente, o aprimoramento de suas funções, em todas as suas esferas, exige dignificá-la. Assim compreendo, que minha gratidão deve ser revelada na minha atividade profissional. Um trabalho comprometido com a autonomia, o senso crítico e o aperfeiçoamento sistemático.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba**, em especial aos Professores Doutores: **Deborah Queiroz Freitas**, **Francisco Haiter Neto** e **Matheus Lima de Oliveira**, pela excelência no trabalho e o acolhimento nas relações, importante diferencial. Brilhantes professores, com uma capacidade intelectual irretocável e uma didática inspiradora. A disponibilidade e a dedicação de todos facilitam todo o processo e promovem plena segurança. O cuidado é a marca do acolhimento, o grande diferencial das relações, nesse Programa.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, minha gratidão pelo privilégio de estabelecer imensa parceria com esse grande nome da Radiologia Odontológica. A contribuição de seus preciosos ensinamentos fez a diferença na produção e construção desse trabalho. Tudo isso já era esperado. A grata surpresa é sua conduta, maneiras de proceder, atitude de acolhimento, tudo muito especial para transmitir sua imensa bagagem

de vivências não apenas acadêmicas, fatos que agrega valores ao meu desenvolvimento pessoal em outras esferas, e gera impacto inestimável na minha vida. O exemplo do seu empenho dedicado à minha formação é uma inspiração para tentar parecer com você e ser merecedor dessa partilha.

Aos **professores** da banca do **exame de qualificação** de doutorado: **Profa. Dra. Andrea dos Anjos Pontual, Prof. Dr. Gustavo Machado Santaella e Profa. Dra. Maria Augusta Visconti**, pela disponibilidade, generosidade e cuidado no sentido de um contributo substancial no amadurecimento desse trabalho. Asseguro-lhes guardar, carinhosamente, todas as considerações e representá-las em minha tese.

Aos **professores titulares** da banca de defesa de doutorado: **Profa. Dra. Karla Rovaris da Silva, Prof. Dr. Lúcio Mitsuo Kurita, Prof. Dr. Thiago de Oliveira Gamba e Prof. Dr. Wilton Mitsunari Takeshita**, pela isenção, imparcialidade e total profissionalismo, revelados no compromisso com o desenvolvimento da ciência. Assegurar a justiça no julgamento é uma tranquilidade para todos os envolvidos, que desenvolvem plenamente seu trabalho, ao longo de todo o processo. E assim, é preservada a autonomia da pesquisa, que define a excelência das descobertas científicas. É um privilégio e grande honra ser avaliado por essa banca, tão especial, e que é referência na minha carreira profissional e científica.

Aos **professores suplentes** da banca de defesa de doutorado: **Prof. Dr. Andre Ferreira Leite, Prof. Dr. Francisco Carlos Groppo e Profa. Dra. Flávia Maria de Moraes Ramos Perez**, por garantirem a continuidade sistemática do processo, marca do trabalho bem planejado, e organizado com rigor e método. Profissionais competentes, disponíveis no cumprimento de suas funções. Suas presenças asseguram equilíbrio e regularidade, necessários aos ambientes de trabalho saudáveis.

A todos os **avaliadores das imagens radiográficas** dessa pesquisa, pela disponibilidade e excelência, que possibilitam total segurança, para desenvolver o trabalho e facilitar o aprendizado. Uma contribuição imprescindível durante todo o processo.

A todos os meus **colegas do programa de pós-graduação em Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba**, pelo espírito de companheirismo, que possibilitou entrosamento e empenho na partilha, tão importantes para o sucesso dessa jornada. Nosso encontro foi enriquecedor. É um privilégio compartilhar essa conquista

com vocês. Diferenciou minha jornada, e tornou tudo muito leve e produtivo. O trabalho em equipe é bem mais eficiente e “caminha a passos largos” para a excelência.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, em especial aos do programa de pós-graduação em Radiologia Odontológica: **Airton Waldir Libardi, José Fernando Souza Andrade e Waldeck Ribeiro Moreira**, pela excelência do serviço e total disponibilidade. Estejam certos: – o trabalho realizado, por vocês, faz toda a diferença. Com simplicidade, reinventam novos conceitos para “o servir”. Organização, planejamento e unidade são os pontos fortes, responsáveis, pela eficiência do serviço oferecido por vocês.

Aos **pacientes**, por possibilitarem as imagens, que geram todo o processo de aprendizagem. Sem esse ponto de partida, toda produção estaria comprometida. É impossível avaliar o valor dessa doação, mas é possível reconhecer o quanto é essencial.

O presente trabalho foi realizado com apoio da **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** – Código de Financiamento 001.

*“Livre para poder sorrir, sim
Livre para poder buscar o meu lugar ao sol”
(Charlie Brown Jr.)*

RESUMO

O presente estudo é constituído por quatro trabalhos que tiveram como objetivo: avaliar a influência dos diferentes formatos de arquivo de imagem no diagnóstico das reabsorções radiculares externa (RRE) e interna (RRI) e das fraturas radiculares verticais (FRV's), analisar objetivamente a influência dos formatos de arquivo de imagem nos parâmetros de qualidade (ruído, brilho e uniformidade) de radiografias periapicais digitais, e conduzir uma revisão de escopo para avaliar a literatura existente sobre a influência dos formatos de arquivo de imagem nas tarefas de diagnóstico odontológico. No primeiro estudo, 34 dentes inferiores foram selecionados, sendo 20 incisivos (10 de controle e 10 com simulação de RRE) e 14 pré-molares (antes e após a simulação de RRI). No segundo estudo, 34 dentes foram selecionados, sendo 15 dentes controle e 19 com indução de FRV's. Ambos os estudos envolveram a exportação das imagens periapicais digitais em quatro diferentes formatos de arquivo (TIFF, BMP, PNG e JPEG). As imagens foram avaliadas por cinco examinadores e os resultados foram analisados considerando sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC. No terceiro estudo, conduziu-se análise objetiva das características de qualidade da imagem (ruído, brilho e uniformidade) em cinco diferentes formatos de arquivo (TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG). Nos trabalhos descritos acima, foi aplicado o teste de análise de variância (ANOVA), sendo de um fator no primeiro trabalho e de dois fatores com o teste *post-hoc* de Tukey nos segundo e terceiro trabalhos, além do teste Kappa para as concordâncias intra e interexaminadores. O nível de significância estabelecido foi de 5%. Na revisão de escopo, foi realizada busca eletrônica em seis bases de dados (Pubmed, Web of Science, Scopus, Embase, Lilacs e Cochrane) e os estudos que analisaram o impacto dos formatos de imagem no diagnóstico odontológico foram incluídos. O risco de viés dos estudos foi avaliado com base no QUADAS-2. Os resultados destacaram concordância intra-examinador substancial para RRE (0,740) e quase perfeita para RRI (0,836), com concordância inter-examinador razoável (0,263) para RRE e moderada (0,421) para RRI. Para FRV's, concordância intra-examinador variou de moderada (0,56) a quase perfeita (0,81), enquanto a inter-examinador variou de razoável (0,29) a moderada (0,60). O formato de arquivo de imagem não afetou nenhuma das tarefas de diagnóstico ($p > 0,05$). O formato de arquivo DICOM apresentou qualidade radiográfica superior aos demais formatos ($p < 0,001$), independentemente do sistema digital investigado ($p > 0,05$). A revisão de escopo incluiu 18 estudos, que avaliaram lesões de cárie ($n=10$), reabsorções

radiculares (n=3), fraturas radiculares (n=2), lesões periapicais (n=2) e doença periodontal (n=1). Os formatos de arquivo mais investigados foram JPEG (todos os estudos) e TIFF (n=10). Dez estudos (55,5%) não apresentaram influência significativa dos diferentes formatos na acurácia diagnóstica. Mais de 70% dos estudos demonstraram alta confiabilidade. Os formatos de arquivo de imagem não afetaram o diagnóstico das reabsorções radiculares e fraturas radiculares. Embora o formato DICOM apresente objetivamente menor ruído, maior brilho e maior uniformidade, qualquer formato de arquivo de imagem estudado pode ser utilizado sem prejudicar a acurácia do diagnóstico.

Palavras-chave: compressão de dados; diagnóstico por imagem; radiografia dentária digital; sistemas de informação em radiologia; tecnologia biomédica.

ABSTRACT

The present study consists of four investigations that aimed to: evaluate the influence of different image file formats on the diagnosis of external root resorption (ERR) and internal root resorption (IRR), as well as vertical root fractures (VRFs); objectively assess the impact of image file formats on the quality parameters (noise, brightness, and uniformity) of digital periapical radiographs; and conduct a scoping review to evaluate the existing literature on the influence of image file formats in dental diagnostic tasks. In the first study, 34 lower teeth were selected, including 20 incisors (10 control and 10 with simulated ERR) and 14 premolars (before and after simulated IRR). The second study involved 34 teeth, with 15 control teeth and 19 induced with VRFs. Both studies included the export of digital periapical images in four different file formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG). The images were evaluated by five examiners, and the results were analyzed considering sensitivity, specificity, and the area under the ROC curve. In the third study, an objective analysis of image quality characteristics (noise, brightness, and uniformity) was conducted across five different file formats (TIFF, BMP, DICOM, PNG, and JPEG). In all the described studies, analysis of variance (ANOVA) was applied, with a single factor in the first study and two factors with Tukey's post-hoc test in the second and third studies. Additionally, the Kappa test was employed to assess intra- and inter-examiner agreements. The significance level was set at 5%. In the scoping review, an electronic search was conducted in six databases (PubMed, Web of Science, Scopus, Embase, Lilacs, and Cochrane), including studies that analyzed the impact of image formats on dental diagnosis. The risk of bias in the studies was evaluated based on QUADAS-2. Results highlighted substantial intra-examiner agreement for ERR (0.740) and nearly perfect agreement for IRR (0.836), with reasonable inter-examiner agreement for ERR (0.263) and moderate agreement for IRR (0.421). For VRFs, intra-examiner agreement ranged from moderate (0.56) to nearly perfect (0.81), while inter-examiner agreement varied from reasonable (0.29) to moderate (0.60). Image file format did not affect any diagnostic tasks ($p>0.05$). DICOM file format exhibited superior radiographic quality compared to other formats ($p<0.001$), regardless of the investigated digital system ($p>0.05$). The scoping review included 18 studies assessing caries lesions ($n=10$), root resorptions ($n=3$), root fractures ($n=2$), periapical lesions ($n=2$), and periodontal disease ($n=1$). JPEG (all studies) and TIFF ($n=10$) were the most investigated file formats. Ten studies (55.5%) reported no significant influence of different formats on diagnostic

accuracy. More than 70% of studies demonstrated high reliability. Image file formats did not affect the diagnosis of root resorptions and root fractures. Although the DICOM format objectively shows lower noise, higher brightness, and greater uniformity, any studied image file format can be used without compromising the accuracy of the diagnosis.

Keywords: biomedical technology; data compression; dental digital radiography; diagnostic imaging; radiology information systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Representação ilustrativa e descrição da preparação para a simulação da reabsorção radicular externa (RRE)	134
Figura 1.2 – Representação ilustrativa e descrição da preparação para a simulação da reabsorção radicular interna (RRI)	135
Figura 1.3 – Reabsorção radicular externa (seta branca) nos quatro diferentes formatos de arquivo de imagem	136
Figura 1.4 – Reabsorção radicular interna (seta branca) nos quatro diferentes formatos de arquivo de imagem	137
Figura 2.1 – Indução das fraturas radiculares verticais na máquina de teste universal. A – Vista frontal. B – Vista superior	139
Figura 2.2 – Transluminescência com luz LED para a confirmação das fraturas radiculares verticais	139
Figura 2.3 – Exemplos das aquisições radiográficas do fantoma de acrílico e o receptor de imagem. A – Vista superior. B – Vista lateral	140
Figura 2.4 – Imagens radiográficas do grupo controle (sem fratura radicular vertical) nos diferentes formatos de arquivo de imagem e para os dois sistemas digitais testados	142
Figura 2.5 – Imagens radiográficas do grupo experimental (com fratura radicular vertical) nos diferentes formatos de arquivo de imagem e para os dois sistemas digitais testados	143
Figura 3.1 – Representação da padronização das aquisições radiográficas com o fantoma de acrílico e o receptor de imagem	145
Figura 3.2 – Fluxograma dos valores médios (desvio padrão) dos tamanhos de arquivo (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão das imagens avaliadas em cada sistema radiográfico digital e formato de arquivo testado	146
Figura 3.3 – Imagens radiográficas adquiridas nos diferentes sistemas radiográficos digitais e em cada formato de arquivo de imagem investigado	146

Figura 3.4 – Avaliação objetiva da qualidade da imagem. (A) - Duas linhas foram determinadas: uma dividindo igualmente a imagem radiográfica em superior e inferior, e uma linha perpendicular à primeira, dividindo igualmente a imagem em lados esquerdo e direito. (B) - Duas linhas bissetrizes (45°) foram desenhadas na área de cruzamento das duas primeiras linhas. (C) - Cinco ROIs quadradas com o mesmo tamanho (4×4 mm) foram desenhadas em áreas distintas da imagem (uma ROI no centro da imagem e quatro ROIs nas linhas bissetrizes) para medir o ruído da imagem. A distância entre o centro da ROI central e o centro das outras ROIs foi padronizada em 1,48 cm. (D) - Uma ROI quadrada maior ($1,48 \times 1,48$ cm) cobrindo a área central da imagem foi determinada para medir a média (brilho da imagem) e o desvio padrão (uniformidade da imagem) dos valores de cinza 148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Valores de média e desvio padrão dos tamanhos dos arquivos (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão das imagens resultantes das reabsorções radiculares externa e interna	136
Tabela 2.1 – Valores de média e desvio padrão dos tamanhos dos arquivos (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão de acordo com as imagens resultantes e os diferentes formatos de arquivo avaliados nos dois sistemas digitais testados	142
Tabela 4.1 – Critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos	150
Tabela 4.2 – Estratégias de busca empregadas nas bases de dados eletrônicas	152
Tabela 4.3 – Extração de dados dos artigos incluídos na revisão de escopo	154

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	21
2. ARTIGOS.....	27
2.1 <i>ARTIGO</i> : Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions.....	27
2.2 <i>ARTIGO</i> : Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture	45
2.3 <i>ARTIGO</i> : DICOM file format has better radiographic image quality than other file formats: an objective study.....	63
2.4 <i>ARTIGO</i> : Influence of the digital file format on radiographic diagnostic in dentistry: a scoping review	81
3. DISCUSSÃO	112
4. CONCLUSÃO.....	125
REFERÊNCIAS	126
APÊNDICE 1 - METODOLOGIA DETALHADA.....	133
ANEXOS	162
<i>ANEXO 1</i> - RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE ORIGINALIDADE E PREVENÇÃO DE PLÁGIO	162
<i>ANEXO 2</i> - PERMISSÃO DAS EDITORAS PARA INCLUSÃO DOS ARTIGOS NA TESE	163
<i>ANEXO 3</i> - COMPROVANTE DE REGISTRO DA SCOPING REVIEW NA PLATAFORMA OPEN SCIENCE FRAMEWORK (OSF) – ARTIGO 4.....	164
<i>ANEXO 4</i> - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DA REVISÃO DO ARTIGO 4.....	165
<i>ANEXO 5</i> - PARECERES CONSUBSTANCIADOS DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) – ARTIGOS 1 E 2	166

1. INTRODUÇÃO

A Odontologia experimentou uma revolução tecnológica nas últimas décadas e, no contexto da Radiologia Odontológica, a radiografia digital tornou-se amplamente utilizada na prática clínica. Desde o final dos anos 80, a radiografia digital vem a substituir, de forma gradual, o uso do método convencional baseado nos filmes radiográficos na rotina das clínicas odontológicas (Yoon et al., 2018; Svenson et al., 2018). Apesar de inicialmente exigir um alto investimento financeiro, a incorporação da radiografia digital na prática clínica em Odontologia oferece várias vantagens, como o aumento da sensibilidade do receptor de imagem com uma diminuição considerável da dose de radiação X exposta ao paciente, eliminação das etapas relacionadas ao processamento químico, redução do tempo de trabalho, possibilidade de aprimorar as imagens na etapa de pós-processamento (manipulação das ferramentas de brilho e contraste), análise e transmissão mais rápida das imagens, e melhora na comunicação entre profissional e paciente através de discussões das imagens radiográficas exibidas em um monitor durante o estabelecimento do plano de tratamento (Wenzel et al., 2010; Farias Gomes et al., 2019). Entretanto, um fator relevante a ser considerado na radiografia digital é a necessidade de meios de armazenamento digital seguros e extensos, devido ao intenso fluxo no número de imagens radiográficas adquiridas e ao considerável tamanho dos arquivos das imagens radiográficas resultantes (Fidler et al., 2006).

Uma forma de superar esta limitação e otimizar o fluxo de trabalho clínico é comprimir as imagens radiográficas. O principal objetivo desse recurso é reduzir a redundância dos dados gráficos nas imagens, e permitir, assim, um armazenamento e transmissão mais eficientes dessas informações (Fidler et al., 2006). Esse procedimento pode ser realizado após a aquisição das imagens radiográficas, quando estas são exportadas do *software* nativo para diferentes formatos de arquivo (Madlum et al., 2021). Embora existam diversas plataformas de armazenamento digital disponíveis no mercado, a redução no tamanho do arquivo pode ser vantajosa na otimização do espaço virtual, economia de tempo e efetividade financeira. Os principais formatos de arquivo de imagens utilizados atualmente são: Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM), Tagged Image File Format (TIFF), Bitmap - Windows Pattern (BMP), Portable Network Graphics (PNG) e Joint Photographic Experts Group (JPEG). Dentre esses formatos, o formato de arquivo de imagem DICOM foi desenvolvido com o objetivo de padronizar a comunicação, armazenamento e troca de informações em imagens

médicas. Isto tem sido de particular relevância no contexto do uso da tomografia computadorizada, ao padronizar diferentes formatos de arquivo de equipamentos de múltiplas marcas, e permitir a utilização de um único *software* de visualização em formato DICOM (Burgess, 2015).

Dependendo do formato de arquivo de imagem exportado, o nível de compressão dos dados e, conseqüentemente, o tamanho do arquivo (em quilobytes) podem variar. Os métodos de compressão têm sido descritos como reversíveis (*lossless*) quando os dados da imagem são preservados, ou como irreversíveis (*lossy*) quando há um comprometimento permanente da informação gráfica da imagem, embora isto possa ser imperceptível ao olho humano (Janhom et al., 2002; Fidler et al., 2006). Para os formatos TIFF, BMP, DICOM e PNG, o método de compressão é reversível (*lossless*) e para o formato JPEG o método de compressão é irreversível (*lossy*). A compressão reversível geralmente não alcança taxas de compactação tão altas quanto a compressão irreversível (Fidler et al., 2006). No que diz respeito ao formato DICOM, acredita-se que os dados e as informações gráficas, relativos à visualização da imagem, contidos nesse formato, se mantenham íntegros. Isso inclui aspectos como a resolução do dispositivo de visualização e as configurações nativas do software de visualização de imagens (Burgess, 2015).

A redução do tamanho do arquivo, também conhecida como taxa ou nível de compressão, compara o tamanho do arquivo original com o do arquivo comprimido e pode ser expressa em valores absolutos ou relativos (porcentagem). Dependendo do formato de arquivo em que é exportado do software nativo, a mesma imagem radiográfica pode ter diferentes tamanhos (níveis de compressão). Valores de taxa de compressão entre 1:2 e 1:4 não representam perda de informação gráfica, enquanto valores de até 1:40 estão relacionados à perda de informação gráfica na imagem comprimida (Fidler et al., 2007; Wenzel et al., 2010). Taxas de compressão de dados excessivamente elevadas, acima de 1:30, são inviáveis para a interpretação radiográfica, comprometendo a acurácia nas tarefas de diagnóstico na área da Odontologia (Fidler et al., 2001; Madlum et al., 2021). Entre os principais e mais utilizados formatos de arquivo de imagem (TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG), o formato TIFF devido ao seu maior tamanho de arquivo, resulta em um menor nível de compressão, enquanto o formato JPEG se destaca por possuir a maior taxa de compressão, o que leva a arquivos de tamanho menor em comparação com os demais formatos mencionados. É importante destacar que, na prática clínica, a taxa de

compressão só deve ser considerada como uma vantagem se não houver impacto negativo na acurácia do diagnóstico (Wiggins et al., 2001; Fidler et al., 2007; Wenzel et al., 2010).

Estudos prévios avaliaram vários formatos de arquivos de imagem e/ou taxas de compressão para diferentes tarefas de diagnóstico na área da Odontologia, como lesões de cárie (Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2011; Madlum et al., 2021), reabsorções radiculares externas (Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007) e fratura radicular (Noujeim et al., 2012). Esses estudos observaram que os diferentes formatos de arquivos de imagem, mesmo aqueles com uma maior taxa de compressão, como o formato de arquivo JPEG, não influenciaram a acurácia do diagnóstico. Contudo, alguns estudos fundamentaram-se na análise de filmes radiográficos que foram digitalizados em um scanner para avaliar exclusivamente um tipo de reabsorção radicular (externa), simuladas mecanicamente com o auxílio de brocas esféricas. Outras investigações, por sua vez, basearam-se em um sistema radiográfico digital único, sendo este do tipo direto (Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Noujeim et al., 2012). Além disso, como os aspectos radiográficos das diferentes tarefas de diagnóstico variam significativamente, e requerem análises criteriosas e específicas para cada contexto diagnóstico, é importante não generalizar os resultados desses estudos.

A técnica radiográfica periapical é amplamente aplicada na Odontologia, desempenhando um papel fundamental em diversas situações diagnósticas e terapêuticas, como as fraturas radiculares, as lesões periapicais e as reabsorções radiculares. De acordo com Farias-Gomes et al. (2019), essa radiografia permite uma avaliação detalhada das regiões de coroa, raiz e estruturas ósseas adjacentes (*apud* Khasnis et al., 2014). Dentre as diversas tarefas de diagnóstico odontológico, a identificação das fraturas radiculares verticais e das lesões iniciais de reabsorções radiculares, baseada em avaliações radiográficas, é considerada um desafio. Isso se deve às variações, irregularidades e alterações discretas de densidade nas superfícies radiculares, o que destaca a importância de se ter imagens radiográficas diagnosticamente aceitáveis. Dos trabalhos que investigaram a tarefa de diagnóstico das reabsorções radiculares, os estudos de Gegler et al. (2006) e Fontanella et al. (2007) se basearam somente em imagens radiográficas convencionais digitalizadas e/ou na técnica de subtração radiográfica. Esses estudos concentraram-se exclusivamente na análise de um tipo específico de reabsorção radicular, a externa, sendo esta simulada mecanicamente por meio do emprego de brocas esféricas.

O estudo de Noujeim et al. (2012), que avaliou o diagnóstico de fraturas radiculares, baseou-se em apenas um sistema radiográfico digital (sensor digital) e não incluíram os formatos de arquivo BMP e PNG como variáveis de investigação, embora esses formatos sejam empregados na radiologia odontológica. As variações nos métodos e técnicas empregados, somada à dificuldade diagnóstica e aos diferentes procedimentos de aquisição, armazenamento e compartilhamento das imagens digitais, destacam a importância de uma abordagem ampla e padronizada na investigação e análise dessas condições, a fim de promover avanços substanciais no campo da Odontologia digital.

Apesar de a maioria dos estudos não ter identificado influência significativa entre os diferentes formatos de arquivo/taxa de compressão das imagens radiográficas e a acurácia diagnóstica das tarefas clínicas odontológicas, ainda há uma lacuna do conhecimento na literatura, o que justifica a necessidade de estudos que testem novas modalidades de aquisição, em diferentes sistemas digitais, bem como na exportação/salvamento dos principais formatos de arquivo de imagem aplicados na radiologia odontológica. Uma das lacunas é não incluir o formato de arquivo de imagem DICOM nas avaliações, apesar de sua recomendação como o formato de arquivo padrão para a transmissão de imagens médicas (Burgess, 2015). Além disso, até o presente momento, nenhum estudo se propôs a conduzir uma análise objetiva para avaliar a qualidade das radiografias digitais nos diferentes formatos de arquivo de imagem. A análise objetiva permite calcular a média e o desvio padrão dos valores dos tons de cinza nas imagens radiográficas (Fontenele et al., 2020; Souza-Pinto et al., 2020). A partir deste método, é possível medir diferentes parâmetros objetivos relacionados à qualidade da imagem, como o ruído, o brilho e a uniformidade da imagem (Fontenele et al., 2020; Souza-Pinto et al., 2020; Ruiz et al., 2023). Essa abordagem pode contribuir para uma melhor compreensão da relação entre a qualidade da imagem radiográfica (considerando os parâmetros de qualidade da imagem) e os diferentes formatos de arquivo, além de oferecer uma justificativa para não influência deste fator na acurácia diagnóstica de diversas tarefas clínicas, como mencionado anteriormente (Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2011; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021). Portanto, seria possível orientar os clínicos quanto ao formato de arquivo mais indicado para a interpretação radiográfica e transmissão/compartilhamento das imagens entre os profissionais.

A reconhecida qualidade das imagens radiográficas digitais, tecnicamente e diagnosticamente aceitáveis, torna-se essencial. No entanto, à medida que a transmissão *on-line* se torna cada vez mais comum, surge a necessidade de arquivos mais compactos para otimizar a eficiência. Além disso, existe a preocupação teórica em relação à perda mínima de informações gráficas nas imagens em determinados formatos de arquivo. Todos esses fatores, associados ao desafio da identificação das fraturas radiculares verticais e das lesões iniciais de reabsorções radiculares, enfatiza a importância de investigar a influência dos diferentes formatos de arquivo de imagem nessas tarefas diagnósticas. Ainda, a avaliação objetiva dos parâmetros de qualidade radiográfica dos diferentes formatos pode proporcionar uma melhor compreensão da relação entre a qualidade da imagem e suas distintas configurações acerca dos diversos formatos de arquivo.

Paralelamente, mapear a literatura existente para avaliar a presença de evidências suficientes, com base em conceitos-chave e nas lacunas dos estudos investigados, desempenha um papel importante na orientação dos clínicos sobre a escolha do formato de arquivo digital mais indicado para cada tarefa de diagnóstico odontológico. Uma revisão de escopo assume uma posição de destaque na área de pesquisa em análise, diante a diversidade nas metodologias adotadas e a existência de resultados divergentes na literatura. Examinar estudos é crucial para embasar a tomada de decisão em relação às metodologias desenvolvidas. Nesse contexto, elaborar perguntas originais desafia os pesquisadores a explorarem aspectos ainda não abordados, contribuindo não apenas para o avanço do conhecimento, mas também para a inovação e aprimoramento contínuo das práticas de pesquisa. Além disso, permite consolidar a literatura, englobar as evidências emergentes, e sintetizá-las para esclarecer distintos aspectos. Com o intuito de aprimorar o estudo e assegurar a confiabilidade dos resultados obtidos, é oportuno avaliar a qualidade metodológica dos estudos. Esses elementos interligados proporcionam a base essencial para abordar questões que vão além das preocupações exclusivas com eficácia ou experiência de intervenções, o que viabiliza estabelecer um consenso, diante o panorama de informações levantadas, sobre o tema em questão (Peters et al., 2015).

Diante da abordagem científica investigada e análise crítica das metodologias existentes, os objetivos no presente estudo foram: avaliar a influência dos diferentes formatos de arquivo de imagem no diagnóstico das reabsorções radiculares externa e

interna e das fraturas radiculares verticais, analisar objetivamente a influência dos formatos de arquivo de imagem nos parâmetros de qualidade (ruído, brilho e uniformidade) de radiografias periapicais digitais, e conduzir uma revisão de escopo para avaliar a literatura existente sobre a influência dos formatos de arquivo de imagem nas tarefas de diagnóstico odontológico, por meio da avaliação de imagens radiográficas intrabucais.

2. ARTIGOS

2.1 ARTIGO

Este artigo foi **aceito e está publicado** no periódico **Clinical Oral Investigations** - (*doi: 10.1007/s00784-021-03803-0*), considerado Qualis A1 pela CAPES (Fator de Impacto – 3.607). Esta é a última versão do manuscrito com as alterações prévias à publicação. A formatação do artigo baseou-se na seção “Instruções aos autores” indicadas pela editora do periódico. Em anexo, está a autorização da editora para a inclusão do material na tese (Anexo 2).

Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions

Murilo Miranda-Viana,¹ Daniela Verardi Madlum,¹ Nicolly Oliveira-Santos,¹ Hugo Gaêta-Araujo,¹ Francisco Haiter-Neto,¹ Matheus L Oliveira.¹

¹ Piracicaba Dental School, Oral Radiology Area, University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Corresponding author:

Murilo Miranda-Viana.

Address: Av. Limeira, 901. ZIP Code: 13414-903.

Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Telephone: +55 (19) 2106-5327.

E-mail: muriloomiranda@gmail.com

Acknowledgements:

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the influence of different image file formats of digital radiographic images on the diagnosis of external (ERR) and internal root resorption (IRR).

Materials and Methods: Thirty-four human teeth were selected. For ERR, 20 teeth were used (10 control and 10 with simulated ERR) and, for IRR, 14 teeth were used (before and after IRR simulation). Digital periapical radiographs were acquired using the Digora Toto system and exported in four different image file formats: TIFF, BMP, PNG, and JPEG, totaling 192 radiographs. Five examiners evaluated the images using the JPEGView software, and scored the detection of ERR or IRR on a 5-point scale. Sensitivity, specificity, accuracy, and the area under the ROC curve were obtained for the diagnosis of ERR and IRR in the different image file formats. Two-way ANOVA compared the diagnostic values between the file formats and Kappa test assessed intra- and inter-examiner agreement. The significance level was set at 5% ($\alpha=0.05$).

Results: The mean values of intra-examiner agreement were substantial (0.740) for ERR and almost perfect (0.836) for IRR and, inter-examiner was fair (0.263) and moderate (0.421), respectively. No statistically significant differences were found among the different file formats for the diagnostic values of ERR and IRR.

Conclusion: The file format of digital radiographs does not influence the diagnosis of ERR and IRR.

Clinical Relevance: Digital radiographic images may be susceptible to computational factors; however, they can be stored in multiple file formats without affecting the diagnosis of dental root resorptions.

Keywords: data compression; diagnosis; dental digital radiography; root resorption.

INTRODUCTION

Digital radiography has been gradually replacing the use of conventional plain-film based method in the routine of dental clinics since the late 1980s [1,2]. Despite requiring a high initial financial investment, it offers several advantages, such as increased sensitivity with a considerably decrease of the radiation dose, exclusion of chemical processing, reduction of the working time, the possibility of image enhancement, analysis and transmission, and improved communication between professional and patients by discussing the image displayed on a monitor [3,4]. Conversely, a relevant factor to be considered in digital radiography is the need for safe and spacious digital storage media because of the great number and the large file size of the acquired images [5]. In an endeavor to overcome this limitation and improve the clinical workflow, digital radiographic images can be exported as multiple file formats and have their file size compressed.

The Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) file was developed as the standard file format for radiological images and medical information. This has been of particular relevance for computed tomography to normalize different file formats from machines of multiple brands and allow for the use of a single DICOM viewer software [6]. However, as for plain radiographic images, many other common image file formats can be easily used and transmitted, such as Tagged Image File Format (TIFF), Bitmap - Windows pattern (BMP), Portable Network Graphics (PNG), and Joint Photographic Experts Group (JPEG). Depending on the exported format, the level of data compression and, consequently, the file size in bytes may vary. Compression methods have been described to be lossless/reversible when image data are preserved or lossy/irreversible when some graphic information of the image is negatively compromised, although this may not be apparent to the human eye [5,7]. For TIFF, BMP, and PNG formats, the compression method is lossless/reversible and for JPEG the compression method is lossy/irreversible. PNG format has a minimal loss of graphic information with a compression ratio (CR) similar to that of JPEG [8]. File size reduction is determined by the CR between the original and compressed file sizes and can be expressed as absolute or relative (percentage) values. The CR depends on the image characteristics; the approximate CR for lossless compressions ranges between 1:2 and 1:4, whereas lossy compression methods can achieve CR of up to 1:40 [5]. Out of the

above-mentioned file formats, TIFF and JPEG present the least and the maximum compression rate, respectively. Importantly, in clinical practice, the compression rate should only be faced as an advantage if the diagnostic accuracy is not negatively affected [5,8]. Moreover, although storage media has become widely available, the reduction of the file size may be advantageous to avoid waste of virtual space, time, and money.

Previous studies evaluated multiple image file formats and/or CRs for dental conditions such as periapical lesions [9], caries lesions [7,10-12], and root fractures [13], and observed that different image file formats, even those with greater compression, such as JPEG, did not influence the diagnostic accuracy. Because the clinical and radiographic aspects of different diagnostic tasks vary significantly, it is important not to generalize the results of these studies. The radiographic identification of initial lesions of root resorption remains a challenge due to their variations, irregularities, and discrete density alterations, which highlights the importance of having satisfactory radiographic images. A previous study on the diagnosis of external root resorption (ERR) [14] did not find differences among file formats either, but used digitized conventional radiographs, the radiographic subtraction method, and did not consider the PNG file format.

Root resorption is a progressive loss or destruction of hard tissue in internal and/or external structure of a tooth with several etiologies, for example, idiopathic, traumatic, microbial, and chemical [14,15]. This condition presents clinical signs only in advanced stages, which are often seen as incidental radiographic findings [16]. The early diagnosis of ERR and internal root resorption (IRR) and, consequently, treatment leads to better prognosis. However, the irregularity and non-specific location of ERR and IRR poses a challenge in their radiographic-based detection [17,18]. Considering the recognized satisfactory image quality of digital radiographs associated with the need for more compact file sizes and the theoretical loss of information of specific file formats, the aim of the present study was to evaluate the influence of different image file formats, and their inherent compression, of digital radiographic images in the diagnosis of ERR and IRR.

MATERIALS AND METHODS

This *in-vitro* study was reviewed and approved by the local research Ethics Committee (protocol number #3.927.375).

Sample selection

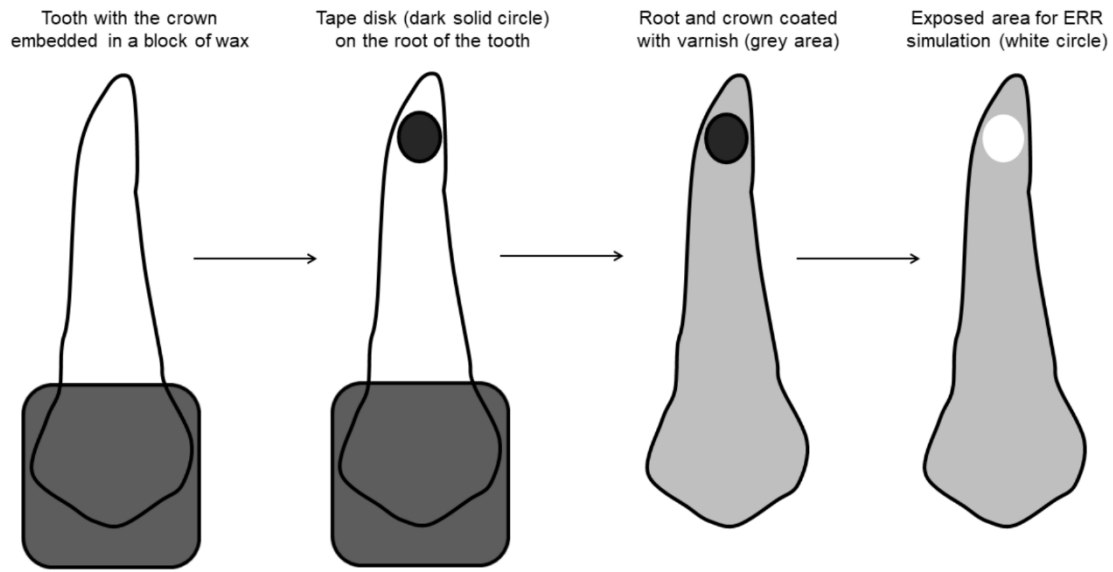
After clinical and radiographic inspection, 34 single-rooted teeth were selected from a tooth bank: 20 incisors for ERR simulation and 14 lower premolars for IRR simulation. Exclusion criteria considered teeth with incomplete formation, root caries, root resorption, cracks, and/or fractures.

ERR and IRR simulations

The simulation of ERR and IRR was based on the methodology proposed by Sousa Melo et al, 2017 [19] and Da Silveira et al, 2014 [20], respectively. Firstly, all teeth were subjected to disinfection with alcohol 70%, scaling, root planning to remove dental calculus and soft tissue remnants, and immersion in water until the moment of use.

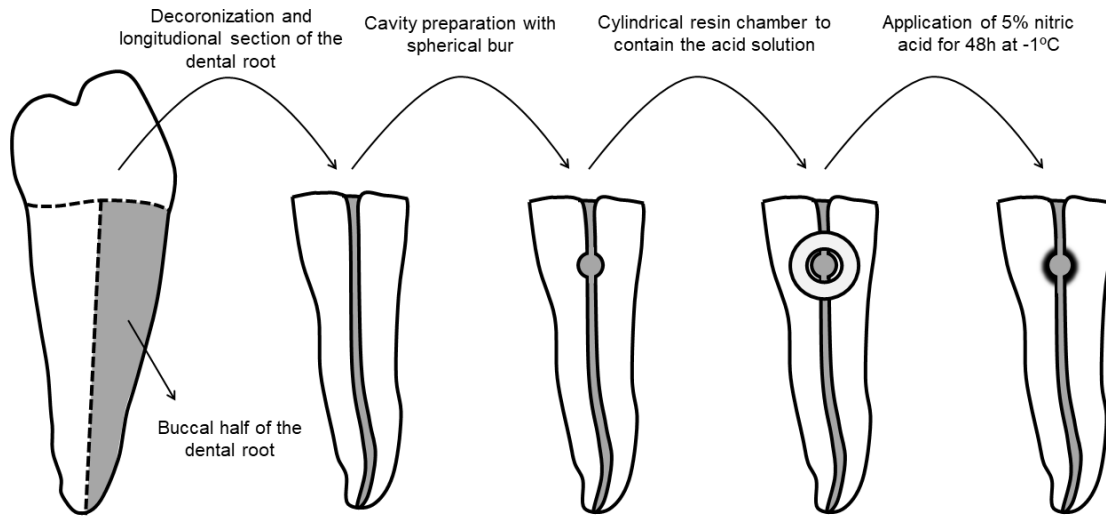
For the ERR simulation, to keep the tooth in stable vertical position, the dental crown of 10 sound teeth was placed in a rectangular block with utility wax. Then, standardized discs of 3mm in diameter were created with the aid of a belt hole puncher from colored vinyl tape. The tape disk was placed on the lingual surface of the apical third of the tooth root. A fast-drying acid-resistant varnish was applied, in 2 layers, to coat the roots, and the utility wax was removed, and the crowns were also coated with 2 layers of varnish. Finally, the tape disk was removed, exposing the uncoated surface of the roots that interacted with the demineralizing solution (Fig. 1). The chemical demineralization solution was prepared using 0.05M acetate buffer, pH 4.8, 1.12 mM calcium, 0.77 mM phosphate and 0.03 ppm fluoride. The teeth were maintained in the demineralizing solution for 21 days at 37 °C.

Figure 1: Illustrative representation and description of the preparation for external root resorption (ERR) simulation.



For the IRR simulation, 14 sound teeth were decoronated and, then, sectioned longitudinally in two halves (buccal and lingual) using a diamond disc (Isomet 1000®, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, USA). Standardized cavities with 0.25 mm in diameter and depth were produced in the middle third of the inner surface of buccal segment of the root canal using a spherical carbide drill (KG Sorensen, Cotia, Brazil). The other root canal surfaces were not involved to simulate an injury at an early stage, whereas larger lesions would be easily diagnosed. Then, a cylindrical chamber in composite resin (Z250; 3M ESPE, St Paul, MN) was placed to limit the application of a nitric acid solution in a concentration of 5% for chemical demineralization during 48 hours. The samples were maintained at -1°C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) for the entire period of induction of IRR. Then, the cylindrical resin chamber was removed, and remnants of the substances were eliminated with running water (Fig. 2). Finally, the dental halves were bonded with cyanoacrylate adhesive (Scotch Super Glue, 3M, Maplewood, MN, USA).

Figure 2: Illustrative representation and description of the steps followed to simulate the internal root resorption (IRR) lesions.



Radiographic acquisitions

Digital radiographic images were acquired with the Digora Toto system (Soredex, Tuusula, Finland), using a CMOS digital sensor, size 2, 12-bit contrast resolution, and spatial resolution of 26.3 lp.mm^{-1} . The X-ray source was the Focus unit (Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, USA) with 70 kVp, 7 mA, exposure time of 0.16 s, and a standardized focus-receptor distance of 30 cm.

All 34 teeth were inserted individually into a same dental socket of dry mandibles. Subsequently radiographs were taken using the paralleling technique. The 14 teeth of the IRR group were radiographed before and after IRR simulation, totaling 48 radiographic images.

Image exporting

The acquired images were exported from the native software (Scanora, Soredex, Tuusula, Finland) as four different file formats: TIFF, BMP, PNG e JPEG, totaling 192 radiographs ($4 \text{ formats} \times (10 \text{ radiographs with ERR} + 10 \text{ control radiographs}) + 4 \text{ formats} \times (14 \text{ radiographs with IRR} + 14 \text{ control radiographs})$). Figures 3 and 4 illustrate ERR and IRR, respectively, in digital radiographs at the four resulting file formats. For each type of root resorption (ERR and IRR), all images were codified and randomized. Table 1 shows the mean file size of all digital radiographic images according to the experimental conditions of the present study.

Figure 3: External root resorption (white arrow) in four different image file formats.

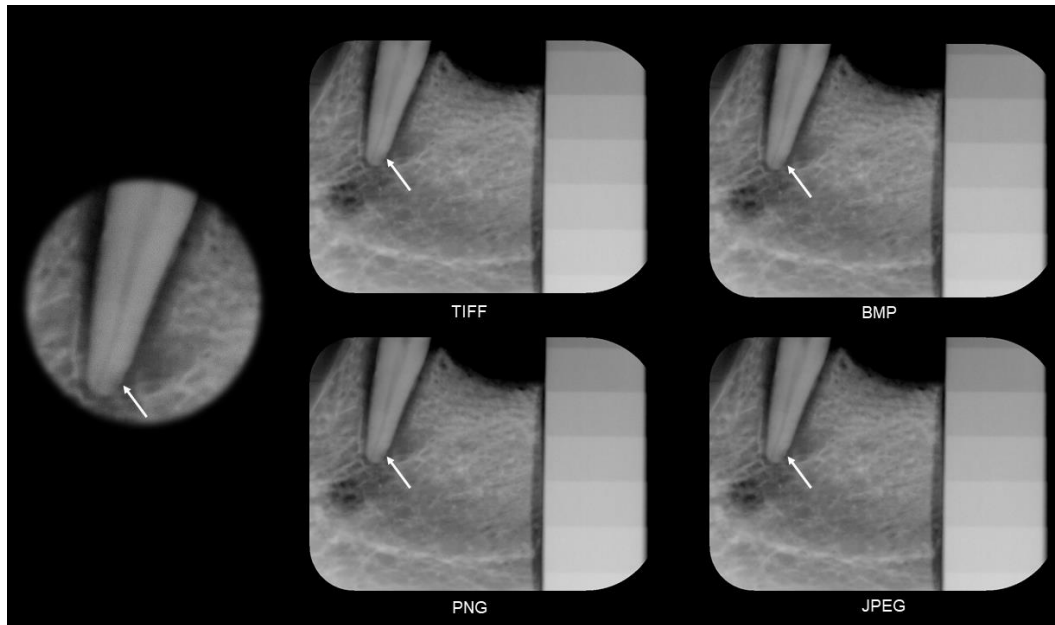


Figure 4: Internal root resorption (white arrow) in four different image file formats.

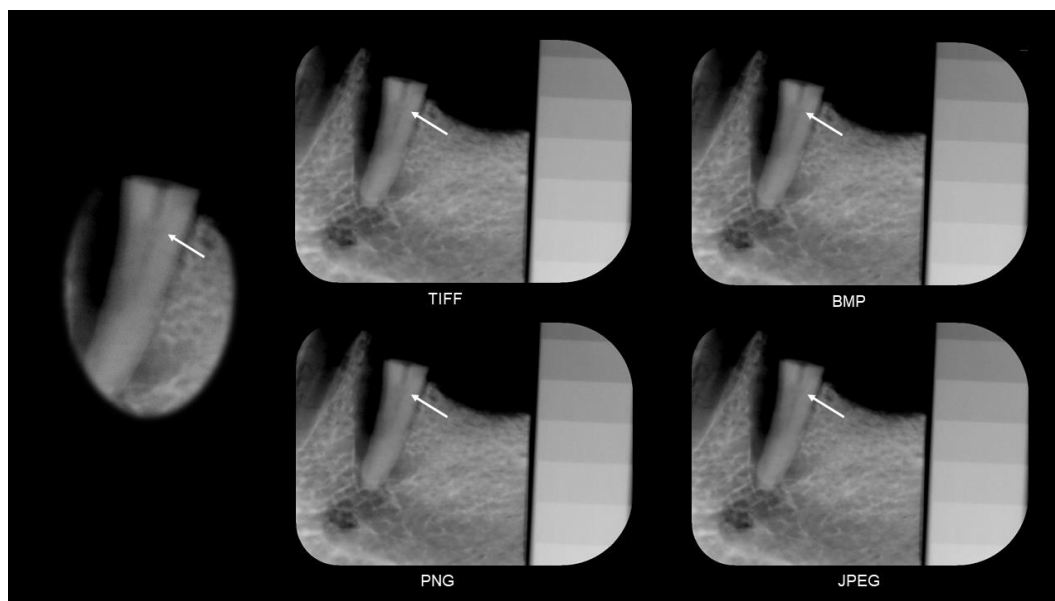


Table 1. Mean values and standard deviation of the file sizes (in kilobyte), and compression percentage and ratio of both external and internal root resorption resulting images.

	External Root Resorption				Internal Root Resorption			
	TIFF	BMP	PNG	JPEG	TIFF	BMP	PNG	JPEG
File size	1907	1900	419	86	1907	1900	384	81
Standard Deviation	0.00	0.00	3.53	1.17	0.00	0.00	11.54	2.80
Compression percentage*	-	0	78	95.5	-	0	80	96
Compression ratio*	-	1:1	1:5	1:22	-	1:1	1:5	1:23

* comparing with TIFF file format

Image Assessment

Five properly calibrated oral radiologists with experience in clinical diagnosis evaluated all images using the JPEGView image viewer and their personal laptop to simulate a real scenario. All laptops had a LCD screen adjusted to high levels of brightness. The examiners were blinded to the file format, advised to work in a calm place with reduced ambient lighting, and allowed to adjust image brightness, contrast, and zoom settings, if necessary. They assessed the absence or presence of ERR and IRR separately, based on the 5-point scale, as follows: (1) definitely absent; (2) probably absent; (3) uncertain; (4) probably present, and (5) definitely present. In order to avoid interference from visual fatigue of the examiners and to reduce memorization bias, a maximum of 20 radiographic images could be evaluated per day. After 15 days of the end of the evaluations, 25% of the images of each experimental group were reevaluated, under the same parameters, to assess the intra-examiner agreement.

Statistical analysis

Intra and inter-examiner agreements for evaluator's scores were calculated using the weighted-Kappa test on the GraphPad Prism 7 software (GraphPad Software, La Jolla, California, USA, and interpreted as: <0.00, poor; 0.00–0.20, slight; 0.21–0.40, fair; 0.41–0.60, moderate; 0.61–0.80, substantial; 0.81–1.00, almost perfect [21].

The sensitivity, specificity, accuracy, and area under the Receiver Operating Characteristic (ROC) curve values were obtained to verify the performance of the observers in the diagnosis of ERR and IRR in different image file formats. SPSS software version 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) performed the analysis of variance (ANOVA) to compare the diagnostic values between the different image file formats. The significance level was set at 5% ($\alpha=0.05$).

RESULTS

The mean values of intra- and inter-examiner agreement were substantial (0.740) and fair (0.263), respectively, for ERR. Regarding IRR, the mean values of intra- and inter-examiner agreement were almost perfect (0.836) and moderate (0.421), respectively.

Table 2 shows the mean values and standard deviation of diagnostic tests for ERR in the TIFF, JPEG, PNG, and BMP image file formats. No statistically significant differences were found for the different file formats in the values of sensitivity, specificity, accuracy, and area under the ROC curve ($p > 0.05$).

Table 2. Mean and standard deviation (SD) of the diagnostic values for the detection of external root resorption in the different image files format.

Diagnostic tests	IMAGE FILE FORMAT				p-value*
	TIFF	BMP	PNG	JPEG	
Az	0.54 (0.15)	0.56 (0.14)	0.62 (0.15)	0.62 (0.11)	0.704
Sensitivity	0.48 (0.13)	0.50 (0.12)	0.50 (0.16)	0.58 (0.11)	0.643
Specificity	0.62 (0.13)	0.58 (0.15)	0.62 (0.15)	0.70 (0.14)	0.609
Accuracy	0.55 (0.10)	0.54 (0.10)	0.56 (0.12)	0.64 (0.09)	0.427

SD – Standard deviation

Az – Area under the ROC curve

*No statistically significant differences according to ANOVA one-way test

As demonstrated in table 3, the evaluation of IRR also showed no statistically significant difference for sensitivity, specificity, accuracy, and area under the ROC curve, for the different image file format tested ($p > 0.05$).

Table 3. Mean and standard deviation (SD) of the diagnostic values for the detection of internal root resorption in the different image files format.

Diagnostic tests	IMAGE FILE FORMAT				p-value*
	TIFF	BMP	PNG	JPEG	
Az	0.78 (0.09)	0.79 (0.09)	0.78 (0.05)	0.80 (0.09)	0.973
Sensitivity	0.63 (0.14)	0.60 (0.08)	0.60 (0.16)	0.63 (0.09)	0.965
Specificity	0.84 (0.16)	0.86 (0.13)	0.84 (0.12)	0.84 (0.15)	0.998
Accuracy	0.74 (0.11)	0.73 (0.07)	0.72 (0.10)	0.74 (0.10)	0.995

SD – Standard deviation

Az – Area under the ROC curve

*No statistically significant differences according to ANOVA one-way test

DISCUSSION

The diagnosis of dental root resorption is a relevant and challenging condition in clinical practice. Digital radiography is an important complementary examination in the challenging diagnosis of dental root resorption because it may contribute to the detection of the associated lesions. In the present study, we assessed the influence of four image file formats and inherent compressions on the radiographic detection of dental root resorptions, and no significant difference was found.

The same digital radiographic image has distinct file size, measured in bytes, depending on the format it is exported. It is important to emphasize that no image pre-processing was enabled during image acquisition and, in case of any compulsory and undisclosed image adjustment such as automatic exposure compensation, this would have affected all images without distinction, thus not compromising the main comparison between different image file formats. In this study, TIFF, BMP, PNG, and JPEG formats were used; TIFF has the least compression and, therefore, the largest size, followed by BMP, PNG, and JPEG, which has the highest compression and the smallest size. In 1992, the Joint Photographic Experts Group developed the JPEG lossy compression algorithm, which has been introduced as an ISO standard and is widely used [7,22]. Despite the relatively smaller size of JPEG file format [23,24], it did not impair in the diagnosis of IRR and/or ERR. Furthermore, one of the main advantages of the use of images with greater compression is the facilitated digital storage and online transmission. Thus, such benefits associated with our findings justify the preference for JPEG file format. Importantly, as revealed by its name, the DICOM file format has been developed to standardize digital imaging and communication in medicine [6]. However, considering that the present study made use of plain radiographic images, the DICOM file format was not included as an extra experimental group because it requires specific software applications and cannot be as easily accessed and transmitted as the four file formats assessed herein. Also, because no significant difference was observed between TIFF, BMP, PNG, and JPEG, the authors strongly believe that the DICOM file format would not be different either.

With regard to the diagnosis of root resorption, Gegler et al [14] evaluated whether film-based radiographs scanned and saved as three file formats (JPEG, BMP, and TIFF) would affect the results of digital subtraction in cases of simulated ERR, and concluded

that image files at higher compression can be used without loss of clinical information. This is in agreement with our present study, although it is important to take into consideration that the Gegler et al. [14] study used the radiographic subtraction method, which is more sensitive than merely visual inspection. The latter is subjective whereas the former is objective. In addition, it needs to be emphasized that the findings in this previous study [14] were based on digitized analog radiographs.

The radiographic detection of ERR lesions located in apical third of the root is more difficult [15,25], which can possibly explain the low accuracy, area under the ROC curve and intra-examiner agreement obtained from all image file formats analyzed. Despite this factor, the evaluators showed good consistency, with substantial intra-observer agreement for ERR and almost perfect for IRR. Although the examiners were calibrated and asked to work in a dimmed-light and silent environment with the laptop screen in the highest level of brightness, differences in their clinical experience (ranging from 2 to 5 years) and subjective image manipulation may have contributed to the observed variation of agreement values. In addition, the difficulty of the diagnostic task assessed in this study must be taken into account. As for the use of different laptops, it is important to highlight that previous studies have not found significant differences between different types of monitor in the assessment of subtle alterations of radiographic contrast and caries lesions detection [26,27].

The present study made use of 12-bit images as a consequence of the sensor-based system used. Although greater bit depths technically allow for better representation of structures with discrete differences in their composition and physical aspects, results from previous studies have been contradictory; 12-bit images were superior to 8-bit images in the detection of subtle radiographic contrast [28], whereas the detection of small caries lesions was not apparently different between 8-, 12-, and 16-bit images [29]. Despite this, the authors believe that the most important evaluation of the present study – comparison between different files formats in the detection of root resorption lesions – would not be affected and recommend future studies to confirm or refute such hypothesis.

Images in JPEG format presented similar area under the ROC curve compared with a previous study that used TIFF file format [10]. Although no significant difference has been observed, the results reveal low sensitivity values for the diagnosis of root resorption, which may be related to the diagnostic task and imaging modality rather than

the different image file formats. Importantly, besides providing sufficient diagnostic quality, the use of the JPEG file format can be easily transmitted and stored.

In relation to other dental diagnosis, a previous study showed no statistically significant difference between radiographic images in JPEG and TIFF file formats for root fracture detection [13]. Regarding the diagnosis of caries lesions, a frequent diagnostic task in clinical practice, authors revealed no difference in diagnostic performance among radiographic images in TIFF, JPEG and JPEG 2000, [10] and also comparing TIFF as “original” image and JPEG compressed in different ratios (1:2.5, 1:11 and 1:16) [11]. Such results are in agreement with our findings. Wenzel et al. [12] concluded that a compression ratio of 1:12 is acceptable before significantly compromising accuracy and image quality. Also, compression ratios greater than 1:28 and 1:32 influenced negatively on the diagnosis of periapical lesions [9,30]. In the present study, comparing TIFF and JPEG, the compression ratio was approximately 1:23; thus, higher compression ratios could be evaluated in future studies.

The present methodology allowed the observers to adjust brightness and contrast to simulate a clinical scenario. Moreover, to prevent highlight demarcated lesions, ERR simulation was chemical and IRR simulation combined chemical and mechanical protocols; methods already reported in previous studies [19, 20, 25]. For being an *ex-vivo* study, we were able to better standardize and control interfering factors that could have affected the diagnostic accuracy. Nevertheless, the absence of patients’ clinical aspects (e.g. increase of the periodontal ligament space, pain, tooth discoloration) is a limitation to be considered. Future studies are encouraged to achieve further information about the impact of digital image file formats and compression ratios in other diagnostic tasks and imaging modalities.

CONCLUSION

The radiographic-based diagnosis of external and internal root resorption is a challenging condition, which was not affected by the image file formats assessed in the present study. Thus, because of the advantages associated with a higher compression level, JPEG file format can be used for these diagnostic tasks without concern. Importantly, local regulations should be considered before clinical application.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Ethical Approval

This study was carried out after local Institutional Review Board approval (protocol number #3.927.375).

Informed Consent

Not applicable.

REFERENCES

1. Yoon DC, Mol A, Benn DK, Benavides E. Digital Radiographic Image Processing and Analysis. *Dent Clin North Am*. 2018; 62:341–59. <http://doi.org/10.1016/j.cden.2018.03.001>
2. Svenson B, Ståhlacke K, Karlsson R, Fält A. Dentists' use of digital radiographic techniques: Part I–intraoral X-ray: a questionnaire study of Swedish dentists. *Acta Odontol Scand*. 2018; 76:111–8. <http://doi.org/10.1080/00016357.2017.1387930>
3. Farias Gomes A, Nejaim Y, Fontenele RC, Haiter-Neto F FD. Influence of the incorporation of a lead foil to intraoral digital receptors on the image quality and root fracture diagnosis foil on image quality. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019; 48:2018. <http://doi.org/10.1259/dmfr.20180369>
4. Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: A systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2010; 68:106–14. <http://doi.org/10.3109/00016350903514426>
5. Fidler A, Likar B, Skalerič U. Lossy JPEG compression: Easy to compress, hard to compare. *Dentomaxillofac Radiol*. 2006; 35:67–73. <http://doi.org/10.1259/dmfr/52842661>
6. Burgess J (2015) Digital DICOM in dentistry. *Open Dent J*. 9:330– 336. <https://doi.org/10.2174/1874210601509010330>
7. Janhom A, Van Der Stelt PF, Sanderink GCH. A comparison of two compression algorithms and the detection of caries. *Dentomaxillofac Radiol*. 2002; 31:257–63. <http://doi.org/10.1038/sj.dmfr>
8. Wiggins RH, Davidson HC, Harnsberger HR, Lauman JR, Goede PA. Image file formats: past, present, and future. *Radiographics*. 2001; 21:789–98. <http://doi.org/10.1148/radiographics.21.3.g01ma25789>
9. Eraso FE, Analoui M, Watson AB, Rebeschini R. Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002; 93:621–5. <http://doi.org/10.1067/moe.2002.122640>
10. Schulze RKW, Richter A, D'Hoedt B. The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries. *Caries Res*. 2008; 42:334–9. <http://doi.org/10.1159/000151328>
11. Pabla T, Ludlow JB, Tyndall DA, Platin E, Abreu M. Effect of data compression on proximal caries detection: Observer performance with DenOptix® photostimulable phosphor images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32:45–9. <http://doi.org/10.1259/dmfr/19650275>
12. Wenzel A, Gotfredsen E, Borg E, Gröndahl HG. Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1996; 81:351–5. <http://doi.org/10.1016/s1079->

2104(96)80336-2

13. Noujeim M, Geha H, Shintaku W, Bechara B, Kashi KA. Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture. *Dent Traumatol*. 2012; 28:233–7. <http://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.01076.x>
14. Gegler A, Mahl CEW, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2006; 35:10–3. <http://doi.org/10.1259/dmfr/86879455>
15. Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Galvão NS, Moreira-Souza L, Oliveira-Santos C, Freitas DQ. Effect of brightness and contrast variation for detectability of root resorption lesions in digital intraoral radiographs. *Clin Oral Investig*. 2019; 23:3379–86. <http://doi.org/10.1007/s00784-018-2764-8>
16. Mesgarani A, Haghanifar S, Ehsani M, Yaghub SD, Bijani A. Accuracy of conventional and digital radiography in detecting external root resorption. *Iran Endod J*. 2014; 9:241-245. PMID: PMC4224759
17. Darcey J, Qualtrough A. Root Resorption: Simplifying Diagnosis and Improving Outcomes. *Prim Dent J*. 2016; 5:36–45. <http://doi.org/10.1308/205016816819304222>
18. Lima TF, Gamba TO, Zaia AA, Soares AJ. Evaluation of cone beam computed tomography and periapical radiography in the diagnosis of root resorption. *Aust Dent J*. 2016; 61:425–31. <http://doi.org/10.1111/adj.12407>
19. Sousa Melo SL, Vasconcelos K de F, Holton N, Allareddy V, Allareddy V, Tabchoury CPM, et al. Impact of cone-beam computed tomography scan mode on the diagnostic yield of chemically simulated external root resorption. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2017; 151:1073–82. <http://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.10.041>
20. Da Silveira PF, Vizzotto MB, Montagner F, Silveira HLD Da, Silveira HED Da. Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod*. 2014; 40:211–6. <http://doi.org/10.1016/j.joen.2013.07.007>
21. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977; 33:159. PMID: 843571
22. Fidler A, Skalerič U, Likar B. The effect of image content on detail preservation and file size reduction in lossy compression. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2007; 36:387–92. <http://doi.org/10.1259/dmfr/66171128>
23. Erickson BJ. Irreversible compression of medical images. *J Digit Imaging*. 2002; 15:5–14. <http://doi.org/10.1007/s10278-002-0001-z>

24. Persons K, Palisson P, Manduca A, Erickson BJ, Savcenko V. An Analytical Look at the Effects of Compression on Medical Images. *J Digit Imaging*. 1997; 1:60–6. <http://doi.org/10.1007/BF03168659>
25. Kamburoğlu K, Tsesis I, Kfir A, Kaffe I. Diagnosis of artificially induced external root resorption using conventional intraoral film radiography, CCD, and PSP: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2008; 106:885–91. <http://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.01.005>
26. Lima CAS, Freitas DQ, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of interpretation conditions on the subjective differentiation of radiographic contrast of images obtained with a digital intraoral system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019; 127:444-450. <http://doi.org/10.1016/j.oooo.2019.01.003>.
27. Lima CAS, Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Oliveira-Santos C, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Is the digital radiographic detection of approximal caries lesions influenced by viewing conditions? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020; 129:165-170. <http://doi.org/10.1016/j.oooo.2019.08.007>.
28. Heo MS, Choi DH, Benavides E, Huh KH, Yi WJ, Lee SS, Choi SC. Effect of bit depth and kVp of digital radiography for detection of subtle differences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108:278-83. <http://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.12.053>.
29. Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; 103: 418-22. <http://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.05.016>.
30. Koenig L, Parks E, Analoui M, Eckert G. The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2004; 33:37–43. <http://doi.org/10.1259/dmfr/30099843>

2.2 ARTIGO

Este artigo foi **aceito e está publicado** no periódico **Oral Radiology** - (*doi: 10.1007/s11282-021-00573-z*), considerado Qualis B2 pela CAPES (Fator de Impacto – 1.882). Esta é a última versão do manuscrito com as alterações prévias à publicação. A formatação do artigo baseou-se na seção “Instruções aos autores” indicadas pela editora do periódico. Em anexo, está a autorização da editora para a inclusão do material na tese (Anexo 2).

Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture

Murilo Miranda-Viana,¹ Rocharles Cavalcante Fontenele,¹ Amanda Farias Gomes,¹
Fernanda Nogueira-Reis,¹ Yuri Nejaim,² Matheus Lima Oliveira,¹ Deborah Queiroz
Freitas¹

¹ Piracicaba Dental School, Oral Radiology Area, University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

² Oral Radiology Area, Dental School, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brazil.

Corresponding author:

Rocharles Cavalcante Fontenele

Address: Avenida Limeira, 901. ZIP Code: 13414-903.

Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Phone: +55 (19) 2106-5327.

Email: rocharlesf@gmail.com

Acknowledgements:

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

The authors deny any conflicts of interest related to this study

All procedures followed were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional and national) and with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008 (5). Informed consent was obtained from all patients for being included in the study.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the influence of the file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of vertical root fracture (VRF).

Study Design: Periapical radiographic images of 34 single-rooted teeth - 19 with VRF, and 15 without VRF were acquired using two digital systems - Digora Toto, and Digora Optime, and exported into four different file formats - TIFF, BMP, PNG, and JPEG, totaling 272 radiographs. The radiographs were assessed by five examiners for the detection of VRF, using a 5-point scale (1 - definitely absent; 2 - probably absent; 3 - uncertain; 4 - probably present; 5 - definitely present). Diagnostic values of area under the ROC curve, specificity, and sensitivity for the diagnosis of VRF were calculated. The results were compared by two-way Analysis of Variance with post hoc Tukey's test. The intra- and inter-examiner agreements were measured by the Kappa test. The significance level was set at 5% for all analyses.

Results: The values of intra-examiner agreement varied from moderate (0.56) to almost perfect (0.81), while the values of inter-examiner agreement varied from fair (0.29) to moderate (0.60). The image file format did not influence the diagnostic values for VRF for any of the radiographic systems tested ($p > 0.05$). Digora Toto had significantly greater values of area under the ROC curve than Digora Optime for all file formats ($p = 0.001$).

Conclusion: The image file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of VRF, regardless of the digital radiography system.

Keywords: dental digital radiography; diagnostic imaging; tooth fractures.

INTRODUCTION

Periapical radiographs are commonly used to establish the diagnosis and treatment planning for several dental conditions (e.g., root fractures), as it allows a satisfactory assessment of the crown, root, and surrounding bone [1]. Among the diagnostic tasks, the diagnosis of vertical root fractures (VRFs), based on clinical and radiographic assessments, is considered challenging. However, an early diagnosis, whether clinical or radiographic, is essential for a better prognosis of VRF [2].

Vertical root fractures are often not visible on clinical examination, do not have a favorable prognosis, being one of the most common reasons for the extraction of endodontically treated teeth [3]. When radiographically assessed, vertical fractures can present as an incomplete or complete radiolucent line that extends along the longitudinal axis of the tooth. It can even cause complete separation of the fragments, but in most cases, factors, such as fracture width and location, can complicate the diagnosis [4]. This radiographic assessment differs from the horizontal type that often originates from great traumatic forces and is more visible than most vertical fractures cases.

Since the late 1980s, radiographic films have been replaced with digital radiographic systems. Manufacturers offer two types of digital image receptors - photostimulable phosphor plates, and sensors - which have different technical characteristics (e.g., physical constitution, and spatial resolution) that can cause distinct image quality [5,6]. Both types of systems have numerous advantages over films, such as reduced radiation dose delivered to the patient, the possibility of image storage in digital media, and fast image display, transmission, and communication between professionals and between professionals and patients [7].

Nevertheless, the quantity and size of the image files can overload the digital storage media, hampering their transmission. A way to overcome this limitation and improve clinical workflow is to compress the radiographic images after their acquisition and to export them from the native software into different file formats [7,8]. Although several storage media platforms have become available, a reduction in the file size may be advantageous to avoid waste of virtual space, time, and money. It is possible to export the radiographic images into various file formats, such as tagged image file format (TIFF), bitmap—windows pattern (BMP), and portable network graphics (PNG), which represent a lossless (reversible) compression, in which all image data is preserved. On the other

hand, some image file formats, such as joint photographic experts group (JPEG), involve a lossy (irreversible) compression, with loss of image data [7]. The major difference among these types of file formats is the level of compression employed, with TIFF presenting the lowest level of compression, and BMP, PNG, and JPEG formats having higher compression levels [7–9].

Depending on the file format in which it is exported, the same radiographic image can have different file sizes. The compression ratio (CR) determines the reduction in the image file between the original and compressed images, and is expressed as absolute or percentage values [8]. CR values between 1:2 and 1:4 represent no loss of graphic information, while CR values up to 1:40 are related to loss of graphic information on the compressed image [8,10]. Therefore, compression of image files should be seen as an advantage in clinical practice only if the diagnostic accuracy is not negatively affected.

Previous studies have reported the influence of the radio- graph file format (i.e., the compression level) on the detection of caries lesions, periapical lesions, root resorptions, and root fractures in different radiography modalities (peri- apical, panoramic, and cephalometric radiography) [7–15]. However, the cited study on root fractures included both horizontal and vertical root fractures in the assessed sample, without specifying the influence of the file format on each type of fracture individually. Also, the only type of image compression evaluated was JPEG [11]. Therefore, due to the challenge of identifying VRF and the variety of image compression options, the aim in this study was to evaluate the influence of the file format of digital periapical radio- graphs on the diagnosis of VRFs acquired with different digital systems.

MATERIALS AND METHODS

Study Design

The present study had an in-vitro design and was conducted after acceptance by the local Institutional Review Board (IRB) (protocol number #4.231.578).

Sample selection and preparation

The sample was composed of 34 single-rooted human teeth, including lower incisors, canines, and premolars, and divided into the control group (without VRF; n = 15 teeth) and the experimental group (with VRF; n = 19 teeth). All teeth were collected from a private dental clinic after being extracted mainly due to the presence of periodontal disease, extensive coronal caries lesions or orthodontic indication. All teeth were disinfected in 2% glutaraldehyde and submitted to clinical and radiographic evaluation to ensure the absence of dental anomalies, calcification, endodontic treatment, open apex, resorptive lesions, and fractures. All teeth were sectioned at the level of the cemento-enamel junction to avoid memorization of tooth morphology and bias related to coronary fracture identification during the evaluation. Then, vertical fractures were induced in each of 19 roots (experimental group), using a universal testing machine (INSTRON 4411, Instron Corporation, Canton, MA) and following a previously established methodology [3]. Transillumination using a LED light (Ultralume 5, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA) was used to verify the presence of the VRFs, which were located at least at the cervical and middle third of the root.

Image acquisition and export

The roots were individually included in alveolar sockets of a sectioned human mandible for periapical radiography acquisition. Also, to simulate a clinical scenario, a tongue made of wax was placed behind the image receptor [1].

With the aid of a custom-made acrylic apparatus, the radiographic images were acquired following the parallelism technique. This apparatus was composed of a locator ring to standardize the position of the position-indicating device of the X-ray unit (distance focus-receptor standardized in 30 cm, horizontal angulation of 90°, and vertical angulation of 0°). Further, the apparatus allowed to maintain the distance between the object and the receptor in 1.5 cm. To reproduce a clinical scenario and mimic the

attenuation of the X-rays by the soft tissues, an acrylic block of 2.5 cm in thickness was settled in front of the buccal cortical plate of the mandible.

The periapical radiographic images were acquired using two radiographic systems with distinct technologies:

1. Phosphor plate (PSP): Digora Optime (Soredex, Tuusula, Finland), size 2, 8-bit contrast resolution, and theoretical spatial resolution of 14.3 lp mm^{-1} .

2. CMOS sensor: Digora Toto—Scanora (Soredex, Tuusula, Finland), size 2, 12-bit contrast resolution, and theoretical spatial resolution of 26.3 lp mm^{-1} .

All images were obtained using the same X-ray unit (FocusTM - Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, USA), under the same acquisition protocol: 60 kVp, 7 mA, exposure time as recommended by the receptors' manufacturers (0.3 s for Digora Optime, and 0.18 s for Digora Toto), and standardized focus-receptor distance of 30 cm.

After radiographic acquisition, the images were individually exported from their native software into the four different file formats - TIFF, BMP, PNG, and JPEG, totaling 272 radiographs ($34 \text{ radiographs} \times 2 \text{ digital systems} \times 4 \text{ file formats}$). The Table 1 shows the average file size of each radiographic image for both systems studied, according to the experimental conditions of the present study. Also, Figs. 1 and 2 show radiographs of a sound and of a fractured root, respectively, obtained with the two digital systems tested and exported into the four different file formats.

Table 1. Mean and standard deviation values of the file sizes (in kilobyte), compression percentage, and compression ratio according to the radiographics images and file formats evaluated in the two tested digital systems.

Digital Systems		File formats			
		TIFF	BMP	PNG	JPEG
<i>Digora Optime</i>	File size (Standard Deviation)	2156 (5.19)	2152 (4.89)	411 (25.90)	106 (8.21)
	Compression percentage ^a	-	0	81	95
	Compression ratio ^a	-	1:1	1:5	1:20
<i>Digora Toto</i>	File size (Standard Deviation)	1907 (0.00)	1900 (0.00)	320 (20.00)	74 (3.60)
	Compression percentage ^a	-	0	83	96
	Compression ratio ^a	-	1:1	1:6	1:26

^aComparing with TIFF file format

Figure 1: Radiographic images of the control group (without vertical root fracture) in different image file formats, for the two intraoral digital systems.

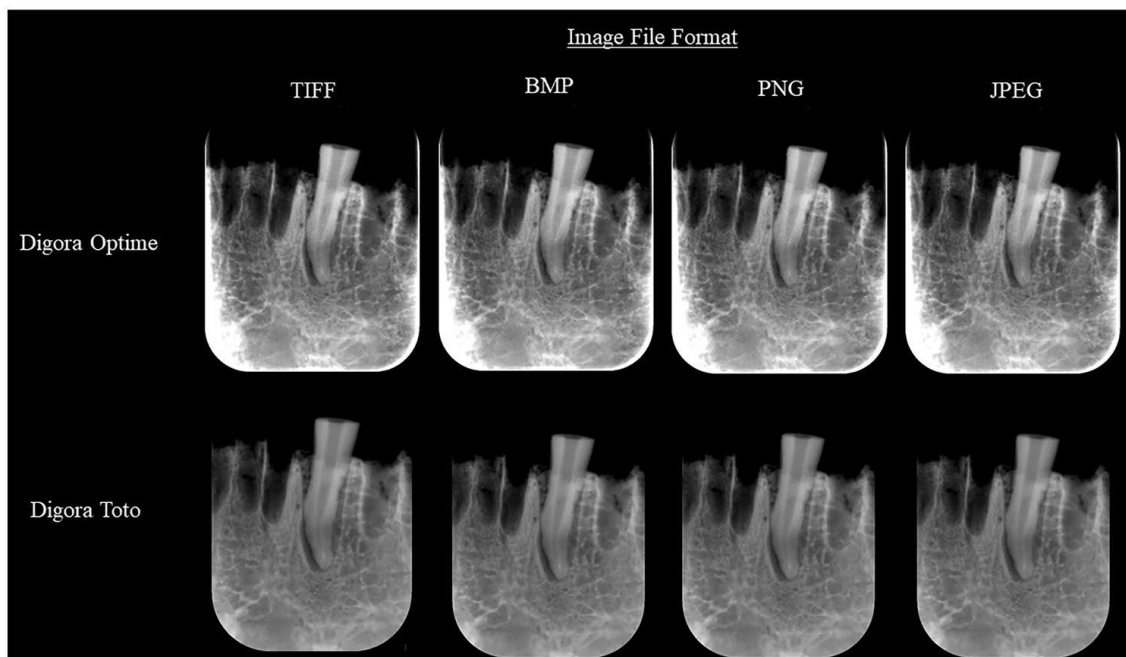


Figure 2: Radiographic images of the experimental group (with vertical root fracture) in different image file formats, for the two intraoral digital systems.

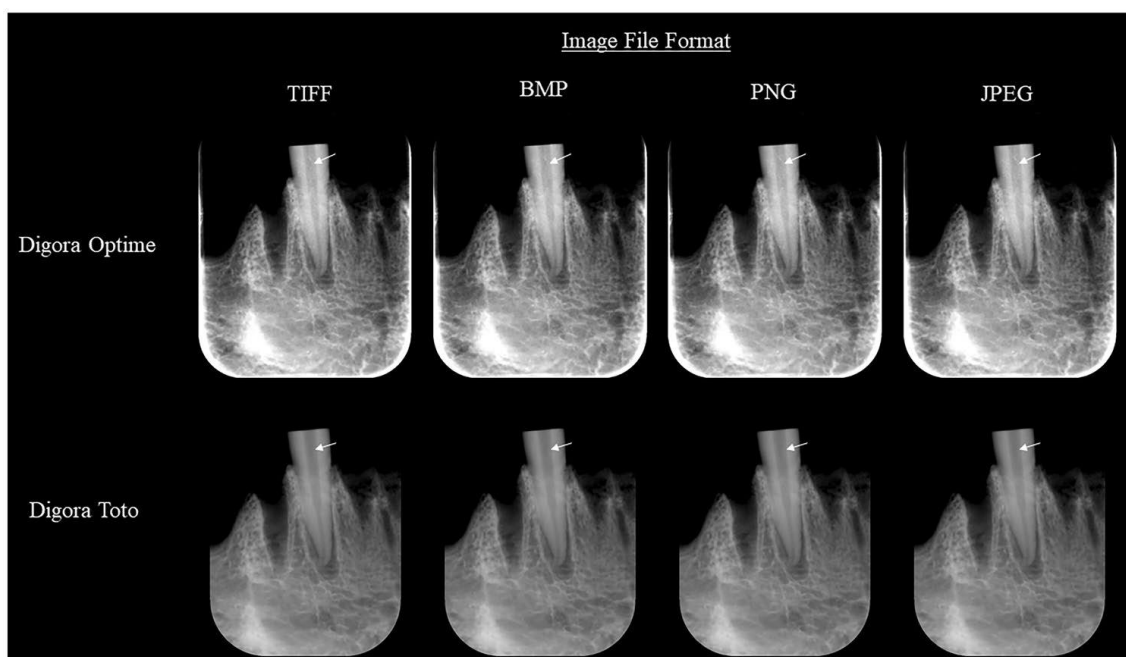


Image assessment

Images were independently evaluated by five oral and maxillofacial radiologists with five years of experience in radiographic diagnosis, who were blinded concerning the experimental design, in a medical display (MDRC- 2124, Barco N.V., Courtray, Belgium) with 1920×1200 pixels resolution. The evaluations were conducted using the

JPEGView image viewer. Before the evaluations, the examiners were instructed about the assessment of VRFs, using periapical radiographs that were not included in the sample as examples. To simulating a clinical scenario, they were also allowed to adjust image brightness, contrast, and zoom settings. Then, examiners should classify each image according to the presence or absence of VRF, using a 5-point scale: 1 - definitely absent; 2 - probably absent; 3 - uncertain; 4 - probably present; 5 - definitely present. To reduce the possibility of image memorization and prevent visual weariness, the evaluators were oriented to assess a maximum of 20 images per day. Thirty days after the analysis was concluded, 30% of the sample was re-evaluated to calculate the intra-examiner agreement.

All evaluators were blind for the image file format, as all images were codified and randomized to prevent identification.

Statistical analysis

Data were analyzed in the Statistical Package for Social Sciences software v. 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Intra- and inter-examiner agreements regarding the diagnosis of VRF were calculated by weighted Kappa test. Diagnostic values [area under the receiver operating characteristic (ROC) curve, specificity, and sensitivity] for the diagnosis of VRF were calculated. The data obtained were individually compared by two-way analysis of variance with Tukey's test as a post-hoc, considering the file formats and radiographic systems as the studied factors. A significance level of 5% was adopted for all analyses.

RESULTS

As showed in Table 2, the values of intra-examiner agreement varied from moderate (0.56) to almost perfect (0.81), while the values of inter-examiner agreement varied from fair (0.29) to moderate (0.60), according to the Landis and Koch scale [16].

Table 2. Intra- and interexaminer agreements for the diagnosis of vertical root fractures.

Observer	1	2	3	4	5
1	0.57	0.58	0.52	0.29	0.57
2		0.71	0.49	0.29	0.51
3			0.73	0.36	0.60
4				0.56	0.35
5					0.81

The diagnostic values (area under the ROC curve, sensitivity, and specificity) of VRF according to the different image file formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG) and digital radiographic systems (Digora Toto and Digora Optime) are shown in Table 3. The image file format did not influence the diagnostic values for any of the systems tested ($p > 0.05$). Nonetheless, the digital radiographic systems type influenced the values of the area under the ROC curve ($p = 0.001$); the CMOS sensor Digora Toto demonstrated greater values of area under the ROC curve (values ranging from 0.90 to 0.93) than those of the PSP receptor Digora Optime for the detection of VRF (values ranging from 0.77 to 0.82) for all image file formats.

Table 3. Average (SD) of the AUC, sensitivity, and specificity values for the diagnosis of vertical root fracture according to the conditions assessed.

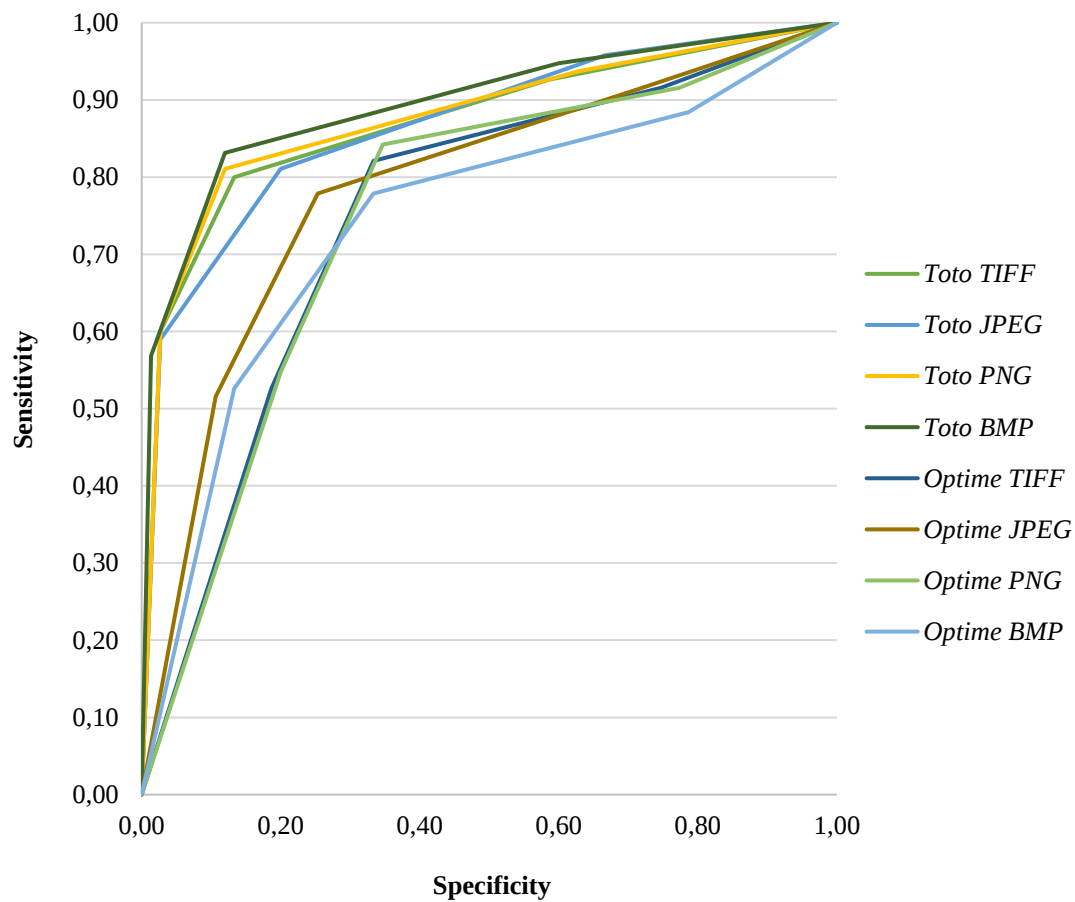
File format	AUC		Sensitivity		Specificity	
	Digora Toto	Digora Optime	Digora Toto	Digora Optime	Digora Toto	Digora Optime
BMP	0.91 (0.03)	0.82 (0.10)	0.80 (0.08)	0.82 (0.11)	0.87 (0.12)	0.67 (0.36)
JPEG	0.90 (0.05)	0.82 (0.10)	0.81 (0.10)	0.78 (0.12)	0.80 (0.25)	0.75 (0.37)
PNG	0.90 (0.03)	0.77 (0.17)	0.81 (0.06)	0.84 (0.12)	0.88 (0.17)	0.65 (0.33)
TIFF	0.93 (0.02)	0.79 (0.10)	0.83 (0.09)	0.78 (0.16)	0.88 (0.14)	0.67 (0.32)
<i>p system</i>	0.001*		0.809		0.054	
<i>p format</i>	0.929		0.924		1.000	
<i>p interactions</i>	0.817		0.779		0.884	

AUC, area under the receiver-operating curve; SD, standard deviation.

*Indicate significant difference ($p < 0.05$) between the radiographic systems, for all file formats.

The graph representing the ROC curves illustrates their similarity when comparing different image file formats within each digital radiographic system; it is also possible to observe the difference between the digital radiographic systems (Fig. 3). No significant difference was observed between digital systems regarding the values of sensitivity ($p = 0.81$) and specificity ($p = 0.05$).

Figure 3: ROC curves comparing different image file formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG) within each digital radiographic system (Digora Toto and Digora Optime).



DISCUSSION

The initial hypothesis that file formats with a higher degree of compression would negatively influence the VRF diagnosis was refuted by our results. Our findings demonstrated no differences in any of the diagnostic values for the detection of VRF among TIFF, BMP, PNG, and JPEG formats.

The findings of the present study are in accordance with the results of previous investigations that compared the diagnostic values obtained with different file formats and compression levels for various diagnostic tasks in dentistry [7,11,12,15,17,18]. No differences have been found between TIFF and two different levels of compressed JPEG images in the diagnosis of root fractures [10]. Gegler et al. [15] did not find differences among TIFF, BMP, and JPEG file formats in a digital subtraction technique for the diagnosis of simulated external root resorptions. Likewise, in addition to the above-mentioned formats, a recent study also evaluated the PNG format in the diagnosis of simulated internal and external root resorptions on periapical radiographs and found no significant differences among the different image file formats assessed [8]. It is important to point out that a significant difference between different levels of JPEG compression was found in a subjective analysis for caries lesions detection; however, the compression ratio used was 1:48, which is an excessive and unusual level of compression, which may significantly impair image quality [9]. Madlum et al. [7] evaluated the diagnosis of proximal incipient caries diagnoses in different image file formats, with the JPEG format at a compression ratio of 1:27, and even then, no significant difference was found between the formats. For the diagnosis of vertical root fractures, to our knowledge, only the TIFF and JPEG formats have been previously analyzed [11].

Although the diagnostic values of sensitivity and specificity did not differ between the radiographic systems tested (Digora Optime, and Digora Toto) in our study, the accuracy values of the CMOS sensor were significantly greater than those of the PSP in the diagnosis of VRF, for all image file formats. Greater accuracy of Digora Toto in comparison with Digora Optime was also reported by previous studies that assessed VRFs, and horizontal root fractures [1,5]. Such findings may be related to the greater spatial resolution provided by Digora Toto (26.3 lp mm⁻¹), in comparison with Digora Optime (14.3 lp mm⁻¹). This concept is associated with the ability to display physical separation between two images [5]. Another point to be taken into consideration is the

contrast resolution. In the present study, 8-bit and 12-bit contrast resolutions were used as a consequence of the sensor and phosphor plate-based systems used. Technically, a greater bit depth allows a better representation of structures with discrete differences in their composition and physical aspects. Heo et al. [19] found that 12-bit images were superior to 8-bit images in the detection of subtle radiographic contrast, corroborating our findings. On the other hand, Wenzel et al. [20] showed that the detection of small caries lesions was not different between 8-, 12-, and 16-bit images. Despite this, the authors believe that the most important evaluation of the present study, which was the comparison among different file formats in the detection of vertical root fractures, was not affected by the bit depth of the systems employed.

According to the consulted literature, only one previous research has assessed the effect of image compression on the detection of root fractures. This previous study concluded that the file format does not affect such diagnosis [10]. Nevertheless, it is not possible to assure the absence of such influence on the diagnosis of VRF, since the authors evaluated both horizontal and vertical root fractures in the same sample, not discriminating specific results for each type of root fracture.

The methodology used in the current investigation, based on the experience level of the observers and their interpretations, strongly supports previous conclusions that have indicated no differences among different image compression levels and file formats in the detection of root fractures. Furthermore, this study considered multiple factors that could affect the results, such as different radiographic systems and file formats, which prevents the underestimation or overestimation of the accuracy values [5,10].

Moreover, the findings of the present study may be considered especially important in this pandemic period, since the digital transmission of radiographic files has become even more important than in the short past [21]. The online transmission of radiographs facilitates communication between professionals, and between professionals and patients, reduces paper waste, in addition to being an alternative to minimizing the risk of transmission of COVID-19 through printed radiographs [7,22]. Given that and based on our results, it seems to be advisable for professionals to export radiographic images acquired for VRF diagnosis into JPEG file format, i.e., the highest degree of compression, which requires less space for storage and facilitates the online transmission, but it is important to consider local regulations before clinical application. However, our

results also support that professionals can use the format that best fits their convenience without compromising the diagnosis.

CONCLUSION

The tested file formats and compressions do not influence the diagnosis of VRF, regardless of the digital radiography system.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001.

Author contributions

Miranda-Viana, M: conceptualization, investigation, writing and revising the draft critically for important intellectual content, final approval of the version to be published and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Fontenele, RC*: co-author; conceptualization, investigation, formal analysis, and interpretation of data for the work, writing and revising the draft critically for important intellectual content and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Farias-Gomes, AF*: co-author; methodology, formal analysis, and interpretation of data for the work, revising the draft critically for important intellectual content and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Nogueira-Reis, F*: co-author; methodology, revising the draft critically for important intellectual content and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Nejaim, Y*: co-author; methodology, revising the draft critically for important intellectual content, final approval of the version to be published and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Lima Oliveira, M*: co-author; revising the draft critically for important intellectual content, final approval of the version to be published and agreement to be accountable for all aspects of the work. *Freitas, DQ*: supervisor; conceptualization, investigation, revising the draft critically for important intellectual content, final approval of the version to be published and agreement to be accountable for all aspects of the work.

Funding

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001.

Declarations

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval

This study was carried out after local Institutional Review Board approval (protocol number #4.231.578). All procedures followed were in accordance with the ethical standards of the responsible committee on human experimentation (institutional and national) and with the Helsinki Declaration of 1975, as revised in 2008 (5). Informed consent was obtained from all patients for being included in the study.

Informed consent

Not applicable.

REFERENCES

1. Farias Gomes A, Nejaim Y, Fontenele RC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Influence of the incorporation of a lead foil to intraoral digital receptors on the image quality and root fracture diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019; 48: 1-7. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180369>
2. Uysal S, Akcicek G, Yalcin ED, Tuncel B, Dural S. The influence of voxel size and artifact reduction on the detection of vertical root fracture in endodontically treated teeth. *Acta Odontol Scand.* 2021;79:354–8. <https://doi.org/10.1080/00016357.2020.1859611>.
3. Vasconcelos TV, Santaella GM, Nascimento HA, Rovaris K, Ambrosano GM, Freitas DQ. Digital radiographs displayed on different devices: effect on the detection of vertical root fractures. *Int Endod J.* 2016; 49: 386-92. <https://doi.org/10.1111/iej.12466>
4. Nascimento HAR, Neves, FS, Azevedo-Vaz SL, Duque TM, Ambrosano GMB, Freitas DQ. Impact of root fillings and posts on the diagnostic ability of three intra-oral digital radiographic systems in detecting vertical root fractures. *Int Endod J.* 2015; 48:864-871. <https://doi.org/10.1111/iej.12382>
5. Nejaim Y, Gomes AF, Silva EJ, Groppo FC, Haiter Neto F. The influence of number of line pairs in digital intra-oral radiography on the detection accuracy of horizontal root fractures. *Dent Traumatol.* 2016; 32: 180-184. <https://doi.org/10.1111/edt.12243>
6. Fontenele RC, Nejaim Y, Farias Gomes A, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Does the addition of a lead foil to digital radiographic receptors influence image contrast and approximal caries lesions diagnosis? *Dentomaxillofac Radiol.* 2020; 49: 1-6. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190384>
7. Madlum DV, Gaêta-Araujo H, Brasil DM, Lima CAS, Oliveira ML, Haiter-Neto F. Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.11.013>
8. Miranda-Viana M, Madlum DV, Oliveira-Santos N, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions. *Clin Oral Investig.* 2021: 1-8. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03803-0>
9. Wenzel A, Moystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2010; 68: 106–14. <https://doi.org/10.3109/00016350903514426>
10. Fidler A, Likar B, Skaleric U. Lossy JPEG compression: easy to compress, hard to compare. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35: 67-73. <https://doi.org/10.1259/dmfr/66171128>

11. Noujeim M, Geha H, Shintaku W, Bechara B, Kashi KA. Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture. *Dent Traumatol*. 2012; 28: 233-7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.01076.x>
12. Janhom A, van der Stelt PF, van Ginkel FC. Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000; 29: 20-7. <https://doi.org/10.1038/sj/dmfr/4600488>
13. Provedel LF, Pimentel BN, Jesus TM, Lacerda AP, Rubira-Bullen IR, Sarmiento VA. Effects of Image Compression on Linear Measurements of Digital Panoramic Radiographs. *Braz Dent J*. 2016; 27: 757-760. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201601157>
14. Duarte H, Vieck R, Siqueira DF, Angelieri F, Bommarito S, Dalben G, Sannomiya EK. Effect of image compression of digital lateral cephalograms on the reproducibility of cephalometric points. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009; 38: 393-400. <https://doi.org/10.1259/dmfr/40996636>
15. Gegler A, Mahl C, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2006; 35: 10-3. <https://doi.org/10.1259/dmfr/86879455>
16. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33: 159-74. <https://doi.org/10.2307/2529310>
17. Koenig L, Parks E, Analoui M, Eckert G. The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004; 33: 37-43. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30099843>
18. Pabla T, Ludlow JB, Tyndall DA, Platin E, Abreu M Jr. Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix photostimulable phosphor images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2006; 32: 45-9. <https://doi.org/10.1259/dmfr/19650275>
19. Heo MS, Choi DH, Benavides E, Huh KH, Yi WJ, Lee SS, Choi SC. Effect of bit depth and kVp of digital radiography for detection of subtle differences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108: 278–283. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.12.053>
20. Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; 103: 418–422. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2006.05.016>
21. Rosado LP, Crusoé-Rebello I, Oliveira ML, Freitas DQ, Neves FS. Dental Teleradiology: A Powerful Strategy to Overcome the Impact of COVID-19. *Academic Radiology*. 2020; 10: 1492-1493. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.07.034>

22. Fontenele RC, Gomes AF, Freitas DQ. Oral radiology practice in dental schools during the COVID-19 pandemic: What will be the new normal? *Imaging Sci Dent.* 2020; 50: 265-267. <https://doi.org/10.5624/isd.2020.50.3.265>

2.3 ARTIGO

Este artigo foi **aceito e está publicado** no periódico **Brazilian Dental Journal** - (doi: 10.1590/0103-6440202305499), considerado Qualis A2 pela CAPES (Fator de Impacto – 1.968). Esta é a última versão do manuscrito com as alterações prévias à publicação. A formatação do artigo baseou-se na seção “Instruções aos autores” indicadas pela editora do periódico. Em anexo, está a autorização da editora para a inclusão do material na tese (Anexo 2).

DICOM file format has better radiographic image quality than other file formats: an objective study

Short title: DICOM has better image quality than other formats

- Original Research Article –

Murilo Miranda-Viana¹, Rocharles Cavalcante Fontenele¹, Fernanda Nogueira-Reis¹,
Amanda Farias-Gomes², Matheus L Oliveira¹, Deborah Queiroz Freitas¹, Francisco
Haider-Neto¹.

¹ Department of Oral Diagnosis – Oral Radiology Area, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil.

² Oral Radiology Area, Dental School, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, Brazil.

Corresponding author:

Murilo Miranda-Viana.

Address: Av. Limeira, 901. ZIP Code: 13414-903.

Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Telephone: +55 (19) 2106-5327.

E-mail: muriloomiranda@gmail.com

Acknowledgements:

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

ABSTRACT

This study aimed to assess the influence of the file format on the image quality parameters (image noise, brightness, and uniformity) of periapical radiographs acquired with different digital systems. Radiographic images of an acrylic phantom were acquired with two digital systems – Digora Toto and Express, and exported into five different file formats – TIFF, BMP, DICOM, PNG, and JPEG. Image noise, image brightness (mean of gray values), and image uniformity (standard deviation of gray values) were evaluated in all images. A two-way analysis of variance with Tukey's test as a post-hoc test was used to compare the results, considering the file formats and radiographic systems as the studied factors. A significance level of 5% was adopted for all analyses. The DICOM image file format presented lower image noise, higher brightness (higher mean gray values) and greater image uniformity ($p < 0.001$) than the other file formats, which did not differ from each other for both digital radiography system ($p > 0.05$). The Express system revealed lower image noise and greater image uniformity than the Digora Toto system regardless of the image file format ($p < 0.001$). Moreover, the Express showed higher brightness than the Digora Toto for all image file formats ($p < 0.001$), except for the DICOM image file format, which did not significantly differ between the digital radiography systems tested ($p > 0.05$). The DICOM image file format showed lower image noise, higher brightness, and greater image uniformity than the other file formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG) in both digital radiography systems tested.

Keywords: dental digital radiography, diagnostic imaging, health technologies.

INTRODUCTION

The DICOM image file format is widely recognized as the standard format for the transmission of radiological images and medical information and has a special relevance for computed tomography to standardize different file formats from multiple machine brands and to allow the use of a single DICOM viewing software (1). Since the introduction of digital systems, image radiographs are transmitted online between professionals or between professional and patients (2). However, the different sizes of these file formats must be taken into consideration because of the need for a secure and spacious digital storage media due to the large number and file sizes of the acquired images.

Image file formats have different levels of data compression and, consequently, the file size in bytes may vary. Several previous studies have investigated the influence of the compression level of digital periapical radiographic images on the subjective evaluation of various diagnostic tasks, such as root resorptions, caries lesions, root fractures, and periapical lesions (3-8). Although most studies (3-5,15) have found no influence between the degree of compression of the images and diagnostic accuracy of the aforementioned clinical conditions, there is still a gap in the literature regarding a consistent explanation for these results. One of gaps is not including the DICOM image file format in the evaluations, even being recommended as the file format for medical imaging transmission (1). Also, to the best of our knowledge, no studies have proposed to perform an objective analysis to evaluate the quality of radiographic images with different file formats, which can provide a better understanding regarding the relationship between radiographic image quality (noise, brightness, and uniformity) and their several file formats, besides being able to justify the non-influence of this factor on the diagnostic accuracy of several clinical tasks, as previously mentioned. Thus, it would be possible to recommend to clinicians the best file format for interpretation and transmission among professionals.

With the progress of understanding about performing objective analysis to investigate the quality of radiographic and tomographic images, it has been possible to investigate the influence of various factors on the images' density, contrast, and noise level (9-14). The objective analysis allows calculating the mean and standard deviation of gray values of the radiographic images (10,14). From this method, it is possible to

measure image noise (mean of the standard deviation (SD) of gray values), image brightness (mean of gray values), and image uniformity (SD of gray values) (10,11,14). Therefore, the current study aimed to objectively assess the influence of the file format on the image quality parameters (image noise, brightness, and uniformity) of periapical radiographs acquired with different digital systems. The null hypothesis stated was that the file formats have no influence on the image quality parameters (image noise, brightness, and uniformity) regardless of the digital system tested.

MATERIAL AND METHODS

Image acquisition and export

For the objective assessment of image quality, an acrylic block measuring 3.0 cm height $\times$ 4.0 cm length $\times$ 2.0 cm width was used. As a homogeneous material with relatively low X-ray attenuation, the purpose of this block was to simulate the attenuation and scattering of the X-ray beam from soft tissues (9,10,12,14). Radiographic images of this phantom were acquired using two radiographic systems with distinct technologies:

- 1) Phosphor plate (PSP): Express system (Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finland), size 2, 8-bit contrast resolution, theoretical spatial resolution of 17.0 lp mm⁻¹.
- 2) CMOS sensor: Digora Toto system (Soredex, Tuusula, Finland), size 2, 12-bit contrast resolution, and theoretical spatial resolution of 26.3 lp mm⁻¹.

All images were obtained using the same X-ray unit (FocusTM - Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, USA), under the same acquisition protocol: 60 kVp, 7 mA, and exposure time as recommended by the by the receptors' manufacturers (0.3 s for Express, and 0.18 s for Digora Toto). The default image settings, in both radiographic systems, were established with no auto-filters applied upon acquisition of the periapical images. An acrylic apparatus containing a fixed locator ring was used to standardize the position of the phantom and image receptor according to the paralleling technique (focus-receptor distance of 30 cm, object-receiver of 1.5 cm, as well as vertical angulation of 0° and horizontal of 90°) (Fig. 1). Six repeated radiographic images were obtained with each digital system for reproducibility purposes. Then, each image was exported from the native software: PSP Express – CliniView (Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finland) and CMOS – Scanora (Soredex, Tuusula, Finland) into five distinct file formats - TIFF, BMP, DICOM, PNG, and JPEG – totaling 60 images (2 radiographic systems $\times$ 6 repetitions $\times$ 5 file formats). The bit depth was automatically established by the software at the moment of exporting the radiographic images in both digital systems tested. Figure 2 shows the average file size (in kilobyte) within each digital radiography system and file format tested. Also, figure 3 shows a set of the radiographic images acquired in the

different digital radiographic systems and exported in the different image file formats investigated.

Figure 1: Representation of the standardization of radiographic acquisitions with the acrylic phantom and the image receptor.

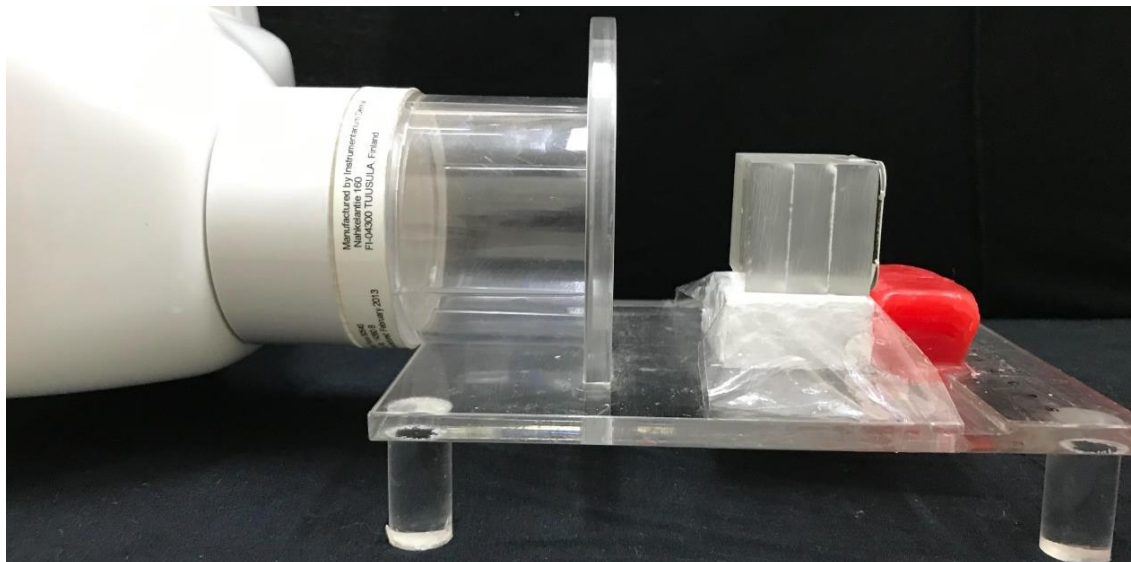


Figure 2: Flowchart of mean (standard deviation) values of the file sizes (in kilobyte), compression percentage, and compression ratio from the images evaluated within each digital radiography system and file format tested. *Compared with TIFF file format; SD, Standard deviation.

DIGITAL SYSTEMS		FILE FORMATS				
		TIFF	BMP	DICOM	PNG	JPEG
EXPRESS	File Size (SD)	2159 (2.73)	2154 (2.73)	1445 (2.19)	708 (3.26)	242 (1.04)
	Compression Percentage*	-	0	33	67	89
	Compression Ratio	-	1:1	1:1.5	1:3	1:9
DIGORA TOTO	File Size (SD)	1907 (0.0)	1900 (0.0)	1277 (0.0)	621 (20.86)	210 (8.64)
	Compression Percentage*	-	0	33	67	89
	Compression Ratio	-	1:1	1:1.5	1:3	1:9

Figure 3: Radiographic images acquired in the different digital radiographic systems with each image file format investigated.

FILE FORMATS					
DIGITAL SYSTEMS	TIFF	BMP	DICOM	PNG	JPEG
EXPRESS					
DIGORA TOTO					

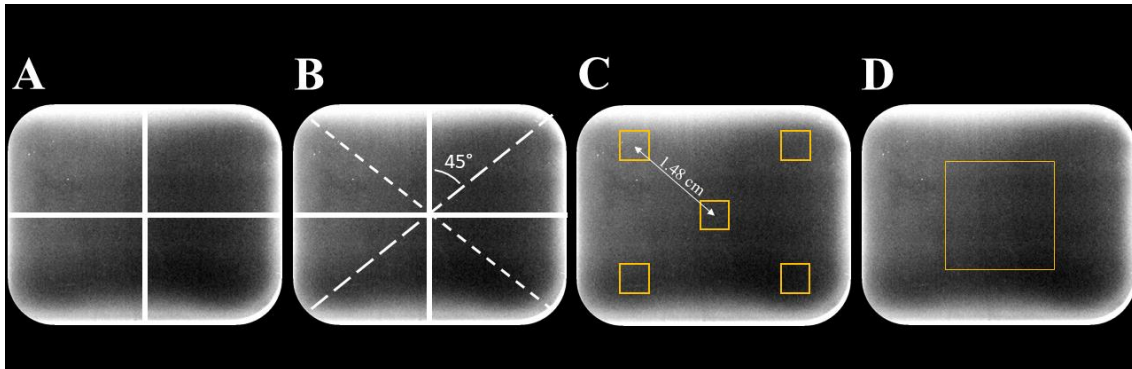
Image Assessment

An oral and maxillofacial radiologist with expertise in the objective analysis of radiographic image quality assessed the radiographs in a medical display (MDRC-2124, Barco N.V., Courtray, Belgium) with 1920×1200 pixel resolution. Images were individually evaluated in the ImageJ software (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA). The objective assessment consisted of measuring the image noise, image brightness, and image uniformity, as follows.

Initially, two lines were established on the image: a horizontal line dividing the image equally in superior and inferior aspects, and another line, perpendicular to the first one, dividing the image equally in the left and right sides (Fig. 4A). Then, two bisecting lines (45°) were established on the crossing of the previously described lines (Fig. 4B). To assess different areas of the image, five square regions of the interest (ROIs) measuring 4×4 mm were determined: one ROI centered in the area of intersection between the first two lines described, and another four ROIs determined symmetrically on the bisector lines (i.e., upper, and lower corners, in both right and left sides of the image). The distance between the center of the central ROI and the center of the other four ROIs was standardized in 1.48 cm (Fig. 4C). To measure image noise, the SD of gray values of five ROIs was averaged. A more homogeneous image (i.e. with a lower standard deviation) is an image with less noise. Thus, by evaluating the SD of several regions of the radiograph (5 regions distributed over the radiograph's surface), it is possible to determine if an image has higher or lower noise. Consequently, higher values of the SD of gray values of these ROIs reveals higher image noise. Subsequently, a single and larger square ROI ($1.48 \text{ cm} \times 1.48 \text{ cm}$) covering the central area of the image was established (Fig. 4D). The mean and the SD of gray values of this ROI were measured to assess the image brightness and image uniformity, respectively. Higher values of mean and SD of gray values reveal higher image brightness (less dark) and lower uniformity, respectively. The analyses were performed in 8-bits images.

Figure 4: Objective assessment of image quality. (A) - Two lines were determined: one equally dividing the radiographic image in superior and inferior; and a line perpendicular to the first one, equally dividing the image into left and right sides. (B) - Two bisecting lines (45°) were drawn in the crossing area of the first two lines. (C) - Five square ROIs with the same size (4×4 mm) were drawn in distinct areas of the image (one ROI in the center of the image, and four ROIs on the bisector lines) to measure image noise. The distance between the center of the central ROI and the center of the other ROIs was standardized in

1.48 cm. (D) - A larger square ROI (1.48 x 1.48 cm) covering the central area of the image was determined to measure the mean (image brightness) and the standard deviation (image uniformity) of gray values.



Statistical Analysis

Data were analyzed in the Statistical Package for Social Sciences software v. 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY). The results were summarized as mean and SD and compared by two-way analysis of variance with Tukey's test as a post-hoc test, considering the file formats and radiographic systems as the studied factors. A significance level of 5% was adopted for all analyses. The power of analysis was 95%.

RESULTS

The results obtained for the objective analysis are shown in Table 1. There was a statistically significant influence of the different image file formats and the different digital radiography systems investigated on all the image quality parameters evaluated ($p < 0.001$).

The DICOM image file format showed significantly lower image noise (i.e., lower mean SD gray values of the 5 ROIs evaluated) and higher brightness (i.e., higher mean gray values of the central ROI) than the other file formats, which did not differ significantly from each other irrespective of the digital radiography system ($p > 0.05$). Furthermore, the DICOM image file format showed greater image uniformity (i.e., lower SD of central ROI) than the other file formats, which did not differ significantly from each other for both digital radiography system ($p < 0.001$).

Concerning the different digital radiography systems, the Express showed lower image noise and greater image uniformity than Digora Toto regardless of the image file format ($p < 0.001$). Moreover, the Express showed higher brightness than Digora Toto for all image file format ($p < 0.001$), except for the DICOM image file format, which did not show statistically significant difference between the digital radiography systems tested ($p > 0.05$).

Table 1. Mean (standard deviation) of image noise, image brightness, and image uniformity according to the digital system and file format.

File format	Image noise (Mean SD gray values of 5 ROIs)		Image brightness (Mean gray values of Central ROI)		Image uniformity (SD gray values of Central ROI)	
	<i>Toto</i>	<i>Express</i>	<i>Toto</i>	<i>Express</i>	<i>Toto</i>	<i>Express</i>
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
TIFF	21.70 (0.26) Aa	14.10 (0.19) Ba	56.23 (1.80) Bb	93.84 (7.24) Ab	23.60 (0.78) Aa	13.75 (0.28) Ba
BMP	21.91 (0.26) Aa	14.10 (0.19) Ba	56.23 (1.80) Bb	93.84 (7.24) Ab	23.60 (0.61) Aa	13.75 (0.28) Ba
DICOM	20.54 (0.23) Ab	9.89 (0.14) Bb	110.84 (1.26) Aa	117.26 (2.94) Aa	22.35 (0.55) Ab	9.64 (0.19) Bb
PNG	21.91 (0.26) Aa	14.10 (0.19) Ba	56.23 (1.79) Bb	93.84 (7.24) Ab	23.64 (0.62) Aa	13.75 (0.28) Ba
JPEG	22.24 (0.26) Aa	14.28 (0.18) Ba	56.26 (1.79) Bb	93.83 (7.24) Ab	23.85 (0.61) Aa	13.94 (0.27) Ba

SD, standard deviation; ROI, region of interest.

Different uppercase letter show significant difference between digital systems (p<0.001)

Different lowercase letters show significant difference between file formats (p<0.00)

DISCUSSION

The increasing need for online image transmission, aimed at optimizing clinical working time and reducing possible cross-contamination, requires a clear understanding of how the inherent levels of data compression caused by different image file formats can influence image quality parameters in digital radiographic systems. This understanding is crucial for professionals seeking to save storage space without compromising image quality. Moreover, while DICOM is the recommended format for transmitting medical images, a potential difference in image quality between this file format and other available image formats (such as TIFF, BMP, PNG, and JPEG) was unknown. Thus, an objective analysis would provide evidence regarding the null hypothesis that different image file formats have no influence on quality. This analysis would complement previous studies that relied on subjective analyses while investigating various diagnostic tasks. Nevertheless, the objective analysis conducted in the present study rejected this hypothesis by demonstrating that the DICOM image file format exhibited significantly lower image noise, higher brightness, and greater image uniformity compared to other formats, which did not differ regardless of the digital radiography system.

These findings regarding DICOM suggest that it offers superior image quality in terms of the evaluated parameters. In contrast, previous subjective analysis of various diagnostic tasks, such as radiographic diagnosis of proximal carious lesions, external and internal root resorption, and vertical root fracture (3-5,8,15) have not identified significant differences in technical factors that affect digital image quality parameters among different formats. However, it is important to note that these evaluations did not include the DICOM format, highlighting the need to incorporate this image file format in future studies focusing on different diagnostic tasks.

Concerning the two digital radiographic systems tested, the Express system presented lower image noise, higher brightness, and greater image uniformity, resulting in images with a more uniform pixel value and less density than those from the Digora Toto. This finding aligns with a previous study that conducted an objective analysis of radiographs obtained after adding a lead foil to these two digital radiographic systems (10). Similarly, it was hypothesized that Digora Toto would produce a more significant amount of secondary radiation due to its higher number of electronic components and greater physical thickness than the Express system. Another factor discussed earlier

suggests that the lower signal-to-noise ratio may also explain the higher radiographic sensitivity and noise for the Digora Toto system. Due to the difference in exposure time recommended by each manufacturer, Digora Toto used a shorter time for image acquisition, which should have a lower signal-to-noise ratio than the Express system and could interfere with image quality. A previous objective analysis proved that longer exposure times produce images of significantly lower brightness using intraoral digital radiographic systems, including Express and Digora Toto systems (16). Also, the different spatial resolutions may be another factor to justify the statistically significant difference observed between the tested digital radiographic systems. For instance, the Digora Toto system produced images of 668 dpi regardless of the file format. Conversely, the Express system produced images of 726 dpi. Thus, the higher spatial resolution observed for the Express system could justify the better image quality parameters noticed in the current investigation for this system, as revealed by the lower noise, higher brightness, and greater image uniformity. It is essential to highlight that the authors chose to adhere to the manufacturer's exposure time recommendations. This decision was made considering the different sensitivities of the receptors and aiming at maintaining a scenario as close as possible to clinical practice.

Another interesting result is that the Digora Toto system presented lower brightness due to the lower values of the mean gray values achieved by the assessment of a central broad area of the radiographic images for all image file formats, except for the DICOM image file format. An important aspect to be highlighted, in view of the positive results presented by the DICOM image file format, is related to its size. With its intermediate size, on average (1.445 kB for Express and 1.277 kB for Digora Toto), smaller than the TIFF (2.985 kB for Express and 1.907 kB for Digora Toto) and BMP (2.890 kB for Express and 1.900 kB for Digora Toto) file formats, reinforce its great cost-benefit statement for online transmission and digital storage in the clinical practice. Even with a compression ratio of 1:1.5, the DICOM file format showed better image quality parameters than others file formats with lower compression rates. It is hypothesized that the DICOM format is not susceptible to the post-processing factors concerning the image visualization, such as the display device resolution and the native setting of the image viewer software (1). Thus, the recommendation of applying the DICOM file format to visualize and interpret radiographic images can be considered worthwhile base on the results achieved by the current investigation. In addition, the lower image noise, greater

uniformity, and no difference between the digital radiographic systems in brightness, the DICOM format seems to have improved the radiographic brightness regardless of the system.

Due to technological advances, online transmission and interpretation of radiographic images using portable devices (e.g., smartphones and tablets) are becoming increasingly common in clinical routine (2,17,18). Although our results indicate that the DICOM format objectively presents better image quality than the other file formats tested, its use on handheld devices is still challenging. The DICOM file is not recognized by the graphic system of these devices for immediate visualization of the image. Thus, it is necessary to load the DICOM image into secondary software to allow adequate visualization, which hinders the practical process of radiographic analysis in these devices (19). Conversely, direct visualization of images in JPEG file format is possible using handheld devices due to its recognition by the graphics systems of the handheld devices, smaller file size, and fast transmission (4,15). A previous investigation (4) proved that online streaming of radiographic images in JPEG format did not impair caries lesion diagnosis. However, the DICOM format was not included in this investigation. Thus, it is encouraged that future studies investigate whether the DICOM file subjectively improves the evaluation of different diagnostic tasks compared to other widely used formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG).

To summarize, the DICOM image file format showed lower noise, greater uniformity, and higher brightness than the other file formats tested in both digital radiography systems, and the digital systems influenced the objective image quality analyses for all formats. This last result followed previous studies in the scientific literature (10,11,14), although other intraoral radiographic systems should be tested to evaluate the current results' reproducibility. Despite the fact that the present study has the limiting factor of being an *in-vitro* study, the result that there is a difference in image quality in different file formats for the two systems evaluated can be used as a reference for future diagnostic studies to verify the real impact of this finding in a clinical setting. Furthermore, this clarification will assist oral radiologists and clinicians in prioritizing the optimal image quality format and digital system for transmitting digital examinations. In conclusion, the DICOM image file format showed lower image noise, higher

brightness, and greater image uniformity than the other file formats (TIFF, BMP, PNG, and JPEG) in both digital radiography systems tested.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do formato do arquivo nos parâmetros de qualidade de imagem (ruído de imagem, brilho e uniformidade) de radiografias periapicais adquiridas com diferentes sistemas digitais. As imagens radiográficas de um fantoma de acrílico foram adquiridas com dois sistemas digitais - Digora Toto e Express, e exportadas em cinco formatos de arquivo diferentes - TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG. O ruído da imagem, o brilho da imagem (média dos valores de cinza) e a uniformidade da imagem (desvio padrão dos valores de cinza) foram avaliados em todas as imagens. A análise de variância (ANOVA) bidirecional com o teste post-hoc de Tukey foi aplicada para comparar os resultados, considerando os formatos de arquivo e os sistemas radiográficos como os fatores estudados. Um nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises. O formato de arquivo de imagem DICOM apresentou menor ruído de imagem, maior brilho (maiores valores médios de cinza) e maior uniformidade de imagem ($p < 0,001$) do que os outros formatos de arquivo, que não diferiram entre si para ambos os sistemas de radiografia digital ($p > 0,05$). O sistema Express apresentou menor ruído de imagem e maior uniformidade de imagem que o sistema Digora Toto, independentemente do formato do arquivo de imagem ($p < 0,001$). Além disso, o Express mostrou maior brilho do que o Digora Toto para todos os formatos de arquivo de imagem ($p < 0,001$), exceto para o formato de arquivo de imagem DICOM, que não diferiu significativamente entre os sistemas de radiografia digital testados ($p > 0,05$). O formato de arquivo de imagem DICOM mostrou menor ruído de imagem, maior brilho e maior uniformidade de imagem do que os outros formatos de arquivo (TIFF, BMP, PNG e JPEG) em ambos os sistemas de radiografia digital testados.

REFERENCES

1. Burgess J. Digital DICOM in Dentistry. *Open Dent J* 2015; 9:330-6. <https://doi.org/10.2174/1874210601509010330>
2. Rosado LP, Crusoé-Rebello I, Oliveira ML, Freitas DQ, Neves FS. Dental Teleradiology: A Powerful Strategy to Overcome the Impact of COVID-19. *Academic Radiology* 2020; 10: 1492-1493. <http://doi.org/10.1016/j.acra.2020.07.034>
3. Miranda-Viana M, Madlum DV, Oliveira-Santos N, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions. *Clin Oral Investig* 2021; 25:4941-4948. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03803-0>
4. Madlum DV, Gaêta-Araujo H, Brasil DM, Lima CAS, Oliveira ML, Haiter-Neto F. Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2021; 132:448-455. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.11.013>
5. Noujeim M, Geha H, Shintaku W, Bechara B, Kashi KA. Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture. *Dent Traumatol* 2012; 28:233-7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.01076.x>
6. Wenzel A, Gotfredsen E, Borg E, Gröndahl HG. Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 81:351–355. [https://doi.org/10.1016/s10792104\(96\)80336-2](https://doi.org/10.1016/s10792104(96)80336-2)
7. Eraso FE, Analoui M, Watson AB, Rebeschini R. Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93:621–625. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.122640>
8. Gegler A, Mahl C, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofac Radiol* 2006; 35:10-3. <https://doi.org/10.1259/dmfr/86879455>
9. Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016; 121:e129-37. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2016.01.016>

10. Farias Gomes A, Nejaim Y, Fontenele RC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Influence of the incorporation of a lead foil to intraoral digital receptors on the image quality and root fracture diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 2019; 48:1-7. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20180369>
11. Souza-Pinto GN, Santaella GM, Coli AA, Oenning AC, Haiter-Neto F. Analysis of the deterioration of photostimulable phosphor plates. *Dentomaxillofac Radiol* 2020; 49:20190500. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190500>
12. Fontenele RC, Nejaim Y, Farias Gomes A, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Does the addition of a lead foil to digital radiographic receptors influence image contrast and approximal caries lesions diagnosis? *Dentomaxillofac Radiol* 2020; 49:20190384. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20190384>
13. Okamura K, Yoshiura K. The missing link in image quality assessment in digital dental radiography. *Oral Radiol*. 2020; 36:313-319. <https://doi.org/10.1007/s11282-019-00396z>
14. Ruiz DC, Gomes AF, Fontenele RC, Haiter Neto F, Freitas DQ, Groppo FC. Could the radiographic image quality be affected by the excessive use of the photostimulable phosphor plate? *Braz Dent J*. 2023; 34:39-44. <https://doi.org/10.1590/0103-6440202305225>
15. Miranda-Viana M, Fontenele RC, Farias Gomes A, Nogueira-Reis F, Nejaim Y, Freitas DQ, Oliveira ML. Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture. *Oral Radiol* 2021; 9:1-7. <https://doi.org/10.1007/s11282-021-00573-z>
16. Marinho-Vieira LE, Martins LAC, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira, ML. Revisiting dynamic range and image enhancement ability of contemporary digital radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2022; 51:20210404. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210404>
17. Petruzzi M, De Benedittis M. WhatsApp: a telemedicine platform for facilitating remote oral medicine consultation and improving clinical examinations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016;121:248-54. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2015.11.005>
18. Raja KP, Pal A, Nayak SU, Pai K, Shenoy R. Teledentistry: a new oral care delivery tool among Indian dental professionals - a questionnaire study. *F1000Res*. 2022; 11:666. <https://doi.org/10.12688/f1000research.122058.1>
19. Digital Imaging and Communication in Medicine. DICOM PS3.14 2014-Greyscale Standard Display Function. NEMA. 2014. Available from: https://dicom.nema.org/medical/dicom/2014b/output/pdf/part14_changes.pdf20.

2.4 ARTIGO

Este artigo foi submetido e **aceito** pelo periódico **Brazilian Oral Research**, considerado Qualis A2 pela CAPES (Fator de Impacto – 2.500). Esta corresponde a última versão do manuscrito com alterações prévias à publicação. A formatação do artigo baseou-se na seção “Instruções aos autores” indicadas pela editora do periódico.

Influence of the digital file format on radiographic diagnostic in dentistry: a scoping review

Short title: *Digital file formats and diagnosis in dentistry: a scoping review*

Murilo Miranda-Viana¹, Matheus Sampaio-Oliveira¹, Rocharles Cavalcante Fontenele²,
Deborah Queiroz Freitas³, Francisco Haiter-Neto³.

¹ Department of Oral Diagnosis – Oral Radiology Area, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil.

² Postdoctoral Researcher - OMFS IMPATH Research Group, Department of Imaging and Pathology, Faculty of Medicine, KU Leuven and Oral and Maxillofacial Surgery, University Hospitals Leuven, Leuven, Belgium.

³ Professor – Department of Oral Diagnosis – Oral Radiology Area, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, SP, Brazil.

Corresponding author:

Murilo Miranda-Viana.

Address: Av. Limeira, 901. ZIP Code: 13414-903.

Piracicaba, São Paulo, Brazil.

Telephone: +55 (19) 2106-5327.

E-mail: muriloomiranda@gmail.com

Acknowledgements:

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

ABSTRACT

Given the increased demand for online transmission of radiographic images, it is important to provide evidence to guide the clinicians and regulatory agencies to choose the image file format to be adopted. In this way, this scoping review aims to explore, map, and evaluate the literature to report the influence of image file formats on dental diagnostic tasks through the assessment of intraoral radiographic images. This scoping review is in accordance with the PRISMA-ScR, customized to assessing the risk of bias of the included studies, and has been registered on the Open Science Framework platform. The data extraction protocol was developed based on the acronym PCC. An electronic search was conducted in six databases (Pubmed, Web of Science, Scopus, Embase, Lilacs, Cochrane) in December 2023. Original articles of observational, diagnostic accuracy, and laboratory studies, in vivo or ex vivo, that investigated the influence of file formats on different diagnostic tasks in dentistry were screened. Eighteen studies, published between the years 1996 and 2022, were included. The data extracted from the selected articles were: article title, authors' citation, publication date, country, diagnostic task, image file formats tested, compression level, and main conclusion. The most investigated diagnostic task was caries lesions (n=10), led by root resorptions (n=3), root fractures (n=2), periapical lesions (n=2), and periodontal disease (n=1). The most used radiographic techniques were periapical (n=12) and bitewing (n=6). The most investigated image file formats were JPEG (all studies) and TIFF (n=10 studies). BMP, PNG, and JPEG2000 were also included in 7, 3 and 3 studies, respectively. No studies have included the DICOM file format. On the subjective assessment of the several dental diagnostic tasks, the studies mostly showed not significantly influence of the file formats (n=10/55,5%). As for the quality assessment of the included papers, more than 70% of the studies featured a low risk of bias. Current evidence on image file formats and dental radiographic diagnosis is reliable. Any image file format can be used without impairing the diagnostic accuracy.

Keywords: data compression, dentistry, diagnostic imaging, health technologies.

INTRODUCTION

Dentistry has experienced a digital revolution in the last decades, and, in the context of Oral Radiology, digital radiography has become widely used. Many advantages are obtained with digital receptors, such as time-saving, reduced X-ray exposure, and more accessible communication between clinicians.¹ Another important possibility that is already in evidence is to export radiographs in different digital file formats (e.g. Digital Imaging and Communications in Medicine- DICOM, Tagged Image File Format- TIFF, Windows Bitmap- BMP, Joint Photographic Experts Group- JPEG, and Portable Network Graphics- PNG).¹ In this case, more or less storage space may be required to archive the radiographs, depending on the digital file format.²

Considering the clinical scenario, choosing a smaller radiographic file size may be advantageous to avoid waste of virtual storage space, reduce image transmission time, and money.³ To reach this goal, two compression methods are well-known: lossless, in which the data are preserved, and lossy, in which some image data are negatively affected even though it may not be detected by human eye. Lossless compression methods are used for the TIFF, BMP, and PNG formats. Differently, the JPEG format is based on the lossy compression method.³

Previous studies assessed the impact of digital file formats on different dental diagnostic tasks, such as dental caries,^{2,4-12} root resorption,¹³⁻¹⁵ periapical lesions,¹⁶⁻¹⁷ root fractures,^{3,18} and periodontal disease.¹⁹ However, the methodologies applied by these investigations significantly vary concerning the compression levels, samples, and digital radiographic systems tested. Thus, different results were found according to the study design used by each investigation, revealing the need to map and evaluate the existing literature to obtain an overview of information from published studies. The objective is to summarize the impact of digital file format on dental diagnosis through intraoral radiography.

A scoping review is considerate when conducting research analysis, given the diversity in adopted methodologies and the existence of divergent findings in the literature. It allows for consolidating the literature, encompassing emerging evidence and synthesizing it to clarify various aspects, as well as assessing the methodological quality of studies to ensure the reliability of obtained results.²⁰ These interconnected elements provide the essential foundation for exploring issues beyond mere concerns with the

efficacy or experience of interventions, enabling the establishment of a consensus on the subject in question. In order to verify if the current evidence is sufficient, it is important to conduct a scoping review to guide the clinicians regarding the choice of radiographic file format within each diagnostic task. Additionally, it can be an important source of information for future research involving the use of digital radiographic images. Furthermore, it plays a fundamental role in standardizing studies that utilize these images, particularly for researchers without expertise in radiology who may have limited knowledge of the subject. Thus, the present study aimed to explore, evaluate, and map the literature to report the influence of image file formats on dental diagnostic tasks through the assessment of intraoral radiographic images.

MATERIAL AND METHODS

Protocol and registration

This scoping review was performed in accordance with the most recent checklist of Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR), customized to assessing the risk of bias of the included studies.^{21,22}

In addition, was registered on the Open Science Framework (OSF) platform under DOI identification number: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/APMW2>.

Research question

A general literature review was done to address the objectives of this study. The data extraction selection protocol was developed based on the acronym PCC (Population, Concept, and Context), considering the underlying problem, incorporating fundamental principles and taking into account the different contexts involved. In this way, the problem (P) was original articles investigating the use of intraoral radiographic images; the concept (C) was different image file formats, and the context (C) was dental diagnostic tasks.

The research questions for the current review were: "Based on the available literature, in dental radiographs, do digital image file formats affect diagnostic accuracy in studies using a gold standard?" and "Do digitally stored images in compressed formats impair specific diagnostic tasks in Dentistry when contrasted with original images?"

Eligibility criteria

Original research articles, covering observational studies, diagnostic accuracy assessments, and *in vivo* or *ex vivo* laboratory investigations, that assessed the influence of image file formats on subjective diagnostic assessment using radiographic images were included. Laboratory studies with animals, review articles (narrative or systematic), letters to the editor, case reports, congress abstracts, articles without abstract, guidelines, book chapter, original research that objectively assessed the radiographic image quality and/or using different imaging modalities than intraoral and panoramic radiographs were excluded. A summary of inclusion and exclusion criteria is shown in Table 1.

Table 1. Eligibility Criteria for the studies selection.

	<i>Inclusion Criteria</i>	<i>Exclusion Criteria</i>
<i>Type of study</i>	Original research (observational studies, diagnostic accuracy assessments, and <i>in vivo</i> or <i>ex vivo</i> laboratory investigations) articles	Narrative reviews, systematic reviews, letters to the editor, case reports, congress abstracts, articles without abstract, guidelines, book chapter, original articles with objective analyses and original articles using different imaging modalities than intraoral radiographs
<i>Area of Interest</i>	Dentistry	Other health areas
<i>X-Ray Imaging Modalities</i>	Intraoral	Extraoral radiographs and tridimensional examination
<i>Diagnostic Tasks</i>	Caries, endodontic, and periodontal diagnostic tasks	Other dental conditions or objective analyses
<i>Image File Format</i>	TIFF, BMP, DICOM, PNG, and JPEG (and its variations)	-
<i>Language</i>	No restrictions	-
<i>Date of publication</i>	No restrictions	-
<i>Participants</i>	Radiographs images of <i>ex-vivo</i> or <i>in-vivo</i> participants	Animals

Information sources and search strategies

In May 2022, electronic searches were conducted in Pubmed, Web of Science, Scopus, Embase, Lilacs, and Cochrane. Also, a search in Google Scholar (grey literature) and a manual search of the reference list of the included studies were carried out to locate publications that were not identified electronically. An update of the electronic search was performed in December 2023 and alerts were set in all databases. The search strategies applied to each database are summarized in Table 2. For each database, the collected references were exported to Mendeley desktop (Manager Library, *version 1.19.8.*, Mendeley Ltd., Elsevier) and duplicates were removed.

Table 2. Search strategies employed in electronic databases on April 5th, 2022. Alerts were set in all databases until the moment of submission of the manuscript. The last update was performed on December 2023.

Databases	Search strategies
Medline-PubMed https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed	(dental digital radiography[Mesh] OR dental digital radiography[TiAb] OR Radiography, Bitewing[Mesh] OR Radiography, Bitewing [TiAb] OR periapical radiographic[TiAb] OR occlusal radiographic[TiAb] OR Scanora[TiAb] OR Digora[TiAb]) AND (Image file format[TiAb] OR TIFF[TiAb] OR Tagged Image File Format[TiAb] OR BMP[TiAb] OR Bitmap[TiAb] OR DICOM[TiAb] OR Digital Imaging and Communications in Medicine [TiAb] OR PNG [TiAb] OR Portable Network Graphic[TiAb] OR JPEG[TiAb] OR Joint Photographic Experts Group[TiAb]) AND (Dental Caries[Mesh] OR Dental Caries[TiAb] OR root resorption[Mesh] OR root resorption[TiAb] OR alveolar bone loss[Mesh] OR alveolar bone loss[TiAb] OR furcation defects[Mesh] OR furcation defects[TiAb] OR Periapical Abscess[Mesh] OR Periapical Abscess[TiAb] OR Periodontal Diseases[Mesh] OR Periodontal Diseases[TiAb] OR periapical lesions[TiAb] OR root fractures[TiAb])
Web of Science www.webofscience.com	(INDEXTERMS({dental digital radiography} OR {Radiography, Bitewing}) OR TITLE-ABS-KEY({dental digital radiography} OR {periapical radiographic} OR {occlusal radiographic} OR Scanora OR Digora) AND TITLE-ABS-KEY({Image file format} OR TIFF OR {Tagged Image File Format} OR BMP OR Bitmap OR DICOM OR {Digital Imaging and Communications in Medicine} OR PNG OR {Portable Network Graphic} OR JPEG OR {Joint Photographic Experts Group})) AND INDEXTERMS({Dental Caries} OR {root resorption} OR {alveolar bone loss} OR {furcation defects} OR {Periapical Abscess} OR {Periodontal Diseases} OR TITLE-ABS-KEY({Dental Caries} OR {root resorption} OR {alveolar bone loss} OR {furcation defects} OR {Periapical Abscess} OR {Periodontal Diseases} OR {periapical lesions} OR {root fractures}))
Scopus https://www.scopus.com/home.uri	TS=(“dental digital radiography” OR “Radiography, Bitewing” OR “periapical radiographic” OR “occlusal radiographic” OR “Scanora” OR “Digora”) AND TS=(“Image file format” OR “TIFF” OR “Tagged Image File Format” OR “BMP” OR “Bitmap” OR “DICOM” OR “Digital Imaging and Communications in Medicine” OR “PNG” OR “Portable Network Graphic” OR “JPEG” OR “Joint Photographic Experts Group”) AND TS=(“Dental Caries” OR “root resorption” OR “alveolar bone loss” OR “furcation defects” OR “Periapical Abscess” OR “Periodontal Diseases” OR “periapical lesions” OR “root fracture”)
Embase https://www.embase.com	#1 'dental digital radiography' OR 'dental digital radiography':ti,ab,kw OR 'tooth radiography'/exp OR 'tooth radiography':ti,ab,kw OR 'periapical radiographic':ti,ab,kw OR 'occlusal radiographic':ti,ab,kw OR 'imaging software':ti,ab,kw OR 'intraoral x ray system':ti,ab,kw

AND #2 'image file format':ti,ab,kw OR tiff:ti,ab,kw OR 'tagged image file format':ti,ab,kw OR bmp:ti,ab,kw OR bitmap:ti,ab,kw OR ('digital imaging':ti,ab,kw AND 'communications in medicine':ti,ab,kw) OR png:ti,ab,kw OR 'portable network graphic':ti,ab,kw OR jpeg:ti,ab,kw OR 'joint photographic experts group':ti,ab,kw

AND #3 'image file format':ti,ab,kw OR 'dental caries'/exp OR 'dental caries':ti,ab,kw OR 'tooth disease'/exp OR 'tooth disease':ti,ab,kw OR 'alveolar bone loss'/exp OR 'alveolar bone loss':ti,ab,kw OR 'periapical abscess'/exp OR 'periapical abscess':ti,ab,kw OR 'periodontal disease'/exp OR 'periodontal disease':ti,ab,kw OR 'periapical lesions':ti,ab,kw OR 'root fractures':ti,ab,kw

LILACS

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/>

'dental digital radiography'/exp OR 'dental digital radiography':ab,ti OR 'Radiography, Bitewing'/exp OR 'Radiography, Bitewing':ab,ti OR 'periapical radiographic':ab,ti OR 'occlusal radiographic':ab,ti OR 'Scanora':ab,ti OR 'Digora':ab,ti AND 'Image file format':ab,ti OR 'TIFF':ab,ti OR 'Tagged Image File Format':ab,ti OR 'BMP':ab,ti OR 'Bitmap':ab,ti OR 'DICOM':ab,ti OR 'Digital Imaging and Communications in Medicine':ab,ti OR 'PNG':ab,ti OR 'Portable Network Graphic':ab,ti OR 'JPEG':ab,ti OR 'Joint Photographic Experts Group':ab,ti AND 'Dental Caries'/exp OR 'Dental Caries':ab,ti OR 'root resorption'/exp OR 'root resorption':ab,ti OR 'alveolar bone loss'/exp OR 'alveolar bone loss':ab,ti OR 'furcation defects'/exp OR 'furcation defects':ab,ti OR 'Periapical Abscess'/exp OR 'Periapical Abscess':ab,ti OR 'Periodontal Diseases'/exp OR 'Periodontal Diseases':ab,ti OR 'periapical lesions':ab,ti OR 'root fractures':ab,ti

ID	Search	Hits
#1	MeSH descriptor: [Radiography, Dental, Digital] explode all trees	106
#2	(dental digital radiography):ti,ab,kw	203
#3	MeSH descriptor: [Radiography, Bitewing] explode all trees	168
#4	(Radiography, Bitewing):ti,ab,kw	200
#5	(periapical radiographic):ti,ab,kw	848
#6	(occlusal radiographic):ti,ab,kw	258
#7	(Scanora):ti,ab,kw	7
#8	(Digora):ti,ab,kw	22
#9	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8	1366
#10	(Image file format):ti,ab,kw	25
#11	(TIFF):ti,ab,kw	10
#12	(Tagged Image File Format):ti,ab,kw	3
#13	(BMP):ti,ab,kw	508

Cochrane Library

<https://www.cochranelibrary.com>

#14 (Bitmap):ti,ab,kw 5
 #15 (DICOM):ti,ab,kw 186
 #16 (Digital Imaging and Communications in Medicine):ti,ab,kw 156
 #17 (PNG):ti,ab,kw 80
 #18 (Portable Network Graphic):ti,ab,kw 0
 #19 (JPEG):ti,ab,kw 28
 #20 (Joint Photographic Experts Group):ti,ab,kw 14
 #21 #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20881
 #22 MeSH descriptor: [Dental Caries] explode all trees 3496
 #23 (Dental Caries):ti,ab,kw 7153
 #24 MeSH descriptor: [Root Resorption] explode all trees 186
 #25 (root resorption):ti,ab,kw 784
 #26 MeSH descriptor: [Alveolar Bone Loss] explode all trees 1566
 #27 (alveolar bone loss):ti,ab,kw 2238
 #28 MeSH descriptor: [Furcation Defects] explode all trees 192
 #29 (furcation defects):ti,ab,kw 369
 #30 MeSH descriptor: [Periapical Abscess] explode all trees 46
 #31 (Periapical Abscess):ti,ab,kw 168
 #32 MeSH descriptor: [Periodontal Diseases] explode all trees 8464
 #33 (Periodontal Diseases):ti,ab,kw 2295
 #34 (periapical lesions):ti,ab,kw 393
 #35 (root fractures):ti,ab,kw 306
 #36 #22 OR #23 OR #24 OR #25 OR #26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR #31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 17832
 #37 #9 AND #21 AND #36 5

Google Scholar

<https://scholar.google.com>

“Radiography” OR “radiographic exams” OR “radiographic imaging” AND “Image file format” OR “imaging file format” OR “TIFF” OR
 JPEG” OR “BMP” OR “DICOM” AND “Caries” OR “periapical lesions” OR “root resorption”

Selection of sources of evidence

After uploading the studies from the databases into the Mendeley software, two calibrated reviewers (MMV and MSO) independently performed the initial screening by reading the title and abstract of the references selected from the electronic search. A calibration section was conducted before this step to confirm the agreement between the examiners. Thus, 10% of the references included were randomly selected to the examiners independently assess them, applying the discussed eligible criteria. An almost perfect agreement was obtained between the examiners (Kappa = 1.00), according to Landis e Koch (1977),²³ and the two reviewers independently assessed all the studies using a binary scale (0 – article to be excluded and 1- article to be included). The studies that fit the eligibility criteria were selected for full-text evaluation. Upon reading all titles and abstracts, the Kappa test was once performed to assess the interexaminer agreement considering the assessment of the whole sample of references. Also, it was found an almost perfect agreement between the reviewers (Kappa = 1.00), indicating no disagreements.²³ A second screening was executed by reading the full texts of the initially selected articles.

Data Items

One of the reviewers (MMV) extracted the data from the selected articles into a Microsoft Excel (*version 2302*, Microsoft Office Corporation®, Redmond, WA, USA) spreadsheet. A second reviewer (MSO), independently, double-checked the information. The data extracted from the selected articles were: article title, authors' citation, publication date, country, diagnostic task, radiographic modality, radiographic receptor, phantom, X-ray unit, digital radiographic system, image file formats tested, compression level, number of evaluators, and main conclusion. Discrepancies during the data extraction process were deliberated upon by the two reviewers until a consensus was achieved. In cases where mutual agreement was not reached, a third reviewer was consulted to resolve the impasse. The data extraction from the selected articles is shown in Table 3.

Table 3. Data items from articles included in the Scoping Review.

DATA ITEMS												
Article Title	Authors' abbreviated citation	Publication data	Country	Assessed Diagnostic Task	Radiographic technique	Radiographic receptor operated	Used phantom	X-ray unit and system employed	Evaluated Image File Formats	Compression Level / Compression Ratio	Number of Evaluators	Main Conclusion
Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system	Wenzel et al.	1996	Denmark	Caries lesions	Periapical	Phosphor Storage Plate (PSP)	116 extracted human teeth - premolars and molars	System: Digora (Soredex Medical Systems, Helsinki, Finland)	TIFF and JPEG	1:2, 1:5, 1:12, 1:20, and 1:33	5	Compression ratios higher than 1:12 significantly impair the accuracy in the diagnosis of caries lesions and image quality, in view of the reduction of diagnostic values.
Effect of noise on the compressibility and diagnostic accuracy for caries detection of digital bitewing radiographs	Janhom et al.	1999	Netherlands	Caries lesions	Bitewing	Film-based and Phosphor Storage Plate (PSP)	66 bitewing radiographs of upper and lower pre-molars and molars in occlusion contact.	System: Digora® (Soredex Corporation, Helsinki, Finland)	BMP and JPEG	1:1, 1:3, 1:14, 1:21, and 1:34	7	Compression ratios higher than 1:14 significantly impair the accuracy in the diagnosis of caries lesions and image quality, in view of the reduction of diagnostic values.
Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging	Janhom et al.	2000	Netherlands	Caries lesions	Bitewing	Film-based and Phosphor Storage Plate (PSP)	59 bitewing radiographs of upper and lower pre-molars and molars in occlusion contact.	System: Digora® (Soredex Corporation, Helsinki, Finland)	BMP and JPEG	1:14 and 1:21	7	Compression ratios 1:21 may impair the evaluation and diagnosis of incipient caries lesions, in view of a higher observer error.
Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions	Eraso et al.	2002	United States of America	Periapical lesions	Periapical	Digital sensor: Charge-coupled device (CCD)	Database - 50 digital radiographs containing single-rooted teeth.	System: Schick (Technologies Inc, Long Island, NY) X-ray Unit: Heliodont DS (Sirona, Bensheim, Germany)	JPEG	1, 2, 4, 8, 16, 32, 48, and 64	4	High compression ratios than 1:16 can have a severe impact on the diagnosis of periapical lesions, in view of the reduction of diagnostic values.

A comparison of two compression algorithms and the detection of caries	Janhom et al.	2002	Netherlands	Caries lesions	Bitewing	Film-based	100 extracted posterior teeth (premolars and molars) mounted on a plaster block.	System: Heliodont MD (Siemens, Bensheim, Germany) Scan unit: Agfa DuoScan T1200 (Agfa, Mortsel, Belgium)	BMP, JPEG, and Wavelet	1:1 and 1:9	9	No difference was found between the file formats in the diagnosis of enamel caries lesions. However, JPEG-compressed images performed inferiorly to the original and wavelet-compressed images for the detection of dentinal lesions, in view of a higher observer error.
Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix® photostimulable phosphor images	Pabla et al.	2003	Brazil	Caries lesions	Periapical	Phosphor Storage Plate (PSP)	41 extracted human posterior teeth (22 molars and 19 premolars, half maxillary and half mandibular).	System: DenOptix (Gendex Dental Systems, Milan, Italy) X-ray Unit: Prostyle (Planmeca Ou, Helsinki, Finland)	JPEG and TIFF	1:2, 1:11, and 1:16	8	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of caries lesions.
Effects of JPEG compression in quantitative digital radiographic subtraction of simulated bone loss	Mahl et al.	2003	Brazil	Periodontal Disease (Bone loss)	Periapical	Film-based	12 periapical radiographs of the lower molar region.	Scan Unit: Perfection 2450® scanner (Epson, USA)	JPEG	1:1, 1:2, 1:3, 1:4, and 1:6	1	Compression levels 8 and 6 overestimated bone loss.
Comparison of JPEG and wavelet compression on intraoral digital radiographic images	Kim, E.	2004	South Korea	Caries lesions	Periapical	Digital sensor: Charge-coupled device (CCD)	30 extracted sound posterior teeth and 30 extracted posterior teeth with occlusal caries mounted on a plaster block.	System: Schick (Schick Inc., Long Island, USA),	JPEG and JPEG2000	1:5, 1:9, 1:14, and 1:28	3	Compression rates up to 1:9 for JPEG and 1:14 for JPEG 2000 did not impair the diagnosis of caries lesion.
The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions	Koenig et al.	2004	United States of America	Periapical lesions	Periapical	Digital sensor: Complementary metal-oxide semiconductor (CMOS)	13 human dry mandibles with single and/or multiple root teeth inserted in acrylic blocks.	System: DX-CS1 (R.C. Eggleton, Consulting, Indianapolis, IN) X-ray Unit: CCX Digital Computer Controlled X-Ray Timer (Trophy Radiologie, Vincennes, France)	JPEG	1:2, 1:14, 1:23, 1:28, and 1:47	3	JPEG compression does not affect the detectability of periapical lesions up to a compression ratio of 1:28.

Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions.	Gegler et al.	2006	Brazil	External root resorptions	Periapical	Film-based	11 human upper incisor teeth.	System: Spectro 70 (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brazil) Scan unit: Epson Perfection 2450w scanner (Epson, USA)	TIFF, BMP, and JPEG	1:3	3	No difference was found between TIFF, BMP, and JPEG in the diagnosis of ERR. Images compressed above or equal to level 9 were acceptable for not impairing caries diagnosis. On the other hand, images compressed below or equal to 3 were unacceptable for impairing caries diagnosis.
Evaluation of JPEG compression on the diagnosis of caries in digitalized radiographs	Bissol et al.	2006	Brazil	Caries lesions	Bitewing	Film-based	20 bitewing radiographs of upper and lower pre-molars and molars in occlusion contact.	Scan unit: HP Scanjet 4C	TIFF and JPEG	13 levels of compression	5	
Effect of image compression on the radiographic diagnosis of external root resorptions	Fontanella et al.	2007	Brazil	External root resorptions	Periapical	Film-based	33 upper central incisors inserted on a dry skull.	X-ray Unit: Spectro 70 (Dabi Atlante, Brazil) Scan Unit: Perfection 2450® scanner (Epson, USA)	JPEG	1:1, 1:2, 1:6, and 1:7	6	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of ERR.
The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries	Schulze et al.	2008	Germany	Caries lesions	Periapical	Digital sensor: Charge-coupled device (CCD)	51 healthy teeth and 49 teeth with non-cavitated carious lesions at these surfaces (33 incisors, 10 canines, 13 premolars and 44 molars). The teeth were inserted in plaster cubes, in pairs, according to their respective dental groups (incisors, premolars, molars).	System: Sirona (Dental Systems, Bensheim, Germany) X-ray Unit: Heliodont DS (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany)	TIFF, JPEG and JPEG2000	1:1, and 1:12	10	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of caries lesions.

Evaluation of proximal caries in images resulting from different modes of radiographic digitalization	Xavier et al.	2011	Brazil	Caries lesions	Bitewing	Film-based	56 human posterior teeth (28 premolars and 28 molars).	X-ray Unit: Kaycor X-707 (Yoshida Dental Manufacturing Co., Tokyo, Japan) Scans Units: CanonScan D646U (Canon USA Inc., Newport News, VA) and Genius ColorPage HR7X (KYE Systems Corp. America, Doral, FL)	TIFF and JPEG	1:1, and 1:12	3	The carious lesion diagnosis did not change in either of the file formats (JPEG and TIFF).
Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture	Noujeim et al.	2012	United States of America	Root fractures	Periapical	Digital sensor: Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS)	10 human dry mandibles containing 151 upper and lower teeth (incisors, canines, premolars, and molars).	System: Suni (Suni Medical Imaging Inc., CA, USA) X-ray Unit: Prostyle (Planmeca Oü, Helsinki, Finland)	JPEG and TIFF	0, 1:4, and 1:18	4	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of RF.
Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions	Miranda-Viana et al.	2021	Brazil	External and internal root resorptions	Periapical	Digital sensor: Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS)	34 single-rooted human teeth inserted into human dry mandibles.	System: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) X-ray Unit: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP, and JPEG	0, 1:1, 1:6, and 1:23	5	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of IRR neither ERR.
Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions	Madlum et al.	2021	Brazil	Caries lesions	Bitewing	Digital sensor: Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS)	40 human posterior teeth (premolars and molars) inserted in plaster blocks.	System: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) X-ray Unit: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP, and JPEG	0, 1:1, 1:5, and 1:24	5	The digital file format does not affect the diagnosis of proximal caries lesions.
Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture	Miranda-Viana et al.	2022	Brazil	Vertical root fracture	Periapical	Phosphor Storage Plate (PSP) Digital sensor: Complementary metal–oxide semiconductor (CMOS)	34 single-rooted human teeth, including lower incisors, canines and premolars inserted into human dry mandibles.	Systems: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) and Digora® Optime (Soredex Corporation, Helsinki, Finland) X-ray Unit: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP, and JPEG	Digora Toto: 0, 1:1, 1:6, and 1:26 Digora Optime: 0, 1:1, 1:5, and 1:20	5	The file format of periapical radiographs does not influence the diagnosis of VRF.

Quality assessment

The Quality Assessment of Diagnostic Accuracy-2 (QUADAS-2) was applied to the articles included in the final analysis to judge the risk of bias.²⁴ Despite of the fact that the risk of bias analysis is not included in the PRISMA-ScR, this analysis was performed in order to assess the reliability of the results of the articles included in this scoping review.

The QUADAS-2 instrument (University of Bristol Resource, Bristol, UK) is composed of four domains: patient selection (D1), index test (D2), reference standard (D3), and flow and timing (D4). These domains were evaluated in two categories (risk of bias and applicability concerns) by two authors (MMV and RCF) in consensus. In cases of disagreement, a third reviewer (FHN) was consulted to achieve consensus. Concerning the risk of bias, each topic (D1, D2, D3, and D4) had to be answered and scored as low risk '+' (positive answers), some concerns '-' (missing information), or high risk 'x' (negative answers). For applicability concerns, only domains D1, D2 and D3 were scored. If there was any concern about avoiding the research topic in any of these domains, the risk of bias was considered high risk 'x', and otherwise low risk '+'. If any information was missing, some concerns were applied '-'. The overall score was determined based on the scores attributed to the four domains: if all domains were scored as a low risk of bias '+', the overall score was also judged as low risk '+'. However, if one of the domains was considered as having some concerns '-' or a high risk of bias, the overall score attributed was the worst possible.

Synthesis of results

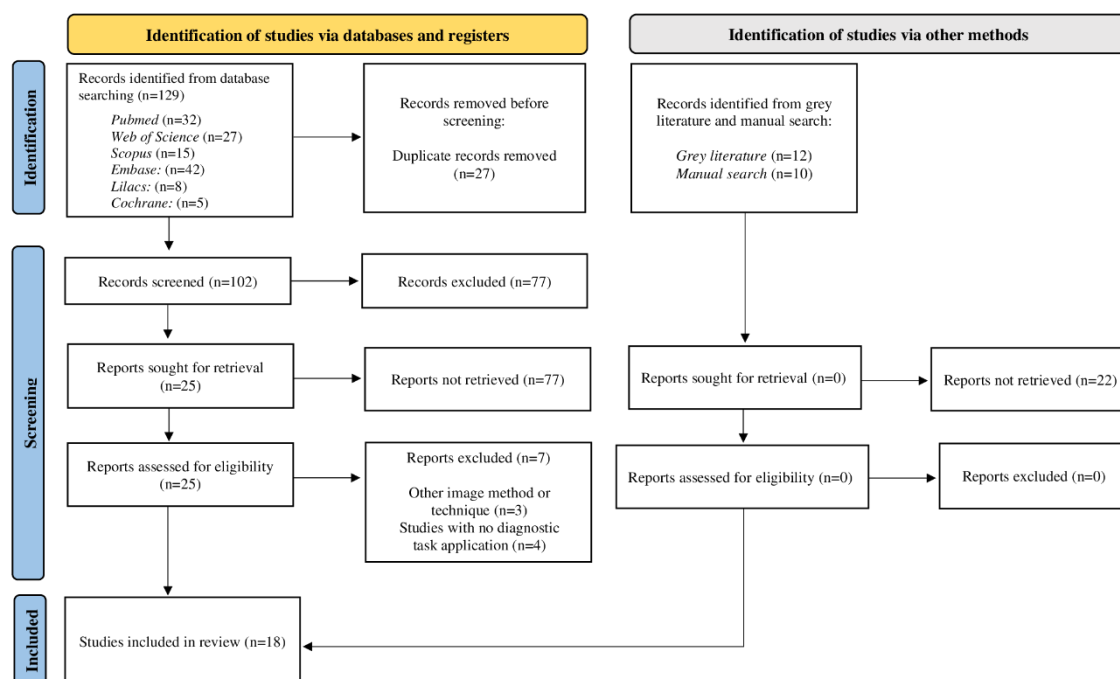
In the scoping review, we extracted key information from articles to address the central question, covering diagnostic tasks, tested image file formats, compression levels, and main conclusions. Results were then grouped and presented visually (figures). The scoping review revealed a prevalence of the periapical radiographic technique, with a focus on the diagnosis of caries lesions and root resorption. Direct digital sensors were commonly used, and JPEG and TIFF file formats were frequently explored. Most studies concluded that various image file formats did not significantly affect diagnostic accuracy.

RESULTS

Selection of sources of evidence

The electronic search identified 129 studies (Pubmed = 32, Web of Science = 27, Scopus =15 , Embase = 42, Lilacs = 8, and Cochrane = 5). No studies were added from the searches performed in the gray literature search and in the reference lists of the included studies. After removing 27 duplicates, 102 studies were selected. In the first screening, after applying the pre-established eligibility criteria, 25 titles and abstracts were selected for full text reading. Then, seven studies were excluded because they did not completely fit the eligibility criteria, for using another imaging method and/or radiographic technique, and some of them did not include a dental diagnostic task in the main purpose. Thus, at the end of the article selection stage, 18 studies were included in this scoping review for the quality and risk of bias evaluation process. The flowchart of the study selection is shown in Figure 1.

Figure 1. PRISMA 2020 flow diagram including searches of databases, registers, and other sources.

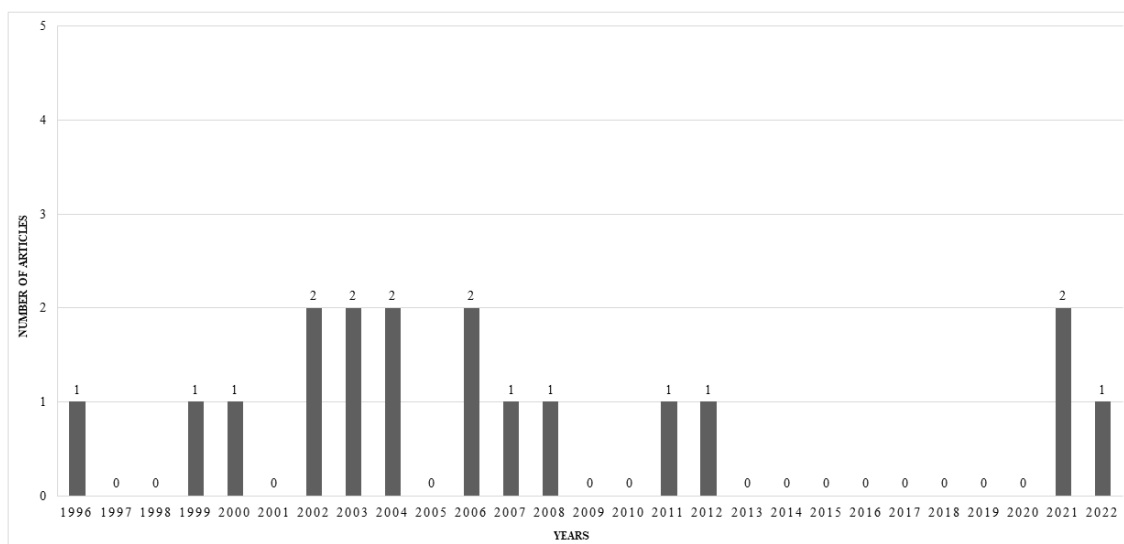


Characteristics of sources of evidence

As seen in Table 3, among the selected studies, the first article that evaluated the influence of different image file formats on a dental diagnostic task (caries lesions) was in 1996 (Wenzel et. al.).⁴ There was a progressive rise in the number of studies published

over the years, with most studies published between 2002 and 2006. The most recent article was published in 2022 by Miranda-Viana et. al, which studied the influence of different image file formats on the diagnosis of root fracture.³ Figure 2 presents a bar chart with the progression and number of articles selected for this scoping review.

Figure 2. Bar chart showing the number of publications over the years.



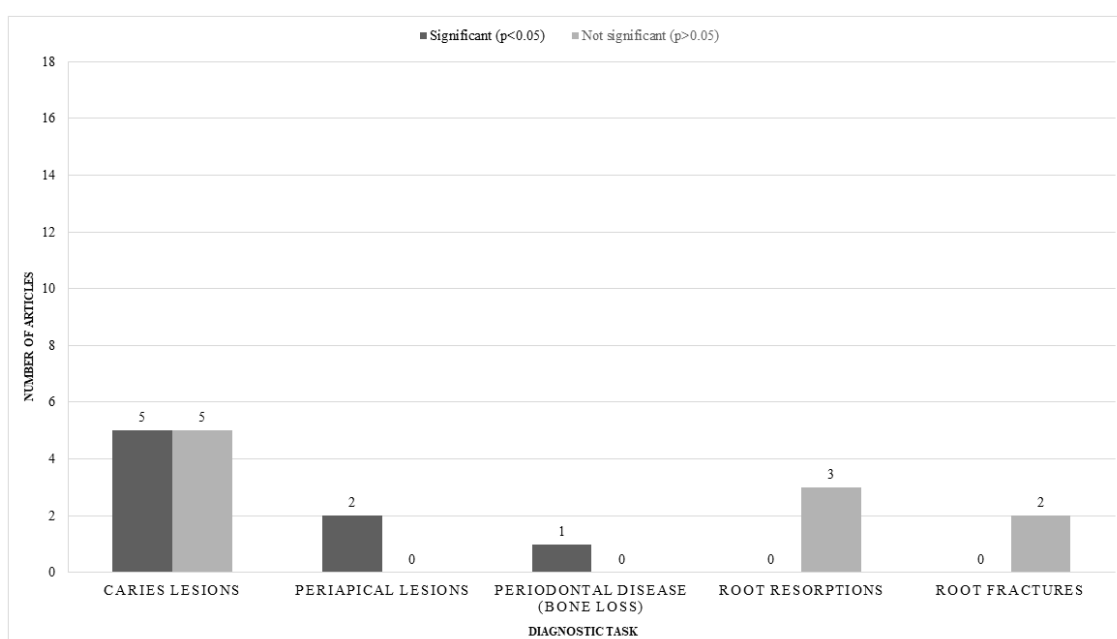
Regarding the dental diagnostic task assessed for each study, ten of them assessed caries lesions,^{2,4-12} two assessed periapical lesions,^{16,17} three assessed root resorptions,¹³⁻¹⁵ two assessed root fractures,^{3,18} and one assessed periodontal disease (bone loss).¹⁹ Most of the studies were based on a methodological design with human teeth inserted in acrylic blocks and/or human dry mandibles.^{2-9, 10-15, 17-19} Only two studies (Eraso et. al, 2002 and Bissol et. al, 2006) were based on a retrospective assessment of radiographic images from a clinical database.^{10,16}

As for the intraoral radiographic technique used, twelve studies used periapical radiography^{3,4,8,9,11,13-19} and six studies used the bitewing radiography.^{2,5-7,10,12} As for the types of receptors employed, eight studies used digital sensors.^{2,3,9,11,15,16-18} Three of them used charge-coupled device (CCD)^{9,11,16} and five of them used complementary metal-oxide semiconductor (CMOS).^{2,3,15,17,18} Six studies used photostimulable phosphor plate (PSP),^{3-6,8,15} and six studies used film-based scanned on a digital printer.^{7,10,12-14,19}

Regarding the image file format tested, all studies included JPEG,²⁻¹⁹ ten included TIFF,^{2-4, 8, 10-13, 18} seven included BMP,^{2-7,13} three included PNG,²⁻⁴ and three included JPEG2000 or also referred to as Wavelet.^{7,9,11} As seen in Figure 3, regarding the significant influence of the different image file formats on the diagnostic tasks, eight

studies^{4-6,9,10,16,17,19} found a significant effect and ten studies^{2,3,7,8,11-15,18} showed not significantly influence of the file formats on the subjective assessment of the several dental diagnostic tasks. From those that showed a significant effect of image compression on the radiographic diagnosis, five studies assessed caries lesions,^{4,5,6,9,10} two assessed periapical lesions,^{16,17} and one assessed periodontal disease (bone loss).¹⁹ Across all studies, the JPEG file format had the worst diagnostic accuracy. However, the compression levels that led to reduced accuracy were very high, between 1:30 and 1:47, which is not clinically applicable, due to the huge amount of loss of graphical information from the image. Consequently, the accuracy of the diagnostic is expected to be reduced.

Figure 3. Bar chart displaying the number of studies according to the diagnostic task and whether the different file formats influenced on it.



Regarding the number of evaluators, figure 4 shows a bar graph among the 18 studies included. The numbers were from one to ten, with median (Md), minimum and maximum values of 5, 1, and 10, respectively. Concerning the continent where the studies have been published (Figure 5), three of them were from North America,¹⁶⁻¹⁸ nine of them were from South America,^{2,3,8,10,12-15,19} five of them were from Europe^{4-7,11} and one of them was from Asia.⁹

Figure 4. Bar chart presenting the number of evaluators among the included articles.

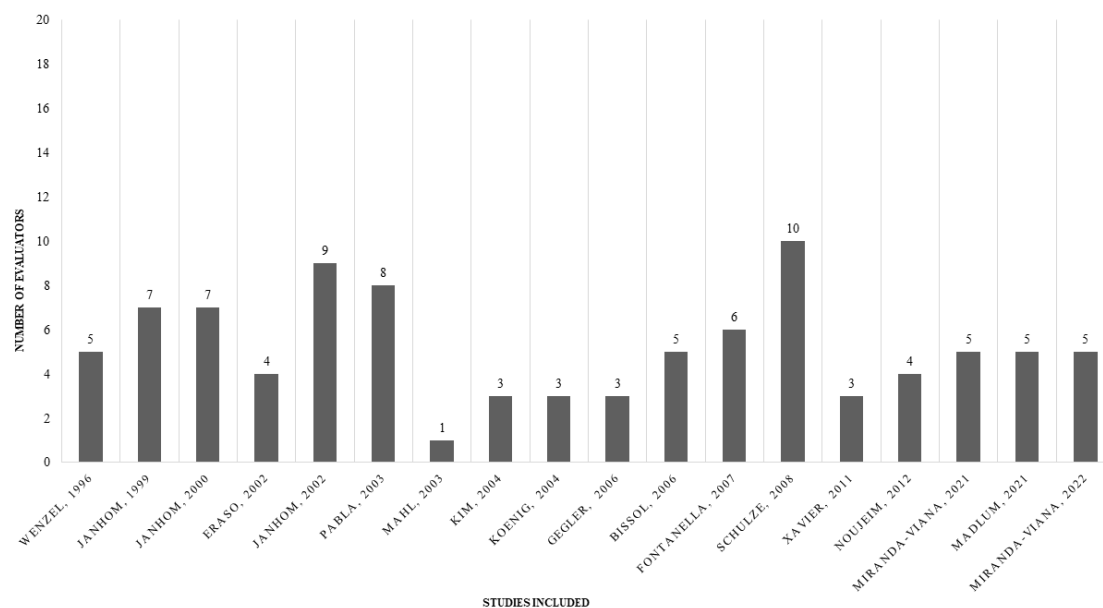


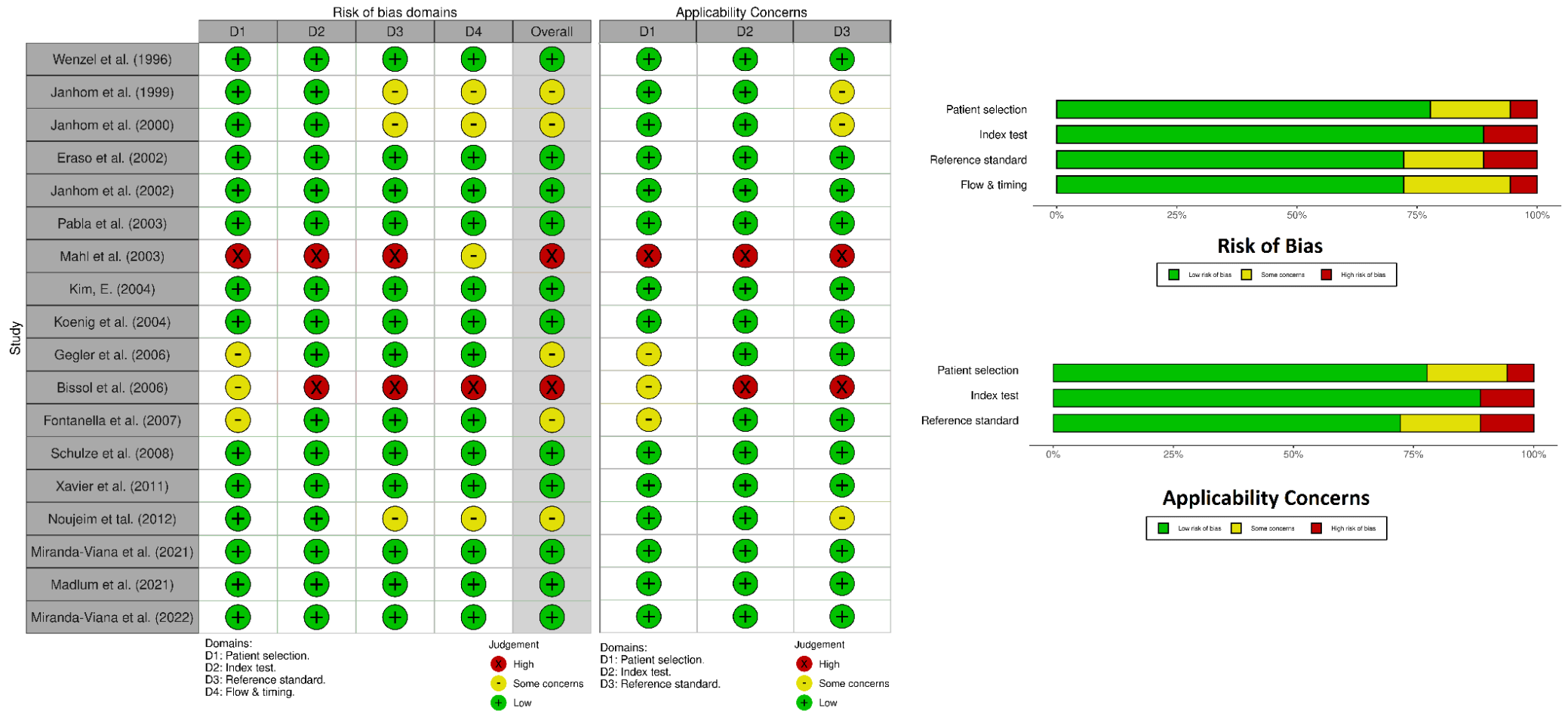
Figure 5. Absolute numbers (percentage) of the articles included in the scoping review according to the geographic location.



Quality assessment

Figure 6 presents the flow chart and summary plot of the risk of bias and applicability concerns of the included studies. Regarding patient selection, most articles showed a low risk of bias due to the precision in sample selection and standardization. Only four studies presented a medium to high risk of bias considering the failure to report

randomization and inadequate sample exclusions.^{10,13,14,19} Regarding the index test and reference standard, a low risk of bias prevailed in most of the selected articles. Only five studies were scored with “some concerns”^{5,6,18} and “high” risk of bias,^{10,19} since it was not clear if the evaluators of the radiographic images were blinded regarding the factors studied and if they used a five-point scale to score the images assessed. Also, the lower number of evaluators was another factor that downgraded the score in this domain.¹⁹ Likewise, in the fourth domain, most of the selected articles also had a low risk of bias. The same quantity of studies (n=5) was scored with “some concerns”^{5,6,10,18} and “high risk of bias”,¹⁹ for not providing clear information about the radiographic evaluation and whether these evaluations were compared with a reference standard according to each diagnostic task evaluated. Regarding the applicability domains, similar results was achieved within the three domains (patient selection, index test, and reference standard), as presented earlier. Thus, based on the sum of the results, the overall score was of 'low risk of bias' in 11 studies,^{2-4,7-9,11,12,15-17} suggesting an accurate, standardized, and reliable results.

Figure 6. Flow chart and summary plot of the risk of bias and applicability concerns of the included studies.

DISCUSSION

A scoping review aims to explore, evaluate, and map the literature. Thus, this scoping review was conducted to report and summarize the influence of image file formats on dental diagnostic tasks through the assessment of intraoral radiographic images, since the studies present divergent results. Also, it is important to analyze the methodological quality of the studies, clarify the divergences between the concepts, and establish a consensus on this aspect. For this scoping review, 18 studies were included, and in most of them, the different image file formats did not influence the diagnostic accuracy in different dental diagnostic tasks. In addition, greater than 70% of the included studies showed an overall score of 'low risk of bias'.

The first study investigating the influence of image file formats on a dental diagnostic task was published in 1996.⁴ The study evaluated different compression ratios of the JPEG file format on the assessment of caries lesions. From this first publication, a multitude of studies have emerged, delving into the impact of diverse file formats on dental diagnostic tasks.^{2,3,4-12,13-19} From the 18 included articles in the current scoping review, ten articles^{2,4-12} assessed the influence of the image file formats on caries lesions detection. The high prevalence of this diseases can justify why this diagnostic task was the most commonly investigated.²⁵ With the exception of the study by Bissol et al. (2006),¹⁰ which scored at 'high risk of bias', the other studies had scores from 'moderate to low risk of bias'.^{2,4-9,11,12} Among the studies presenting 'low risk of bias',^{2,4,7-9,11,12} four showed no significant influence regarding file formats on the diagnosis of caries lesions.^{2,9,11,12} All these studies were fundamental to understand the different possibilities of exporting radiographic images, as well as using them in different image file formats that reduce their size, such as the JPEG format, without impairing radiographic quality and diagnosis.^{2,3,15,18} A positive and relevant consequence for oral radiology clinics is to avoid wasting virtual space, besides allowing the transfer of files in a more agile way between clinics and professionals.^{1,2}

Interestingly, it was noticed in the current scoping review that there is a lack of publications about this subject between 2013 to 2020. This lack may be attributed to the fact that developed countries have easier access to large storage drives and cloud-based tools, reducing the need of exporting radiographic images at a high compression level. This hypothesis can be supported by the fact that half of the studies were from South

America (nine studies - 50%). However, given the controversial issues of the previous studies, such as unclear results, disproportional inclusion of image file formats, where studies evaluated a single format,^{14,16,19} along with discrepancies between the compression ratios applied in the trials,^{5,4,17} three articles were recently published between 2021 and 2022.^{2,3,15} In general, these studies assessed caries lesions,² root resorptions,³ and root fractures,¹⁵ and no significant difference was found in the diagnosis among different image file formats.

All included studies evaluated the JPEG file format. The motivation for studying this format may be related to its smallest size when comparing with TIFF, PNG, BMP, and DICOM. The studies hypothesized that the diagnostic accuracy could be negatively affected given the smaller size of the JPEG radiographic images. In disagreement with this hypothesis, most studies showed that regardless of the image file format chosen and the diagnostic assessed, the accuracy was not affected. Thus, the clinicians can use the smallest file size considering the need for less virtual space and easier transmission of files between professionals.^{2,3,8,11-15,18} Beyond the aforementioned file formats, three studies evaluated a specific file format named JPEG2000 or Wavelet format.^{7,9,11} Although this file format had been previously investigated by studies published from 2002 to 2008, its current use is unusual since it is only supported by some discontinued radiographic systems, besides the low global reach compared to JPEG file format.²⁶

Another interesting result is that none of the studies tested the DICOM file format. The DICOM file format has been developed to standardize digital imaging and communication in medicine. Several countries, especially those from North America and Europe, already use this file format for the transmission of two-dimensional and three-dimensional images.²⁷ However, unlike the three-dimensional images, the DICOM file format for radiographic images is not recognized by the graphic system of these devices itself for immediate image viewing. Thus, to visualize a radiographic image in DICOM format, it is necessary to export this image to a specific viewer software, which hamper the process of evaluation and transmission of radiographic images compared to the other file formats. The need for an intermediate viewer software may explain why the included studies did not investigate the DICOM file format for radiographic evaluation in dental diagnostic tasks. In the selection process, some studies that used the DICOM format were encountered. However, these works were not included due to specific characteristics: literature review researches, such as Burgess's study (2015)²⁷; studies focused on images

from a different body area, such as femur fractures, such as the study of Botser et al. (2009)²⁸; studies that did not compare with other image file formats, concentrating solely on DICOM image visualization, without considering the impact of the format itself on diagnostic accuracy, corresponding the researches of Gakenheimer et al. (2005)²⁹ and Kallio-Pulkkinen et al. (2015)³⁰; and studies that did not apply the DICOM file format to a dental diagnostic task, such as Kallio-Pulkkinen et al. (2016)³¹ and D'Addazio et al. (2022)³² studies. Therefore, it is advisable to conduct future studies to assess the performance of the DICOM file format in subjective evaluations in different dental diagnostic tasks.

Summarizing the main results of the included studies, eight studies showed a significant influence of the file formats on the diagnostic accuracy.^{4-6,9,10,16,17,19} Conversely, ten studies showed no significant effect of the file formats on the assessed diagnostic tasks.^{2,3,7,8,11-15,18} The compression ratios ranged from 1:1 to 1:47 among the studies that showed a significant influence and from 1:1 to 1:26 within the studies that did not present a significant influence of image file formats on diagnostic tasks. Most studies that showed a significant influence of image file format on diagnostic accuracy used JPEG format with higher compression ratios, which is not clinically applicable, due to the huge amount of loss of graphical information from the image, which impairs the diagnosis. All studies that showed no significant difference used the maximum compression ratio of 1:26, which is acceptable for does not impair the quality of the radiographic image. Contemporary radiographic systems support this compression rate, allowing the exportation in JPEG format without affecting the device's memory space and facilitating the transmission of exams among professionals.^{1,33}

Regarding the risk of bias in the included studies, nearly 70% received a "low risk of bias" score across all four assessment domains (patient selection, index test, reference standard, and flow and timing). In the patient selection domain, three studies^{10,13,14} raised "some concerns," and one had a "high risk of bias."¹⁹ While most studies demonstrated standardized selection and randomization procedures with no inappropriate exclusions from radiographic images, those with bias concerns failed to clarify their sample selection and randomization processes,^{13,14} and they excluded radiographic images without adequate justification.^{10,19} Similarly, in the index test and reference standard domains, two studies received a "high risk of bias" due to a lack of clarity regarding the reference standard used to evaluate diagnostic accuracy.^{10,19} Three studies faced an intermediate

risk of bias, either due to an unclear description of the gold standard or a lower number of examiners assessing radiographic images.^{5,6,18} The importance of establishing a reference standard for diagnostic studies and the potential impact of a low number of examiners on study results were emphasized. In the flow and timing domain, four studies raised "some concerns,"^{5,6,18,19} and one had a "high risk of bias"¹⁰ for insufficiently detailing whether all acquired images were evaluated and if there was a timeframe between evaluations to assess reproducibility. Among the included studies, the predominant overall bias score was "low risk" in 11 out of 18 studies.^{2-4,7-9,11,12,15-17} Notably, seven studies with a low risk of bias found no impact of image file formats on diagnostic performance in dental tasks.^{2,3,7,8,11,12,15} It is crucial to underscore that the four studies identifying a significant effect used clinically unfeasible high compression rates.^{4,9,16,17} Thus, the current scoping review results support that any file format is applicable for radiographic diagnosis in dental diagnostic tasks, such as caries lesions, root resorptions, root fractures, periodontal disease, and periapical lesions.

In addition to methodological diversity and discrepancies in the findings, the lack of studies providing data on diagnostic accuracy, including sensitivity, specificity, positive and negative predictive values, as well as odds ratios when evaluating different image file formats in the investigated diagnostic task in each study, posed a significant limitation for conducting a meta-analysis in this research. While conducting a meta-analysis is not strictly mandatory in scoping reviews, similar to the assessment of bias in the included studies, it is crucial to acknowledge that comparative studies, which analyze the detection capability and agreement between imaging tests, play an essential role in synthesizing underexplored scientific evidence.

Considering this aspect, it is pertinent to advise professionals who have challenges regarding the digital storage space of radiographic images to use the JPEG file format, as it has the smallest file size. Although the use of this format is indicated, the compression process of this file format should not be overdone, in order not to harm the diagnosis. However, it is important to reinforce that before clinical application, local regulations should be considered. Moreover, there is a lack of knowledge concerning the radiographic image quality of DICOM files compared to the other formats. Therefore, future studies are encouraged to investigate the image quality of DICOM radiographic images compared to other formats.

CONCLUSIONS

Based on the information extracted from the studies included in this scoping review, periapical radiographic images were the most applied, and the diagnosis of caries lesions was the most studied. Direct digital sensors were the most utilized, and the JPEG and TIFF file formats were the most frequently investigated. Moreover, most studies concluded that there was no significant influence of different image file formats on diagnostic accuracy.

Current evidence of the influence of image file formats on dental radiographic diagnosis is reliable. Any image file format can be used, including those that demand greater compression ratios, without impairing the diagnostic accuracy. Further primary studies using the DICOM file format are encouraged. Importantly, local regulations should be considered before clinical application.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Ethical Approval

Not applicable.

Informed Consent

Not applicable.

REFERENCES

1. Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2010; 68:106-14. <https://doi.org/10.3109/00016350903514426>
2. Madlum DV, Gaêta-Araujo H, Brasil DM, Lima CAS, Oliveira ML, Haiter-Neto F. Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2021; 132:448-455. <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.11.013>
3. Miranda-Viana M, Fontenele RC, Farias Gomes A, Nogueira-Reis F, Nejaim Y, Oliveira ML, Freitas DQ. Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture. *Oral Radiol.* 2022; 38:452-458. <https://doi.org/10.1007/s11282-021-00573-z>
4. Wenzel A, Gotfredsen E, Borg E, Gröndahl HG. Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996; 81:351-5. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(96\)80336-2](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(96)80336-2).
5. Janhom A, van der Stelt PF, van Ginkel FC, Geraets WG. Effect of noise on the compressibility and diagnostic accuracy for caries detection of digital bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999; 28:6-12. <https://doi.org/10.1038/sj.dmfr.4600397>
6. Janhom A, van der Stelt PF, van Ginkel FC. Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000; 29:20-7. <https://doi.org/10.1038/sj/dmfr/4600488>
7. Janhom A, van der Stelt PF, Sanderink GC. A comparison of two compression algorithms and the detection of caries. *Dentomaxillofac Radiol.* 2002; 31:257-63. <https://doi.org/10.1038/sj.dmfr.4600704>
8. Pabla T, Ludlow JB, Tyndall DA, Platin E, Abreu M Jr. Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix photostimulable phosphor images. *Dentomaxillofac Radiol.* 2003; 32:45-9. <https://doi.org/10.1259/dmfr/19650275>
9. Kim E. Comparison of JPEG and wavelet compression on intraoral digital radiographic images. *Korean Journal of Oral and Maxillofacial Radiology* 2004; 34:117–122.
10. Bissol CF, Takeshita WM, Castilho JC de M, Medici Filho E, de Moraes LC, de Moraes MEL. Evaluation of JPEG compression on the diagnosis of caries in digitalized radiographs. *Rev. Bras. Odontol.* 2006; 63:263–266.
11. Schulze RK, Richter A, d'Hoedt B. The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries. ROC analysis. *Caries Res.* 2008; 42:334-9. <https://doi.org/10.1159/000151328>
12. Xavier CR, Araujo-Pires AC, Poleti ML, Rubira-Bullen IR, Ferreira O Jr, Capelozza AL. Evaluation of proximal caries in images resulting from different modes of radiographic

- digitalization. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011; 40:338-43. <https://doi.org/10.1259/dmfr/67185962>
13. Gegler A, Mahl C, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35(1):10-3. <https://doi.org/10.1259/dmfr/86879455>
 14. Fontanella VRC, Raab V, Baldissera E, Mahl CRW, Mahl CEW, Wiltgen A. Effect of Image Compression on the Radiographic Diagnosis of External Root Resorptions. *Revista Da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 2007; 48:30–32. <https://doi.org/10.22456/2177-0018.7396>
 15. Miranda-Viana M, Madlum DV, Oliveira-Santos N, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions. *Clin Oral Investig.* 2021; 25:4941-4948. <https://doi.org/10.1007/s00784-021-03803-0>
 16. Eraso FE, Analoui M, Watson AB, Rebeschini R. Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002; 93:621-5. <https://doi.org/10.1067/moe.2002.122640>
 17. Koenig L, Parks E, Analoui M, Eckert G. The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33:37-43. <https://doi.org/10.1259/dmfr/30099843>
 18. Noujeim M, Geha H, Shintaku W, Bechara B, Kashi KA. Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture. *Dent Traumatol.* 2012; 28:233-7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2011.01076.x>
 19. Mahl CEW, Gegler A, Braga CPA, L. Machado LX, Fontanella V. Effects of JPEG Compression in Quantitative Digital Radiographic Subtraction of Simulated Bone Loss., *Revista Da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 2003; 44:31–33. <https://doi.org/10.22456/2177-0018.103372>
 20. Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc.* 2015; 13:141-6. <https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000050>.
 21. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, Peters MDJ, Horsley T, Weeks L, Hempel S, Akl EA, Chang C, McGowan J, Stewart L, Hartling L, Aldcroft A, Wilson MG, Garritty C, Lewin S, Godfrey CM, Macdonald MT, Langlois EV, Soares-Weiser K, Moriarty J, Clifford T, Tunçalp Ö, Straus SE. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018; 169:467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
 22. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIM Manual for Evidence Synthesis*, JBI, 2020. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>

23. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33:159-74. PMID: 843571.
24. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, Leeflang MM, Sterne JA, Bossuyt PM; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011; 155:529-536. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009>
25. Dayo AF, Wolff MS, Syed AZ, Mupparapu M. Radiology of Dental Caries. *Dent Clin North Am*. 2021; 65:427-445. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2021.02.002>
26. Allen E, Triantaphyllidou S, Jacobson RE. Image Quality Comparison Between JPEG and JPEG2000. I. Psychophysical Investigation. *Journal of Imaging Science and Technology*. 2007; 3:248–258. [https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.\(2007\)51:3\(248\)](https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.(2007)51:3(248))
27. Burgess J. Digital DICOM in dentistry. *Open Dent J*. 2015; 9:330–336. <https://doi.org/10.2174/1874210601509010330>
28. Botser IB, Herman A, Nathaniel R, Rappaport D, Chechik A. Digital image enhancement improves diagnosis of nondisplaced proximal femur fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467:246-53. <https://doi.org/10.1007/s11999-008-0494-y>
29. Gakenheimer DC, Farman TT, Farman AG, Benjamin SD, Huysing PDA, Chang HJC, Liao MYT, Tu HPY. Advancements in automated dental caries detection using DICOM image files. *International Congress Series* 2005; 1281:1250-1255. <https://doi.org/10.1016/j.ics.2005.03.316>
30. Kallio-Pulkkinen S, Haapea M, Liukkonen E, Huumonen S, Tervonen O, Nieminen MT. Comparison between DICOM-calibrated and uncalibrated consumer grade and 6-MP displays under different lighting conditions in panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015; 44:20140365. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140365>
31. Kallio-Pulkkinen S, Huumonen S, Haapea M, Liukkonen E, Sipola A, Tervonen O, Nieminen MT. Effect of display type, DICOM calibration and room illuminance in bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016; 45:20150129. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20150129>
32. D'Addazio G, Xhajanka E, Traini T, Santilli M, Rexhepi I, Murmura G, Caputi S, Sinjari B. Accuracy of DICOM-DICOM vs. DICOM-STL Protocols in Computer-Guided Surgery: A Human Clinical Study. *J Clin Med*. 2022; 11:2336. <https://doi.org/10.3390/jcm11092336>
33. Loose R, Braunschweig R, Kotter E, Mildemberger P, Simmler R, Wucherer M. Kompression digitaler Bilddaten in der Radiologie - Ergebnisse einer Konsensuskonferenz [Compression of digital images in radiology - results of a consensus conference]. *Rofo*. 2009; 181:32-7. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1027847>

3. DISCUSSÃO

A necessidade cada vez maior da transmissão de imagens on-line, com o objetivo de otimizar o tempo de trabalho clínico e reduzir possíveis contaminações cruzadas, exige uma compreensão clara de como os níveis inerentes à compactação de dados causados por diferentes formatos de arquivos de imagem podem influenciar os parâmetros de qualidade da imagem em sistemas radiográficos digitais e, conseqüentemente, a acurácia diagnóstica. Esse entendimento é fundamental para os profissionais que buscam economizar espaço de armazenamento sem comprometer a qualidade da imagem e o diagnóstico. Portanto, o presente estudo teve como objetivo geral avaliar a influência dos diferentes formatos de arquivo de imagem na acurácia das diferentes tarefas de diagnóstico na área da odontologia, por meio de imagens radiográficas intraorais. Para tanto, foram desenvolvidos diferentes estudos com a finalidade de suprir as lacunas existentes na literatura acerca deste tema e estabelecer um consenso a respeito dos formatos de arquivo de imagens digitais. Dos quatro trabalhos desenvolvidos, dois estudos foram baseados em avaliações subjetivas, nas tarefas de diagnóstico das reabsorções radiculares externa e interna e fraturas radiculares verticais, analisadas nos diferentes formatos de arquivo de imagem. No terceiro estudo, foi realizada uma análise objetiva dos parâmetros de qualidade de radiografias digitais (ruído, brilho e uniformidade da imagem), por meio da comparação entre os diferentes formatos de arquivo de imagem (TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG). Essa avaliação foi conduzida em radiografias periapicais adquiridas em diferentes sistemas digitais. E, no quarto trabalho, a fim de verificar se as evidências científicas atuais são suficientes para orientar os clínicos quanto à escolha do formato do arquivo radiográfico, a literatura foi mapeada, explorada e avaliada para relatar a influência dos formatos de arquivo de imagem nas tarefas de diagnóstico na área da odontologia, por meio da avaliação de imagens radiográficas intraorais.

No que se refere às avaliações subjetivas das tarefas de diagnóstico das reabsorções radiculares (externa e interna) e das fraturas radiculares verticais, embora essas condições sejam relevantes e representem desafios na prática clínica, em que os exames radiográficos são cruciais como complemento na detecção dessas alterações, observou-se que os diferentes formatos de arquivo de imagem analisados (TIFF, PNG, BMP e JPEG) não apresentaram uma influência significativa na acurácia diagnóstica das reabsorções radiculares (externas e internas) e das fraturas radiculares verticais. Quanto

à análise objetiva dos parâmetros de qualidade da imagem digital nos diferentes formatos de arquivo de imagem, o formato DICOM apresentou significativamente menor quantidade de ruído, maior brilho e maior uniformidade de imagem em comparação aos outros formatos de arquivo (TIFF, PNG, BMP e JPEG), que não diferiram entre si, independentemente do sistema radiográfico digital investigado. No que diz respeito à revisão do escopo realizada, as evidências atuais sobre a influência dos formatos de arquivo de imagem no diagnóstico radiográfico odontológico são confiáveis. Em geral, é possível utilizar qualquer formato de arquivo de imagem, inclusive aqueles que envolvem maiores taxas de compressão, sem comprometer a acurácia do diagnóstico.

Uma mesma imagem radiográfica digital pode apresentar tamanhos de arquivo distintos, medidos em quilobytes, dependendo do formato em que é exportada. Nos primeiros dois estudos desenvolvidos, baseados nas avaliações subjetivas das tarefas diagnósticas de reabsorções radiculares (interna e externa) e fraturas radiculares verticais foram empregados os formatos TIFF, BMP, PNG e JPEG. O formato de arquivo TIFF tem a menor compactação e, portanto, o maior tamanho, seguido por BMP, PNG e JPEG, que tem a maior compactação e o menor tamanho. Em 1992, o *Joint Photographic Experts Group* desenvolveu o algoritmo de compactação com perdas - JPEG, que foi introduzido como um padrão ISO e é amplamente utilizado (Janhom et al., 2002; Fidler et al., 2007). Apesar de o formato de arquivo JPEG apresentar o menor tamanho e, por conseguinte, a maior taxa de compressão (Persons et al., 1997; Erickson, 2002), não foi observado nenhum efeito negativo no diagnóstico das reabsorções radiculares (interna e externa) nem das fraturas radiculares verticais. É importante enfatizar que não houve ativação do pré-processamento de imagem durante a aquisição das imagens radiográficas, em nenhum dos estudos desenvolvidos no presente trabalho. No entanto, caso houvesse algum ajuste de imagem obrigatório e não revelado, como a compensação automática de exposição, isso teria afetado todas as imagens indistintamente, não comprometendo a comparação principal entre os diferentes formatos de arquivo de imagem. Os resultados desses estudos, quanto a não influência significativa dos diferentes formatos de arquivo de imagem na acurácia diagnóstica das reabsorções radiculares (interna e externa) e das fraturas radiculares verticais, estão de acordo com os achados de investigações anteriores que compararam os valores de diagnóstico obtidos em diferentes formatos de arquivo e níveis de compactação para várias tarefas de diagnóstico odontológico, como lesões de cárie, reabsorções radiculares e fraturas radiculares (Janhom et al., 2002; Pabla et al.,

2003; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2011; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021).

A árdua detecção radiográfica das fraturas radiculares verticais (Farias Gomes et al., 2019), bem como das lesões iniciais de reabsorções radiculares externas localizadas no terço apical (Kamburoğlu et al., 2008; Nascimento et al., 2019) pode explicar a baixa acurácia e área sob a curva ROC para a reabsorção radicular externa e a baixa concordância interexaminador tanto para a reabsorção radicular externa quanto para a fratura radicular vertical obtidas em todos os formatos de arquivo de imagem analisados. Apesar desse fator, os avaliadores mostraram boa consistência, com concordância intraobservador substancial para a reabsorção radicular externa e quase perfeita para a reabsorção radicular interna, bem como de moderada a quase perfeita para a fratura radicular vertical. As imagens no formato JPEG apresentaram área sob a curva ROC semelhante a pesquisas anteriores que utilizaram o formato de arquivo TIFF (Schulze et al., 2008; Noujeim et al., 2012). Em relação à análise das fraturas radiculares verticais, embora os valores diagnósticos de sensibilidade e especificidade não tenham diferido entre os sistemas radiográficos testados (Digora Optime e Digora Toto), os valores de acurácia do sensor CMOS (semicondutor de óxido metálico complementar) foram significativamente maiores do que os da placa de fósforo fotoestimulável (PSP) no diagnóstico de fratura radicular vertical, para todos os formatos de arquivo de imagem. A maior acurácia do Digora Toto em comparação ao Digora Optime também foi relatada em estudos anteriores que avaliaram fraturas radiculares verticais e fraturas radiculares horizontais (Nejaim et al., 2016; Farias Gomes et al., 2019). Essas descobertas podem ser atribuídas à resolução espacial superior oferecida pelo Digora Toto (26,3 lp mm⁻¹) em relação ao Digora Optime (14,3 lp mm⁻¹). Esse conceito está associado à capacidade que permite distinguir mínimos detalhes em uma imagem radiográfica (Nejaim et al., 2016). Embora nenhuma diferença significativa entre os diferentes formatos de arquivo de imagem tenha sido observada, os resultados indicam baixos valores de sensibilidade para o diagnóstico de reabsorção radicular externa e baixos valores na concordância interexaminador tanto para o diagnóstico de reabsorções radiculares (externa e interna) quanto ao de fratura radicular vertical, o que pode estar relacionado à tarefa de diagnóstico e/ou à modalidade de imagem, e não aos diferentes formatos de arquivo de imagem. Ainda, é importante ressaltar que, além de fornecer qualidade de diagnóstico suficiente, o uso do formato de arquivo JPEG pode ser facilmente transmitido e armazenado.

Apesar de os examinadores terem sido calibrados e orientados a avaliar em um ambiente de baixa luminosidade e com a tela do *laptop* ajustada ao nível máximo de brilho, as disparidades em suas experiências clínicas, que variaram de 2 a 5 anos, assim como a interpretação subjetiva das imagens, podem ter influenciado a variação observada nos índices de concordância. Além disso, a dificuldade das tarefas diagnósticas (reabsorções radiculares externa e interna e fraturas radiculares verticais) analisadas nos estudos deve ser levada em consideração. Quanto ao uso de diferentes *laptops*, é importante destacar que pesquisas anteriores não encontraram diferenças significativas entre os diferentes tipos de monitores na avaliação de alterações sutis do contraste radiográfico e na detecção de lesões de cárie (Lima et al., 2019; Lima et al., 2020). As metodologias desenvolvidas pelos estudos das avaliações subjetivas, permitiram que os observadores ajustassem o brilho e o contraste das imagens radiográficas para simular um cenário clínico. Ainda, para evitar a evidência das lesões demarcadas, a simulação da reabsorção radicular externa foi realizada por métodos químicos, enquanto a simulação da reabsorção radicular interna combinou abordagens químicas e mecânicas, conforme previamente descritas em estudos anteriores (Kamburoğlu et al., 2008; da Silveira et al., 2014; Sousa Melo et al., 2017). Por serem estudos *ex-vivo*, foi possível alcançar uma padronização e controle mais rigoroso dos fatores que poderiam influenciar a acurácia diagnóstica. No entanto, a ausência de aspectos clínicos dos pacientes, como alterações no espaço do ligamento periodontal, sintomas dolorosos ou descolorações dentárias, é uma limitação a ser considerada, mas que não invalida os resultados encontrados.

Outro ponto a ser levado em consideração é a resolução de contraste, que é a capacidade de distinguir diferentes densidades em uma imagem radiográfica. Nos estudos das avaliações subjetivas no diagnóstico das reabsorções radiculares (externa e interna) e fraturas radiculares verticais, foram usadas resoluções de contraste de 12 bits e 8 bits, como consequência do uso de sensores diretos e de placa de fósforo fotoestimável, respectivamente. Em teoria, uma maior profundidade de bits permite uma melhor representação gráfica da imagem, devido à maior gama de tons de cinza disponíveis. Embora, teoricamente, maiores profundidades de bits permitam uma melhor representação de estruturas com discretas diferenças em sua composição e aspectos físicos, os resultados de estudos anteriores foram contraditórios. Heo et al., 2009 descobriram que as imagens de 12 bits eram superiores às imagens de 8 bits na detecção de sutis contrastes radiográficos, corroborando com as nossas descobertas. Por outro lado,

Wenzel et al., 2007 mostraram que a detecção de pequenas lesões de cárie não foi aparentemente diferente entre as imagens de 8, 12 e 16 bits. Apesar disso, os autores acreditam que a avaliação mais importante dos estudos apresentados, que foi a comparação entre diferentes formatos de arquivo de imagem na detecção de reabsorções radiculares (externa e interna) e fraturas radiculares verticais, não foi afetada pela profundidade de bits, independentemente do sistema digital empregado.

Conforme revelado por seu nome, o formato de arquivo DICOM foi desenvolvido para padronizar a visualização e interpretação da imagem digital e a comunicação e transmissão na área da medicina (Burgess, 2015). Ao considerar os dois primeiros estudos no presente trabalho, baseados em imagens radiográficas periapicais, o formato de arquivo DICOM não foi incluído como um grupo experimental devido à sua exigência por softwares específicos para ser acessado, visualizado e transmitido, o que não é tão conveniente como nos quatro formatos de arquivo avaliados (TIFF, BMP, PNG e JPEG). Como não foi observada diferença significativa entre os formatos de arquivo de imagem e a acurácia diagnóstica, os autores acreditavam firmemente que o formato de arquivo DICOM também não apresentaria diferença. Uma das principais vantagens do uso de imagens com maior nível de compressão é o armazenamento digital facilitado e a transmissão on-line. Assim, tais benefícios associados aos nossos achados justificam a propensão pelo formato de arquivo JPEG. Contudo, o terceiro estudo, baseado na análise objetiva dos parâmetros de qualidade da imagem digital (ruído, brilho e uniformidade da imagem) em radiografias periapicais adquiridas por dois sistemas digitais e nos diferentes formatos de arquivo de imagem (TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG), apresentou um resultado inédito em relação aos encontrados na literatura. O formato de arquivo de imagem DICOM apresentou ruído de imagem significativamente menor, maior brilho e maior uniformidade de imagem em comparação aos outros formatos de arquivo (TIFF, BMP, PNG e JPEG), que não diferiram entre si, independentemente do sistema de radiografia digital investigado. Essa resposta entra em relativa contradição a conclusões anteriores apresentadas, no que se refere a não influência significativa dos diferentes formatos de arquivo de imagem na acurácia diagnóstica das diversas tarefas na área da odontologia (Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2011; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021). No entanto, é importante observar que essas avaliações não incluíram o formato de

arquivo de imagem DICOM, o que ressalta a necessidade de inserir esse formato de arquivo de imagem em estudos futuros com enfoque nas diferentes tarefas de diagnóstico.

Com relação aos dois sistemas radiográficos digitais testados, o sistema Express apresentou menores valores no ruído da imagem, maior brilho e maior uniformidade, o que resulta em imagens com valores de pixel mais uniforme e de menor densidade do que as do sistema Digora Toto. Esse achado está de acordo com o estudo de Farias Gomes et al. (2019), que realizaram uma análise objetiva de imagens radiográficas obtidas após a adição de uma lâmina de chumbo a esses dois sistemas radiográficos digitais. Da mesma forma, foi levantada a hipótese de que o Digora Toto (sensor CMOS) produziria uma quantidade mais significativa de radiação secundária devido ao maior número de componentes eletrônicos e maior espessura física do que o sistema Express (PSP). Outro fator que pode estar associado a esse resultado é a relação sinal-ruído, que representa o quanto o ruído prejudica a informação contida em uma imagem, e quanto maior o seu valor, menor a influência prejudicial causada pelo ruído. Porém, no sistema Digora Toto esse valor foi menor, o que pode explicar a maior sensibilidade radiográfica e o ruído nesse sistema. Devido à diferença no tempo de exposição recomendado por cada fabricante, o Digora Toto usou um tempo mais curto (0.18 s) para a aquisição das imagens radiográficas, o que corresponde a uma relação sinal-ruído mais baixa do que o sistema Express, e pode ter impacto na qualidade da imagem. Uma análise objetiva anterior comprovou que tempos de exposição mais longos produzem imagens com brilho significativamente menor ao utilizar sistemas radiográficos digitais intraorais, incluindo os sistemas Express e Digora Toto (Marinho-Vieira et al., 2022). Outro fator que pode justificar a diferença estatisticamente significativa observada entre os sistemas radiográficos digitais testados é a diferente resolução espacial. O sistema Digora Toto gerou imagens com resolução de 668 dpi, independentemente do formato de arquivo analisado. Em contrapartida, o sistema Express produziu imagens com resolução de 726 dpi. Consequentemente, a maior resolução espacial observada no sistema Express pode explicar os parâmetros de qualidade de imagem superiores identificados nesta pesquisa para esse sistema digital. Isso é evidenciado pela menor presença de ruído, maior brilho e melhor uniformidade das imagens. É relevante enfatizar que os autores optaram por seguir as indicações de tempo de exposição de acordo com o fabricante. Essa decisão foi adotada levando em consideração as distintas sensibilidades dos receptores, buscando manter as condições o mais fiel possível à prática clínica.

O sistema Digora Toto apresentou menor brilho devido aos menores valores de média dos tons de cinza obtidos pela avaliação de uma ampla área central das imagens radiográficas para todos os formatos de arquivo de imagem, exceto para o formato DICOM. Em vista às conclusões positivas apresentadas pelo formato de arquivo de imagem DICOM, outro aspecto a ser considerado está relacionado ao seu tamanho. Com o seu tamanho intermediário, em média 1.445 kB para o Express e 1.277 kB para o Digora Toto, menor que os formatos de arquivo TIFF (2.985 kB para o Express e 1.907 kB para o Digora Toto) e BMP (2.890 kB para o Express e 1.900 kB para o Digora Toto), reforça sua ótima relação custo-benefício para transmissão on-line e armazenamento digital na prática clínica. Mesmo com uma taxa de compressão de 1:1,5, o formato de arquivo DICOM apresentou parâmetros de qualidade de imagem melhores do que outros formatos de arquivo com menores taxas de compressão. A hipótese é que o formato DICOM não é suscetível aos fatores de pós-processamento relativos à visualização da imagem, como a resolução do dispositivo de exibição e a configuração originária do software visualizador de imagens (Burgess, 2015). Portanto, se considerado apenas os resultados obtidos no terceiro estudo, a recomendação de aplicar o formato de arquivo DICOM para visualizar e interpretar imagens radiográficas pode ser considerada válida. Além disso, a menor presença de ruído na imagem, a maior uniformidade e a ausência de discrepâncias entre os sistemas radiográficos digitais em relação ao brilho indicam que o formato DICOM parece ter influenciado positivamente o brilho radiográfico, independentemente do sistema utilizado.

Em consequência aos avanços tecnológicos, a transmissão e a interpretação on-line de imagens radiográficas usando dispositivos portáteis (por exemplo, smartphones e tablets) têm-se tornado cada vez mais comuns na rotina clínica (Petruzzi et al., 2016; Rosado et al., 2020; Raja et al., 2022). Embora nossos resultados indiquem que o formato de arquivo DICOM apresente, objetivamente, melhor qualidade de imagem do que os outros formatos de arquivo testados, a aplicação em dispositivos portáteis ainda se apresenta como um desafio. O arquivo DICOM não é reconhecido pelo sistema gráfico desses dispositivos para visualização imediata da imagem. Dessa forma, é necessário carregar a imagem DICOM em um software alternativo para permitir a visualização adequada, o que dificulta o processo prático de análise radiográfica nesses dispositivos (NEMA, 2014). Por outro lado, a visualização direta de imagens radiográficas em formato de arquivo JPEG é possível em aparelhos portáteis, devido ao seu reconhecimento pelos

sistemas gráficos desses dispositivos, tamanho de arquivo menor e transmissão rápida (Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021). O estudo de Madlum et al., 2021 comprovou que a transmissão on-line de imagens radiográficas em formato JPEG não prejudicou o diagnóstico de lesões de cárie, mas o formato de arquivo DICOM não foi incluído nessa pesquisa. Assim, recomendam-se estudos futuros que investiguem se o formato de arquivo DICOM melhora subjetivamente a avaliação de diferentes tarefas de diagnóstico em comparação aos outros formatos de arquivo de imagem amplamente utilizados (TIFF, BMP, PNG e JPEG). Apesar desse estudo ter um fator limitante acerca de sua natureza em ser *in vitro*, o resultado de que há uma diferença nos parâmetros de qualidade da imagem radiográfica em diferentes formatos de arquivo para ambos os sistemas digitais avaliados pode ser usado como referência para futuros estudos de diagnóstico para verificar o real impacto desse achado na prática clínica. Esse esclarecimento será útil para orientar os radiologistas orais e clínicos ao tomarem decisões sobre a escolha do formato de qualidade de imagem e do sistema digital mais adequado para a transmissão dos exames radiográficos.

Com o propósito de descrever a influência dos formatos de arquivos de imagem nas tarefas de diagnóstico na área da odontologia, por meio da avaliação de imagens radiográficas intraorais, foi realizada uma revisão de escopo, em consequência de os estudos já publicados na literatura apresentarem resultados divergentes. Uma revisão de escopo tem como finalidade explorar, avaliar e mapear a literatura, além de sumarizar as informações coletadas para estabelecer um consenso ao pretexto do estudo. Para a revisão de escopo, foram incluídos 18 estudos e, na maioria deles, os diferentes formatos de arquivo de imagem não influenciaram a acurácia do diagnóstico nas diversas tarefas de diagnóstico odontológico. Mais de 70% dos estudos incluídos apresentaram um score geral de "baixo risco de viés", ou seja, demonstraram uma alta confiabilidade. O primeiro estudo que investigou a influência dos formatos de arquivo de imagem em uma tarefa de diagnóstico odontológico foi publicado em 1996. O estudo avaliou diferentes taxas de compressão do formato de arquivo JPEG na avaliação de lesões de cárie (Wenzel et al., 1996). A partir dessa primeira publicação, vários estudos que investigaram a influência de diferentes formatos de arquivo de imagem em tarefas de diagnóstico odontológico foram publicados (Wenzel et al., 1996; Janhom et al., 1999; Janhom et al., 2000; Eraso et al., 2002; Janhom et al., 2002; Mahl et al., 2003; Pabla et al., 2003; Kim et al., 2004; Koenig et al., 2004; Bissol et al., 2006; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007;

Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2008; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022).

Todos esses estudos foram essenciais para compreender as diversas opções de exportação das imagens radiográficas e para explorar sua utilização em vários formatos de arquivo de imagem que permitem a redução do tamanho, como o formato JPEG, sem comprometer a qualidade radiográfica e a acurácia diagnóstica (Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022). Uma consequência positiva e relevante para as clínicas de radiologia odontológica, ao considerar as diferentes realidades socioeconômicas inerentes à essas unidades, é evitar o desperdício de espaço virtual e permitir a transferência de arquivos de forma mais ágil entre as clínicas e os profissionais (Wenzel et al., 2010; Madlum et al., 2021). Todos os estudos incluídos avaliaram o formato de arquivo JPEG. A motivação para estudar esse formato pode estar relacionada ao seu menor tamanho e maior taxa de compressão em comparação aos formatos de arquivo TIFF, PNG, DICOM e BMP. Os estudos levantaram a hipótese de que a acurácia diagnóstica poderia ser afetada negativamente devido ao menor tamanho e, conseqüentemente, maior taxa de compressão, das imagens radiográficas em formato JPEG. Em desacordo com essa hipótese, a maioria dos estudos mostrou que, independentemente do formato de arquivo de imagem escolhido e do diagnóstico avaliado, a acurácia não foi afetada. Dessa forma, os profissionais clínicos podem utilizar o menor tamanho de arquivo, ao considerar a necessidade de reduzir o espaço virtual e a facilidade de transmissão dos arquivos entre os profissionais (Pabla et al., 2003; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2008; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022). Além dos formatos de arquivo mencionados acima, três estudos avaliaram um formato de arquivo específico denominado JPEG2000 ou formato Wavelet (Janhom et al., 2002; Kim et al., 2004; Schulze et al., 2008). Embora esse formato de arquivo tenha sido investigado anteriormente por estudos publicados de 2002 a 2008, seu uso atual é incomum, pois é suportado apenas por alguns sistemas radiográficos descontinuados, além do baixo alcance global em comparação com o formato de arquivo JPEG (Allen et al., 2007).

Nenhum dos estudos incluídos na presente revisão de escopo testou o formato de arquivo DICOM. O formato de arquivo DICOM foi desenvolvido para padronizar a

imagem digital e a comunicação na área da medicina. Vários países, especialmente os da América do Norte e da Europa, já usam esse formato de arquivo para a transmissão de imagens bidimensionais e tridimensionais (Burgess, 2015). Entretanto, diferentemente das imagens tridimensionais, o formato de arquivo DICOM para imagens radiográficas não é reconhecido pelo próprio sistema gráfico desses aparelhos para visualização imediata da imagem. Para visualizar uma imagem radiográfica em formato DICOM, é necessário exportar essa imagem para um software visualizador específico, o que dificulta o processo de avaliação e transmissão das imagens radiográficas em comparação aos demais formatos de arquivo utilizados na prática clínica. A necessidade de um software visualizador intermediário pode explicar o porquê de os estudos incluídos não investigarem o formato de arquivo DICOM para avaliação radiográfica nas tarefas de diagnóstico odontológico. No processo de seleção foram encontrados alguns estudos que utilizaram o formato DICOM. No entanto, esses trabalhos não foram incluídos devido à certas características específicas: trabalhos de revisão de literatura, como o estudo de Burgess (2015); estudos focados em imagens de uma área diferente do corpo – fraturas de fêmur, como o estudo de Botser et al. (2009); estudos que não realizaram comparações com outros formatos de arquivo de imagem, concentrando-se apenas na visualização das imagens DICOM, sem considerar o impacto do formato em si na acurácia do diagnóstico, como os trabalhos de Gakenheimer et al. (2005) e Kallio-Pulkkinen et al. (2015); e estudos que não aplicaram o formato de arquivo DICOM em uma tarefa de diagnóstico odontológico, como os estudos de Kallio-Pulkkinen et al. (2016) e D'Addazio et al. (2022). Dessa forma, é recomendável realizar estudos futuros para avaliar o desempenho do formato de arquivo DICOM, em avaliações subjetivas, nas diferentes tarefas de diagnóstico odontológico.

Outra propriedade considerável acerca dos formatos de arquivo de imagem na acurácia diagnóstica é a taxa ou nível de compressão dos arquivos. Dos 18 estudos incluídos, oito estudos (Wenzel et al., 1996; Janhom et al., 1999; Janhom et al., 2000; Eraso et al., 2002; Mahl et al., 2003; Kim et al., 2004; Koenig et al., 2004; Bissol et al., 2006) mostraram uma influência significativa dos formatos de arquivo na acurácia do diagnóstico. Por outro lado, dez estudos (Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2008; Noujeim et al., 2012; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022) não apresentaram efeito significativo dos formatos de arquivo nas tarefas de diagnóstico

avaliadas. As taxas de compressão variaram de 1:1 a 1:47 entre os estudos que mostraram um impacto significativo dos diferentes formatos de arquivo de imagem, e de 1:1 a 1:26 nos estudos em que não foi evidenciada uma influência significativa dos formatos de arquivo nas tarefas de diagnóstico odontológico. A maioria dos estudos que evidenciaram uma influência significativa do formato de arquivo de imagem na acurácia diagnóstica utilizou o formato JPEG com taxas de compressão mais elevadas. Clinicamente, essa aplicação não se torna viável, devido à considerável perda de informações gráficas da imagem, o que compromete o processo diagnóstico. Todos os estudos que não mostraram diferença significativa usaram uma taxa de compactação de até no máximo 1:26, um valor aceitável que não compromete a qualidade da imagem radiográfica e, por conseguinte, não afeta negativamente o processo diagnóstico. Os sistemas radiográficos contemporâneos suportam essa taxa de compressão, o que permite a exportação em formato JPEG sem afetar o espaço de armazenamento do equipamento, além de facilitar a transmissão dos exames radiográficos entre os profissionais (Wenzel et al., 1996; Loose et al., 2009).

Com relação ao risco de viés dos estudos incluídos, quase 70% dos estudos foram classificados como "baixo risco" em referência aos quatro domínios de avaliação (seleção da amostra, teste índice, padrão de referência e fluxo e tempo). Para a seleção da amostra (domínio 1), três estudos apresentaram "algumas preocupações" (Bissol et al., 2006; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007) e apenas um estudo apresentou "alto risco de viés" (Mahl et al., 2003). A seleção e randomização da amostra descrita pelos outros estudos incluídos apresentaram uma padronização apropriada e nenhuma exclusão inadequada das imagens radiográficas da amostra, o que justifica o escore de "baixo risco de viés" atribuído. Os estudos que apresentaram alguns problemas com relação ao risco de viés se basearam em imagens radiográficas convencionais digitalizadas e/ou na técnica de subtração radiográfica, além de não esclareceram no texto como a amostra foi selecionada e randomizada (Mahl et al., 2003; Bissol et al., 2006; Gegler et al., 2006; Fontanella et al., 2007). Os estudos de Mahl et al. (2003) e Bissol et al. (2006) realizaram exclusões inadequadas da amostra de imagens radiográficas sem justificar por que isso foi feito. Em relação aos domínios do teste índice e padrão de referência (domínios 2 e 3), dois estudos apresentaram um "alto risco de viés" (Mahl et al., 2003; Bissol et al., 2006) por não apresentarem o padrão de referência adotado para avaliar adequadamente a acurácia diagnóstica da avaliação radiográfica das tarefas diagnósticas investigadas.

Além disso, três estudos apresentaram um nível intermediário de risco de viés devido à descrição pouco clara do padrão de referência adotado e/ou a um número menor de examinadores empregados para avaliar as imagens radiográficas (Janhom et al., 2000; Janhom et al., 2002; Noujeim et al., 2012). Os estudos baseados em avaliações de diagnóstico precisam estabelecer seu padrão de referência para comparar as respostas dos examinadores com as do padrão de referência. Uma menor quantidade de avaliadores pode afetar negativamente os resultados dos estudos, uma vez que o poder de análise dos testes estatísticos é reduzido. Por fim, para o fluxo e o tempo (domínio 4), quatro estudos apresentaram "algumas preocupações" (Janhom et al., 2000; Janhom et al., 2002; Mahl et al., 2003; Noujeim et al., 2012), e apenas um apresentou "alto risco de viés" (Bissol et al., 2006) por não fornecer informações suficientes para esclarecer se todas as imagens adquiridas foram avaliadas e se houve um intervalo de tempo entre as avaliações para avaliar a reprodutibilidade das análises realizadas.

O escore geral mais comum observado nos estudos incluídos foi o de "baixo risco de viés" (11 estudos dos 18 estudos incluídos) (Wenzel et al., 1996; Eraso et al., 2002; Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Kim et al., 2004; Koenig et al., 2004; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2008; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022). Esse desfecho possui relevância clínica considerável, diante às evidências científicas padronizadas, precisas e confiáveis. Dos onze trabalhos que apresentam o score "baixo risco de viés", sete estudos não encontraram influência significativa dos formatos de arquivo de imagem no desempenho diagnóstico por meio das imagens radiográficas (Janhom et al., 2002; Pabla et al., 2003; Schulze et al., 2008; Xavier et al., 2008; Madlum et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2021; Miranda-Viana et al., 2022). É importante reforçar que os quatro estudos que encontraram um efeito significativo utilizaram taxas de compressão excessivamente elevadas, as quais não têm aplicabilidade clínica viável (Wenzel et al., 1996; Eraso et al., 2002; Kim et al., 2004; Koenig et al., 2004). Os resultados da presente revisão de escopo sustentam que qualquer formato de arquivo é aplicável ao diagnóstico radiográfico, nas diferentes tarefas odontológicas, como lesões de cárie, reabsorções radiculares, fraturas radiculares, doença periodontal e lesões periapicais. Ao considerar esse aspecto, é apropriado sugerir aos profissionais que enfrentam dificuldades com o espaço de armazenamento digital de imagens radiográficas, considerarem a utilização do formato de arquivo JPEG. Esse formato apresenta o menor tamanho de arquivo e, embora possua uma taxa de compressão

mais alta em comparação com outros formatos de imagem, não compromete a acurácia diagnóstica. Embora o uso desse formato seja recomendado, o processo de compressão inerente a esse tipo de arquivo não deve ser exagerado para não prejudicar a acurácia do diagnóstico. Além disso, antes de qualquer aplicação clínica, as regulamentações locais devem ser consideradas. É apropriado enfatizar que há uma falta de conhecimento sobre a interferência dos arquivos DICOM na acurácia diagnóstica das diferentes tarefas de diagnóstico na área da odontologia, em comparação aos outros formatos de arquivo de imagem (TIFF, BMP, PNG e JPEG). Dessa forma, estudos futuros são encorajados a investigar a influência do formato de arquivo DICOM na avaliação diagnóstica subjetiva na área da odontologia, em comparação aos demais formatos de arquivo de imagem.

4. CONCLUSÃO

Com base nas informações assumidas nos estudos desenvolvidos no presente trabalho, o diagnóstico radiográfico das reabsorções radiculares (externa e interna) e das fraturas radiculares verticais não foi afetado pelos diferentes formatos de arquivo de imagem investigados, independentemente do sistema radiográfico digital utilizado. No entanto, objetivamente, o formato de arquivo de imagem DICOM apresentou menor ruído de imagem, maior brilho e maior uniformidade de imagem do que os outros formatos de arquivo (TIFF, BMP, PNG e JPEG), em ambos os sistemas de radiografia digital testados.

Ainda assim, com base na revisão de escopo realizada, as evidências atuais da influência dos formatos de arquivo de imagem no diagnóstico radiográfico odontológico são confiáveis. Qualquer formato de arquivo de imagem pode ser usado, inclusive aqueles que exigem maiores taxas de compressão, sem prejudicar a acurácia do diagnóstico.

REFERÊNCIAS¹

Allen E, Triantaphillidou S, Jacobson RE. Image Quality Comparison Between JPEG and JPEG2000. I. Psychophysical Investigation. *Journal of Imaging Science and Technology*. 2007; 51(3):248–258.

Bissol CF, Takeshita WM, Castilho JC de M, Medici Filho E, de Moraes LC, de Moraes MEL. Evaluation of JPEG compression on the diagnosis of caries in digitalized radiographs. *Rev. Bras. Odontol*. 2006; 63(3):263–266.

Botser IB, Herman A, Nathaniel R, Rappaport D, Chechik A. Digital image enhancement improves diagnosis of nondisplaced proximal femur fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467(1):246-53.

Burgess J. Digital DICOM in Dentistry. *Open Dent J*. 2015; 31(9):330-6.

da Silveira PF, Vizzotto MB, Montagner F, da Silveira HL, da Silveira HE. Development of a new in vitro methodology to simulate internal root resorption. *J Endod*. 2014; 40(2):211-6.

D'Addazio G, Xhajanka E, Traini T, Santilli M, Rexhepi I, Murmura G, Caputi S, Sinjari B. Accuracy of DICOM-DICOM vs. DICOM-STL Protocols in Computer-Guided Surgery: A Human Clinical Study. *J Clin Med*. 2022; 11(9):2336.

Digital Imaging and Communication in Medicine. DICOM PS3.14 2014-Greyscale Standard Display Function. NEMA. 2014. Available from: https://dicom.nema.org/medical/dicom/2014b/output/pdf/part14_changes.pdf20.

Eraso FE, Analoui M, Watson AB, Rebeschini R. Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2002; 93(5):621-5.

Erickson BJ. Irreversible compression of medical images. *J Digit Imaging*. 2002; 15(1):5–14.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Farias Gomes A, Nejaim Y, Fontenele RC, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Influence of the incorporation of a lead foil to intraoral digital receptors on the image quality and root fracture diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019; 48(6):20180369.

Fidler A, Likar B, Skaleric U. Lossy JPEG compression: easy to compress, hard to compare. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35(2):67-73.

Fidler A, Skaleric U, Likar B. The effect of image content on detail preservation and file size reduction in lossy compression. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007; 36(7):387-92.

Fontanella VRC, Raab V, Baldissera E, Mahl CRW, Mahl CEW, Wiltgen A. Effect of Image Compression on the Radiographic Diagnosis of External Root Resorptions. *Revista Da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 2007; 48(1):30–32.

Fontenele RC, Nejaim Y, Farias Gomes A, Gaêta-Araujo H, Haiter-Neto F, Freitas DQ. Does the addition of a lead foil to digital radiographic receptors influence image contrast and approximal caries lesions diagnosis? *Dentomaxillofac Radiol.* 2020; 49(4):20190384.

Gakenheimer DC, Farman TT, Farman AG, Benjamin SD, Huysing PDA, Chang HJC, Liao MYT, Tu HPY. Advancements in automated dental caries detection using DICOM image files. *International Congress Series* 2005; 1281(1):1250-1255.

Gegler A, Mahl C, Fontanella V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35(1):10-3.

Hellén-Halme K, Johansson C, Nilsson M. Comparison of the performance of intraoral X-ray sensors using objective image quality assessment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2016; 121(5):e129-37.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Heo MS, Choi DH, Benavides E, Huh KH, Yi WJ, Lee SS, Choi SC. Effect of bit depth and kVp of digital radiography for detection of subtle differences. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 108(2):278-83.

Janhom A, van der Stelt PF, Sanderink GC. A comparison of two compression algorithms and the detection of caries. *Dentomaxillofac Radiol*. 2002; 31(4):257-63.

Janhom A, van der Stelt PF, van Ginkel FC, Geraets WG. Effect of noise on the compressibility and diagnostic accuracy for caries detection of digital bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 1999; 28(1):6-12.

Janhom A, van der Stelt PF, van Ginkel FC. Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000; 29(1): 20-7.

Kallio-Pulkinen S, Haapea M, Liukkonen E, Huuonen S, Tervonen O, Nieminen MT. Comparison between DICOM-calibrated and uncalibrated consumer grade and 6-MP displays under different lighting conditions in panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015; 44(5):20140365.

Kallio-Pulkinen S, Huuonen S, Haapea M, Liukkonen E, Sipola A, Tervonen O, Nieminen MT. Effect of display type, DICOM calibration and room illuminance in bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2016; 45(1):20150129.

Kamburoğlu K, Tsesis I, Kfir A, Kaffe I. Diagnosis of artificially induced external root resorption using conventional intraoral film radiography, CCD, and PSP: an ex vivo study. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2008; 106(6):885–91.

Kim E. Comparison of JPEG and wavelet compression on intraoral digital radiographic images. *Korean Journal of Oral and Maxillofacial Radiology* 2004; 34:117–122.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Koenig L, Parks E, Analoui M, Eckert G. The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004; 33(1):37-43.

Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33(1):159-74.

Lima CAS, Freitas DQ, Ambrosano GMB, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of interpretation conditions on the subjective differentiation of radiographic contrast of images obtained with a digital intraoral system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019; 127(5):444-450.

Lima CAS, Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Oliveira-Santos C, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Is the digital radiographic detection of approximal caries lesions influenced by viewing conditions? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2020; 129(2):165-170.

Loose R, Braunschweig R, Kotter E, Mildemberger P, Simmler R, Wucherer M. Kompression digitaler Bilddaten in der Radiologie - Ergebnisse einer Konsensuskonferenz [Compression of digital images in radiology - results of a consensus conference]. *Rofo*. 2009; 181(1):32-7.

Madlum DV, Gaêta-Araujo H, Brasil DM, Lima CAS, Oliveira ML, Haiter-Neto F. Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2021; 132(4):448-455.

Mahl CEW, Gegler A, Braga CPA, L. Machado LX, Fontanella V. Effects of JPEG Compression in Quantitative Digital Radiographic Subtraction of Simulated Bone Loss., *Revista Da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre* 2003; 44(2):31–33.

Marinho-Vieira LE, Martins LAC, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira, ML. Revisiting dynamic range and image enhancement ability of contemporary digital radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2022; 51(4):20210404.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Nascimento EHL, Gaêta-Araujo H, Galvão NS, Moreira-Souza L, Oliveira-Santos C, Freitas DQ. Effect of brightness and contrast variation for detectability of root resorption lesions in digital intraoral radiographs. *Clin Oral Investig*. 2019; 23(8):3379–86.

Nejaim Y, Gomes AF, Silva EJ, Groppo FC, Haiter Neto F. The influence of number of line pairs in digital intra-oral radiography on the detection accuracy of horizontal root fractures. *Dent Traumatol*. 2016; 32(3): 180-184.

Noujeim M, Geha H, Shintaku W, Bechara B, Kashi KA. Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture. *Dent Traumatol*. 2012; 28(3):233-7.

Pabla T, Ludlow JB, Tyndall DA, Platin E, Abreu M Jr. Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix photostimulable phosphor images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2003; 32(1):45-9.

Persons K, Palisson P, Manduca A, Erickson BJ, Savcenko V. An Analytical Look at the Effects of Compression on Medical Images. *J Digit Imaging*. 1997; 10(1):60–6.

Peters MD, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc*. 2015; 3(3):141-6.

Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil H. Chapter 11: Scoping Reviews (2020 version). In: Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBIManual for Evidence Synthesis*, JBI, 2020.

Petruzzi M, De Benedittis M. WhatsApp: a telemedicine platform for facilitating remote oral medicine consultation and improving clinical examinations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2016; 121(3):248-54.

Raja KP, Pal A, Nayak SU, Pai K, Shenoy R. Teledentistry: a new oral care delivery tool among Indian dental professionals - a questionnaire study. *F1000Res*. 2022; 11:666.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Rosado LP, Crusoé-Rebello I, Oliveira ML, Freitas DQ, Neves FS. Dental Teleradiology: A Powerful Strategy to Overcome the Impact of COVID-19. *Academic Radiology*. 2020; 27(10):1492-1493.

Ruiz DC, Gomes AF, Fontenele RC, Haiter Neto F, Freitas DQ, Groppo FC. Could the radiographic image quality be affected by the excessive use of the photostimulable phosphor plate? *Braz Dent J*. 2023; 34(1):39-44.

Schulze RK, Richter A, d'Hoedt B. The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries. ROC analysis. *Caries Res*. 2008; 42(5):334-9.

Sousa Melo SL, Vasconcelos KF, Holton N, Allareddy V, Allareddy V, Tabchoury CPM, Haiter-Neto F, Ruprecht A. Impact of cone-beam computed tomography scan mode on the diagnostic yield of chemically simulated external root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017; 151(6):1073-1082.

Souza-Pinto GN, Santaella GM, Coli AA, Oenning AC, Haiter-Neto F. Analysis of the deterioration of photostimulable phosphor plates. *Dentomaxillofac Radiol*. 2020; 49(6):20190500.

Svenson B, Ståhlacke K, Karlsson R, Fält A. Dentists' use of digital radiographic techniques: Part I - intraoral X-ray: a questionnaire study of Swedish dentists. *Acta Odontol Scand*. 2018; 76(2):111-118.

Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, Moher D, Peters MDJ, Horsley T, Weeks L, Hempel S, Akl EA, Chang C, McGowan J, Stewart L, Hartling L, Aldcroft A, Wilson MG, Garritty C, Lewin S, Godfrey CM, Macdonald MT, Langlois EV, Soares-Weiser K, Moriarty J, Clifford T, Tunçalp Ö, Straus SE. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*. 2018; 169(7):467-473.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Vasconcelos TV, Santaella GM, Nascimento HA, Rovaris K, Ambrosano GM, Freitas DQ. Digital radiographs displayed on different devices: effect on the detection of vertical root fractures. *Int Endod J*. 2016; 49(4):386-92.

Wenzel A, Gotfredsen E, Borg E, Gröndahl HG. Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1996; 81(3):351-5.

Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Influence of spatial resolution and bit depth on detection of small caries lesions with digital receptors. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007; 103(3): 418-22.

Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand*. 2010; 68(2):106-14.

Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, Leeflang MM, Sterne JA, Bossuyt PM; QUADAS-2 Group. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011; 155(8):529-36.

Wiggins RH 3rd, Davidson HC, Harnsberger HR, Lauman JR, Goede PA. Image file formats: past, present, and future. *Radiographics*. 2001; 21(3):789-98.

Xavier CR, Araujo-Pires AC, Poleti ML, Rubira-Bullen IR, Ferreira O Jr, Capellozza AL. Evaluation of proximal caries in images resulting from different modes of radiographic digitalization. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011; 40(6):338-43.

Yoon DC, Mol A, Benn DK, Benavides E. Digital Radiographic Image Processing and Analysis. *Dent Clin North Am*. 2018; 62(3):341-359.

¹ De acordo com as normas da FOP/UNICAMP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors – Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

APÊNDICE 1 - METODOLOGIA DETALHADA

Encontram-se nesta seção os materiais e métodos, utilizados na realização dos estudos da presente tese, descritos sistematicamente. Apesar de serem estudos complementares, suas metodologias são independentes, sendo descritas de forma individualizada para cada artigo.

▪ ARTIGO 1

Aspectos éticos

Este estudo *ex-vivo* foi iniciado após a aprovação do comitê de ética em pesquisa em seres humanos da Faculdade de Odontologia de Piracicaba sob o número de protocolo: – 3.927.375 – em 20, do mês de março, do ano de 2020.

Seleção da Amostra

Após a inspeção clínica e radiográfica, 34 dentes unirradiculares foram selecionados a partir de um banco de dentes: 20 incisivos inferiores (centrais e laterais) – (10 - *grupo controle* e 10 - *grupo experimental*) para a simulação de reabsorção radicular externa (RRE) e 14 pré-molares inferiores para a simulação de reabsorção radicular interna (RRI). Foram considerados como critérios de exclusão dentes com formação incompleta, cárie radicular, reabsorção radicular, trincas e/ou fraturas.

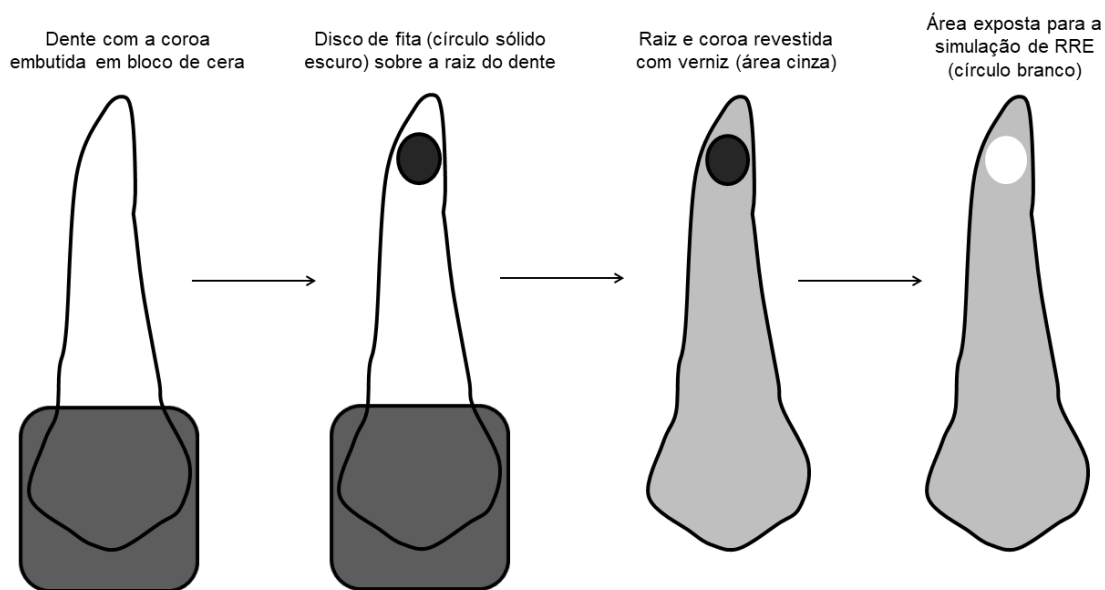
Simulação da Reabsorção Radicular Externa e Reabsorção Radicular Interna

As simulações das RRE e RRI foram baseadas nas metodologias propostas por Sousa Melo et al. (2017) e Da Silveira et al. (2014), respectivamente. Primeiramente, todos os dentes foram submetidos à desinfecção com álcool 70%, raspagem radicular para remover todos os cálculos dentários e restos de tecidos moles, além da imersão em água até o momento do início das simulações.

Para a simulação da RRE, a coroa de 10 dentes hígidos foi colocada em um bloco retangular com cera utilidade para manter o dente em uma posição vertical estável. Em seguida, foram criados discos padronizados de 3mm de diâmetro com o auxílio de um perfurador de dique de borracha a partir de uma fita vinílica colorida. O disco de fita foi colocado sobre a superfície lingual do terço apical da raiz do dente. Um verniz de secagem rápida e resistente a ácido foi aplicado em duas camadas para revestir as raízes. Em

seguida, a cera utilidade foi removida e as coroas dentárias também foram revestidas com duas camadas de verniz. Finalmente, o disco de fita foi removido, expondo a superfície não revestida das raízes que interagiram com a solução desmineralizante (Figura 1.1). A solução química desmineralizante foi preparada utilizando tampão acetato 0,05M, pH 4,8, 1,12 mM cálcio, 0,77 mM fosfato e 0,03 ppm flúor. Os dentes foram mantidos na solução desmineralizante por 21 dias a 37 °C.

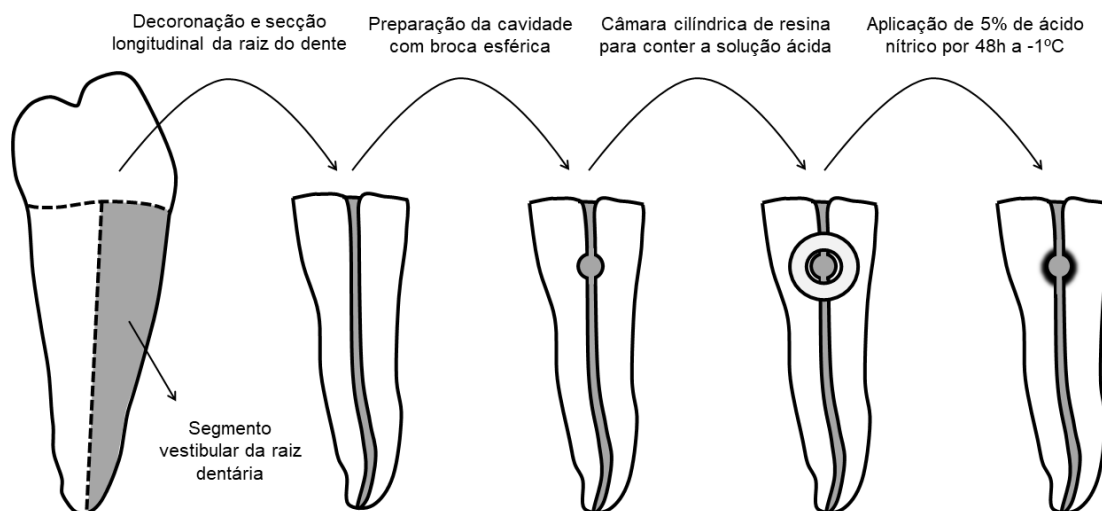
Figura 1.1: Representação ilustrativa e descrição da preparação para a simulação da reabsorção radicular externa (RRE).



Para a simulação da RRI, 14 dentes hígidos foram decoronados e, em seguida, seccionados longitudinalmente em duas metades (vestibular e lingual), utilizando um disco diamantado (Isomet 1000®, Buehler Ltd, Lake Bluff, IL, EUA). Cavidades padronizadas com 0,25 mm de diâmetro e profundidade foram produzidas no terço médio da superfície interna do segmento vestibular do canal radicular utilizando uma broca esférica de carboneto (KG Sorensen, Cotia, Brasil). As demais superfícies do canal radicular não foram envolvidas, a fim de simular uma lesão em estágio inicial, enquanto lesões maiores seriam facilmente diagnosticadas. Portanto, uma câmara cilíndrica em resina composta (Z250; 3M ESPE, St Paul, MN) foi colocada para limitar a aplicação de uma solução de ácido nítrico em uma concentração de 5% para a desmineralização química durante o período de 48 horas. As amostras foram mantidas a -1°C ($\pm$ 3°C) durante todo o período de indução da RRI. Em seguida, a câmara cilíndrica de resina foi removida e os restos das substâncias foram eliminadas com água corrente (Figura 1.2).

Finalmente, as metades dentárias foram fixadas com adesivo cianoacrilato (Scotch Super Cola, 3M, Maplewood, MN, EUA).

Figura 1.2: Representação ilustrativa e descrição da preparação para a simulação da reabsorção radicular interna (RRI).



Aquisições Radiográficas

As imagens radiográficas periapicais digitais foram adquiridas com o sistema Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finlândia), usando um sensor digital do tipo CMOS (semicondutor de óxido metálico complementar), de tamanho 2, com resolução de contraste de 12 bits e resolução espacial de $26,3 \text{ pl.mm}^{-1}$. O aparelho radiográfico utilizado foi o Focus (Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, USA), com os seguintes parâmetros de aquisição: 70 kVp, 7 mA, tempo de exposição de 0,16 s e uma distância foco-receptor padronizada em 30 cm.

Todos os 34 dentes foram inseridos individualmente em um mesmo alvéolo dentário de mandíbulas humanas secas. Em seguida, procedeu-se à aquisição das imagens radiográficas periapicais pela técnica de paralelismo. Os 14 dentes do grupo RRI foram radiografados antes e após a simulação da RRI, com um total de 48 imagens radiográficas.

Exportação das Imagens Radiográficas

As imagens radiográficas adquiridas foram exportadas do software nativo (Scanora, Soredex, Tuusula, Finlândia) em quatro formatos de arquivo diferentes: TIFF, BMP, PNG e JPEG, totalizando 192 radiografias ($4 \text{ formatos} \times (10 \text{ radiografias com RRE})$).

+ 10 radiografias de controle) + 4 formatos $\times$ (14 radiografias com RRI + 14 radiografias de controle). As figuras 1.3 e 1.4 ilustram as RRE e RRI, respectivamente, em radiografias digitais nos quatro formatos de arquivo resultantes.

Para cada tipo de reabsorção radicular (RRE e RRI), todas as imagens foram codificadas e aleatorizadas. A tabela 1.1 mostra o tamanho médio do arquivo de todas as imagens radiográficas digitais de acordo com as condições experimentais do presente estudo. O fator de qualidade das imagens salvas no formato de arquivo JPEG (método de compressão Lossy) era de 85.

Tabela 1.1. Valores de média e desvio padrão dos tamanhos dos arquivos (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão das imagens resultantes das reabsorções radiculares externa e interna.

	Reabsorção Radicular Externa				Reabsorção Radicular Interna			
	Formatos de Arquivo				Formatos de Arquivo			
	TIFF	BMP	PNG	JPEG	TIFF	BMP	PNG	JPEG
Tamanho do arquivo	1907	1900	419	86	1907	1900	384	81
Desvio padrão	0,00	0,00	3,53	1,17	0,00	0,00	11,54	2,80
Percentual de Compressão	-	0	78	95,5	-	0	80	96
Taxa de Compressão*	-	1:1	1:5	1:22	-	1:1	1:5	1:23

*em comparação ao formato de arquivo TIFF

Figura 1.3: Reabsorção radicular externa (seta branca) nos quatro diferentes formatos de arquivo de imagem.

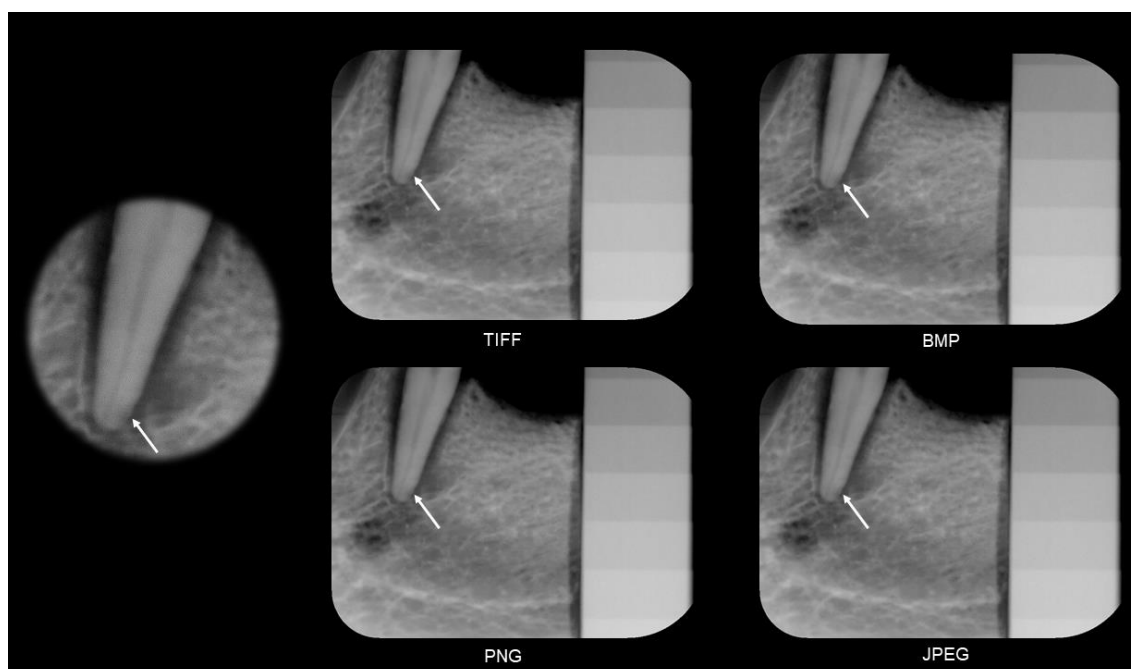
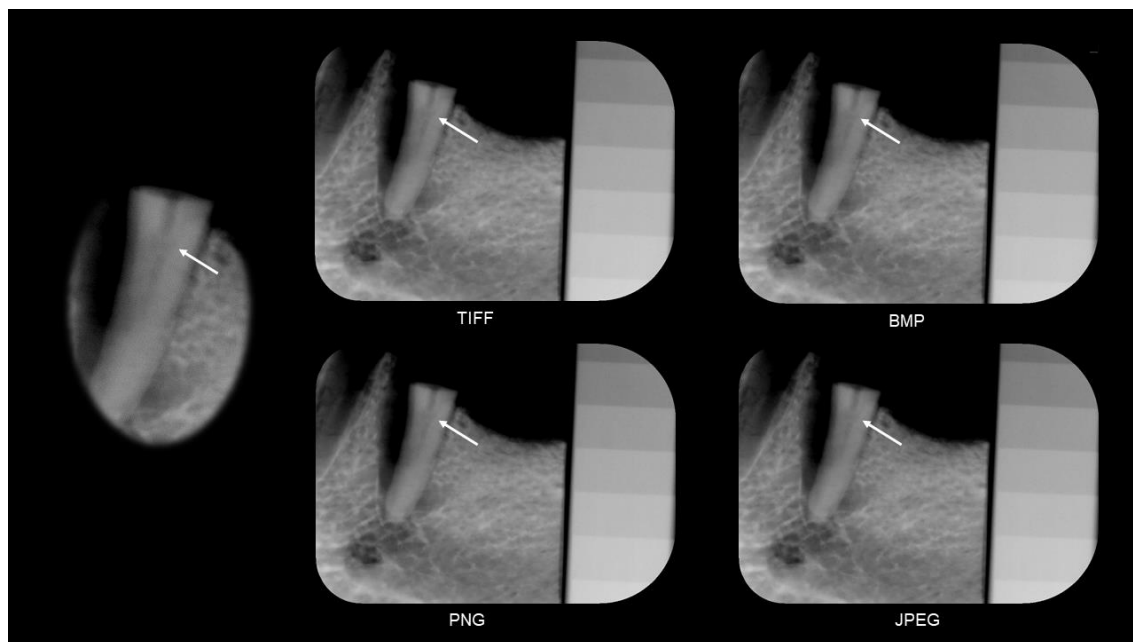


Figura 1.4: Reabsorção radicular interna (seta branca) nos quatro diferentes formatos de arquivo de imagem.



Avaliação das Imagens Radiográficas

Cinco radiologistas orais devidamente treinados e com experiência em diagnóstico clínico avaliaram todas as imagens por meio de um visualizador de imagens – *JPEGView* – no laptop pessoal para simular um cenário real. Todos os laptops tinham uma tela LCD ajustada a altos níveis de luminosidade (brilho). Os examinadores não sabiam qual o formato de arquivo para cada imagem avaliada, aconselhados a trabalhar em um local calmo e com iluminação ambiente reduzida, além de ter sido permitido ajustar o brilho da imagem, o contraste e as configurações de zoom, se necessário. Os examinadores avaliaram a ausência ou a presença de RRE e RRI, separadamente, com base na escala de 5 pontos: (1) definitivamente ausente; (2) provavelmente ausente; (3) incerto; (4) provavelmente presente e (5) definitivamente presente. Com a finalidade de evitar a interferência da fadiga visual dos avaliadores e reduzir o viés de memorização, um máximo de 20 imagens radiográficas poderia ser avaliada por dia. Após 15 dias ao final das avaliações, 25% das imagens de cada grupo experimental foram reavaliadas, sob os mesmos parâmetros, para avaliar o índice de concordância intraexaminador.

Análise Estatística

Os índices de concordância intra e interexaminadores para as pontuações dos avaliadores foram calculados pelo teste Kappa ponderado no software GraphPad Prism 7

(GraphPad Software, La Jolla, Califórnia, EUA) e interpretado como: <0,00, pobre; 0,00-0,20, leve; 0,21-0,40, razoável; 0,41-0,60, moderado; 0,61-0,80, substancial; 0,81-1,00, quase perfeito (Landis e Koch, 1977).

Os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva característica (ROC) foram obtidos para verificar o desempenho dos observadores no diagnóstico de RRE e RRI nos diferentes formatos de arquivo de imagem. O software SPSS versão 22.0 (Statistical Package for the Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) realizou a análise de variância (ANOVA) para comparar os valores de diagnóstico entre os diferentes formatos de arquivo de imagem. O nível de significância foi estabelecido em 5% ($\alpha=0,05$). O teste de poder da análise foi de 80%.

▪ ARTIGO 2

Aspectos éticos

Este estudo *ex-vivo* foi iniciado após a aprovação do comitê de ética em pesquisa em seres humanos da Faculdade de Odontologia de Piracicaba sob o número de protocolo – **4.231.578** – em 24, do mês de agosto, do ano de 2020.

Seleção e preparação da amostra

Inicialmente, foram coletados 40 dentes humanos de uma clínica odontológica privada, os quais haviam sido extraídos devido à presença de doença periodontal, extensas lesões de cárie coronária ou indicação ortodôntica. Em seguida, todos os dentes foram desinfetados em glutaraldeído a 2% e submetidos a avaliação clínica e radiográfica para garantir a ausência de anomalias dentárias, calcificação, tratamento endodôntico, ápice aberto, reabsorções e fraturas radiculares. Após análise, quatro dentes foram excluídos devido à presença de calcificações pulpares e reabsorções radiculares, e dois dentes foram perdidos durante o processo de indução das fraturas radiculares. Portanto, o total da amostra foi reduzido para 34 dentes humanos unirradiculares, incluindo incisivos inferiores, caninos e pré-molares. Essa amostra foi dividida em dois grupos: o grupo controle, composto por 15 dentes sem fratura radicular vertical (FRV), e o grupo experimental, que incluía 19 dentes com FRV. Além disso, todos os dentes foram seccionados ao nível da junção cimento-esmalte para evitar a memorização da

morfologia dentária e o viés relacionado à identificação de fraturas coronárias durante a avaliação.

As fraturas radiculares verticais (FRVs) foram induzidas em cada uma das 19 raízes (grupo experimental), baseada em uma metodologia previamente estabelecida (Vasconcelos et al., 2016), utilizando uma máquina de teste universal (INSTRON 4411, Instron Corporation, Canton, MA) a uma velocidade de 1 mm por min^{-1} em direção à raiz do dente, com uma força de 500 N, que foi programada a parar quando a raiz fosse fraturada (Figura 2.1). Os dentes foram inspecionados por visualização direta e aplicada a transiluminação com uma luz LED (Ultralume 5, Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, EUA) para confirmar a presença das FRVs, que estavam localizadas no terço cervical ou médio da raiz (Figura 2.2).

Figura 2.1. Indução das fraturas radiculares verticais na máquina de teste universal. A – Vista frontal. B – Vista superior.

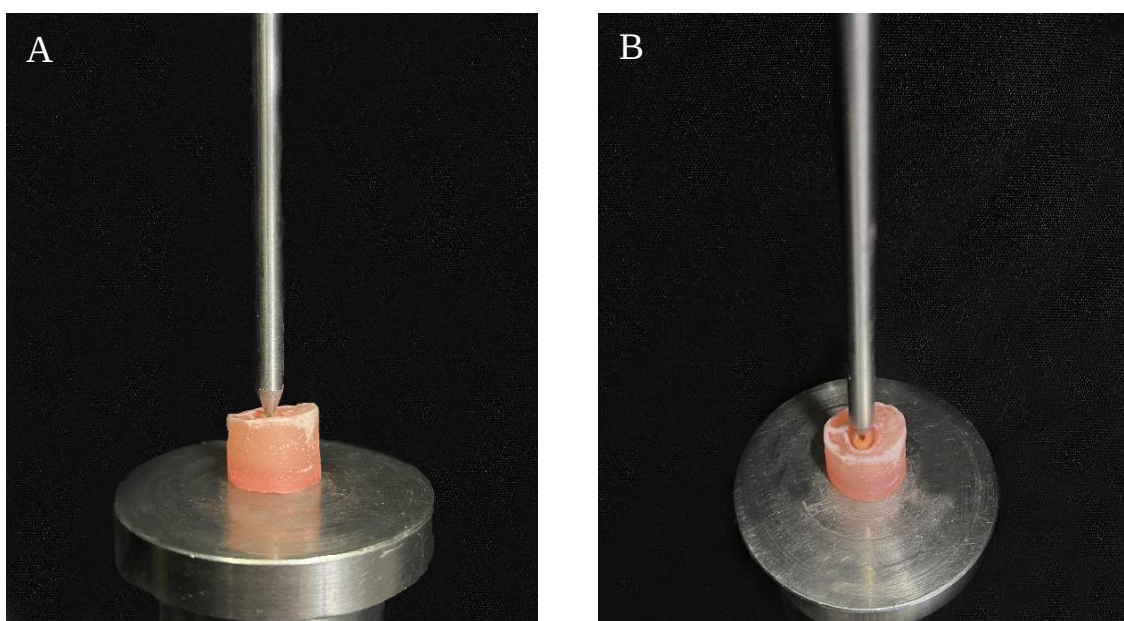


Figura 2.2. Transluminescência com luz LED para a confirmação das fraturas radiculares verticais.

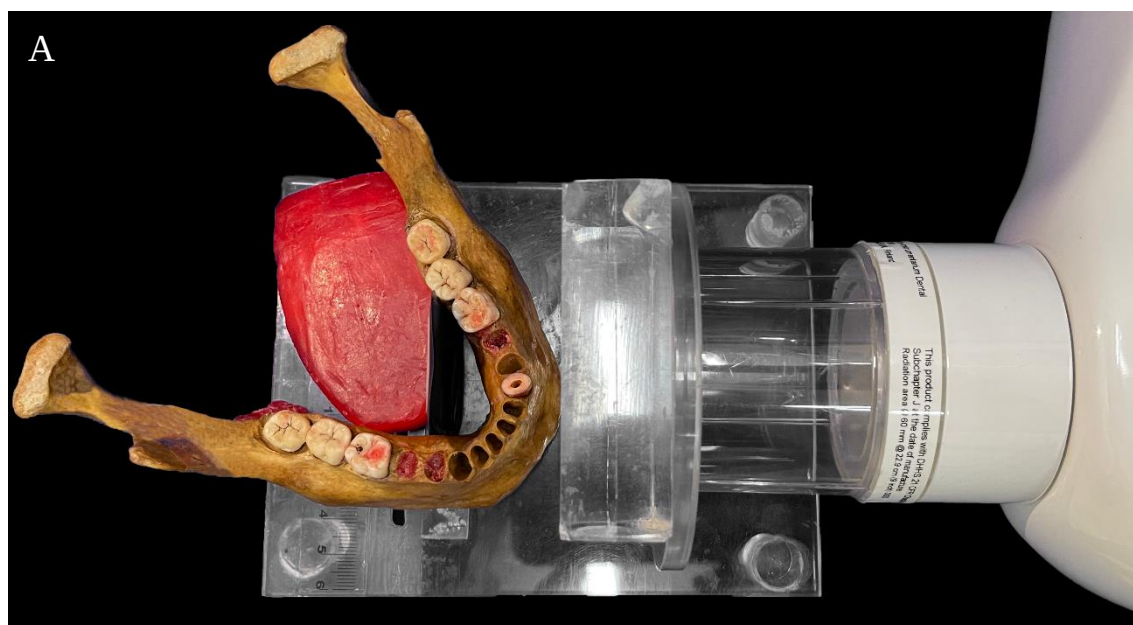


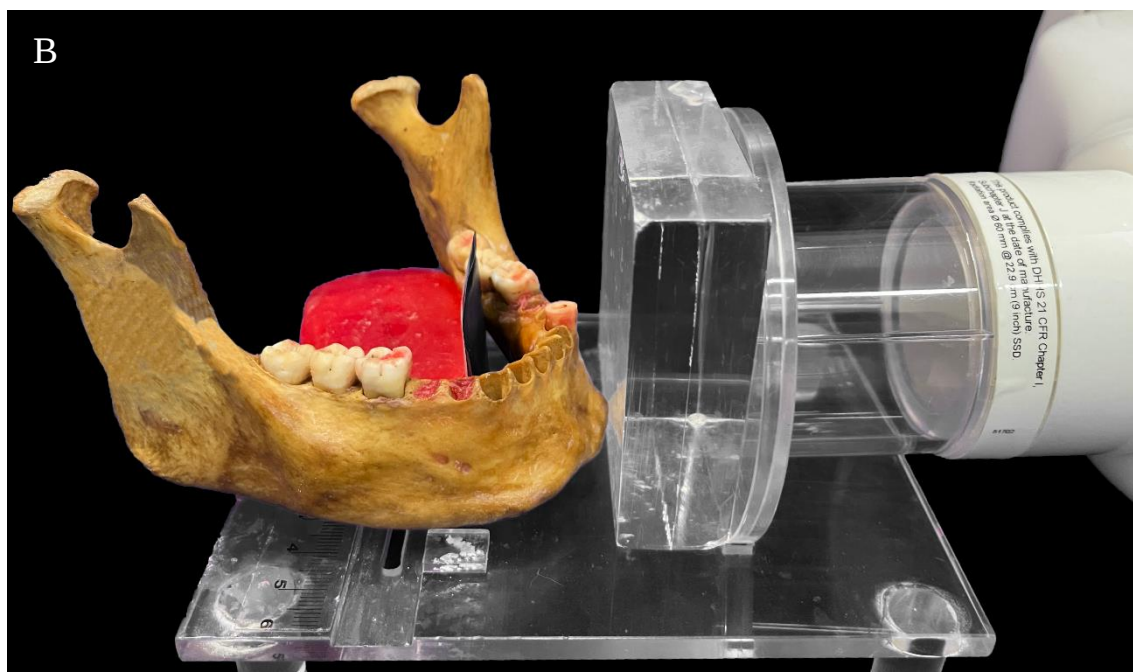
Aquisição e exportação das imagens radiográficas

As raízes foram incluídas individualmente em um mesmo alvéolo dentário, correspondente à região de canino inferior, de uma mandíbula humana seca, para a aquisição e padronização das imagens radiográficas periapicais. A fim de simular um ambiente clínico, uma língua feita de cera utilidade foi colocada atrás do receptor de imagem.

Com o auxílio de um fantoma de acrílico feito sob medida, as imagens radiográficas periapicais foram adquiridas de acordo com a técnica do paralelismo. Este fantoma foi composto por um anel localizador para padronizar a posição do dispositivo indicador de posição do aparelho de raios X (distância foco-receptor padronizada em 30 cm, angulação horizontal de 90° e angulação vertical de 0°). Além disso, o aparelho permitiu manter a distância entre o objeto e o receptor em 1,5 cm. Para reproduzir um cenário clínico e simular a atenuação dos raios X pelos tecidos moles, um bloco de acrílico com 2,5 cm de espessura foi posicionado em frente à cortical óssea vestibular da mandíbula (Figura 2.3).

Figura 2.3. Exemplos das aquisições radiográficas do fantoma de acrílico e o receptor de imagem. A – Vista superior. B – Vista lateral.





As imagens radiográficas periapicais foram adquiridas por meio de dois sistemas radiográficos digitais com tecnologias distintas:

Placa de fósforo fotoestimulável (PSP): Digora Optime (Soredex, Tuusula, Finlândia), tamanho 2, resolução de contraste de 8 bits e resolução espacial de 14,3 pl mm-1.

Sensor digital (CMOS): Digora Toto – Scanora (Soredex, Tuusula, Finland), tamanho 2, resolução de contraste de 12 bits e resolução espacial de 26,3 pl mm-1.

Todas as imagens foram obtidas usando o mesmo equipamento de raios X (Focus™-Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, EUA), sob o mesmo protocolo de aquisição: 60 kVp, 7 mA, tempo de exposição conforme recomendado pelos fabricantes dos receptores (0,3 s para Digora Optime e 0,18 s para Digora Toto), além da distância foco-receptor padronizada em 30 cm.

Após a aquisição radiográfica, as imagens foram exportadas individualmente do software nativo (Scanora, Soredex, Tuusula, Finlândia) para quatro diferentes formatos de arquivo de imagem: TIFF, BMP, PNG e JPEG, com um total de 272 radiografias (34 radiografias × 2 sistemas digitais × 4 formatos de arquivo). A Tabela 2.1 apresenta o tamanho médio de arquivo de cada imagem radiográfica para ambos os sistemas digitais estudados, de acordo com as condições experimentais do presente estudo. Além disso, as figuras 2.4 e 2.5 apresentam as radiografias de uma raiz hígida (grupo controle) e de uma

raiz fraturada (grupo experimental), respectivamente, obtidas com os dois sistemas digitais testados e exportadas para os quatro diferentes formatos de arquivo. O fator de qualidade das imagens salvas no formato de arquivo JPEG (método de compressão Lossy) era de 85.

Tabela 2.1. Valores de média e desvio padrão dos tamanhos dos arquivos (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão de acordo com as imagens resultantes e os diferentes formatos de arquivo avaliados nos dois sistemas digitais testados.

Sistemas Digitais		Formatos de Arquivo			
		TIFF	BMP	PNG	JPEG
	Tamanho (Desvio padrão)	2156 (5,19)	2152 (4,89)	411 (25,90)	106 (8,21)
<i>Digora Optime</i>	Percentual de Compressão ^a	-	0	81	95
	Taxa de Compressão ^a	-	1:1	1:5	1:20
	Tamanho (Desvio padrão)	1907 (0,00)	1900 (0,00)	320 (20,00)	74 (3,60)
<i>Digora Toto</i>	Percentual de Compressão ^a	-	0	83	96
	Taxa de Compressão ^a	-	1:1	1:6	1:26
	Tamanho (Desvio padrão)	1907 (0,00)	1900 (0,00)	320 (20,00)	74 (3,60)

^a em comparação ao formato de arquivo TIFF

Figure 2.4: Imagens radiográficas do grupo controle (sem fratura radicular vertical) nos diferentes formatos de arquivo de imagem e para os dois sistemas digitais testados.

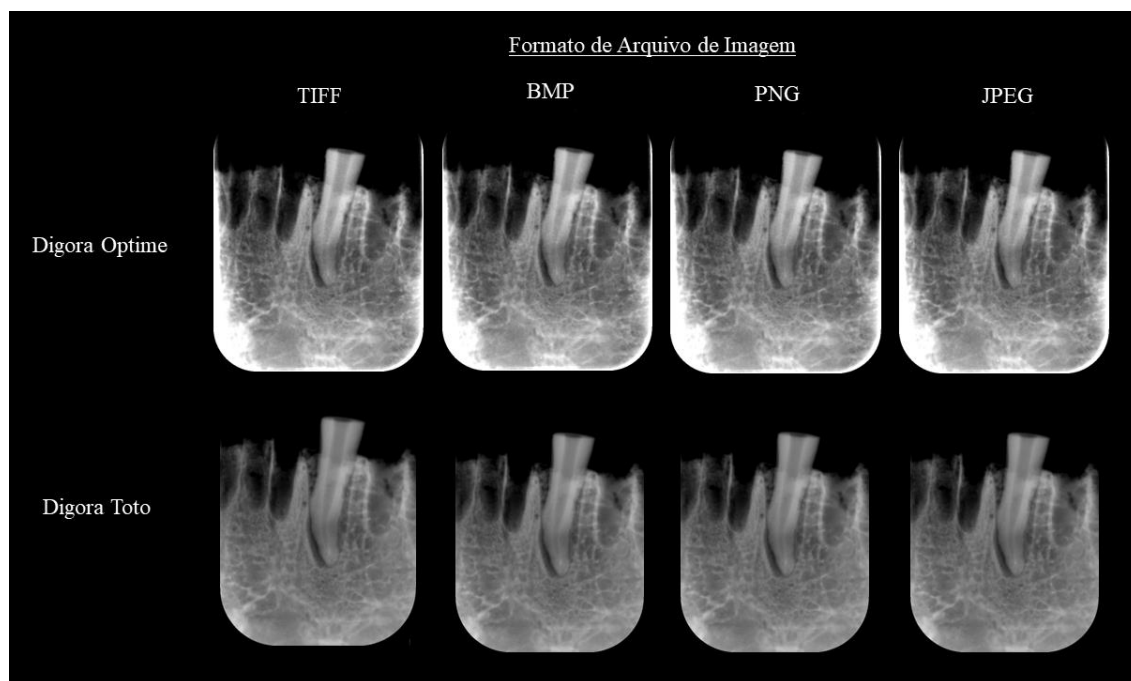
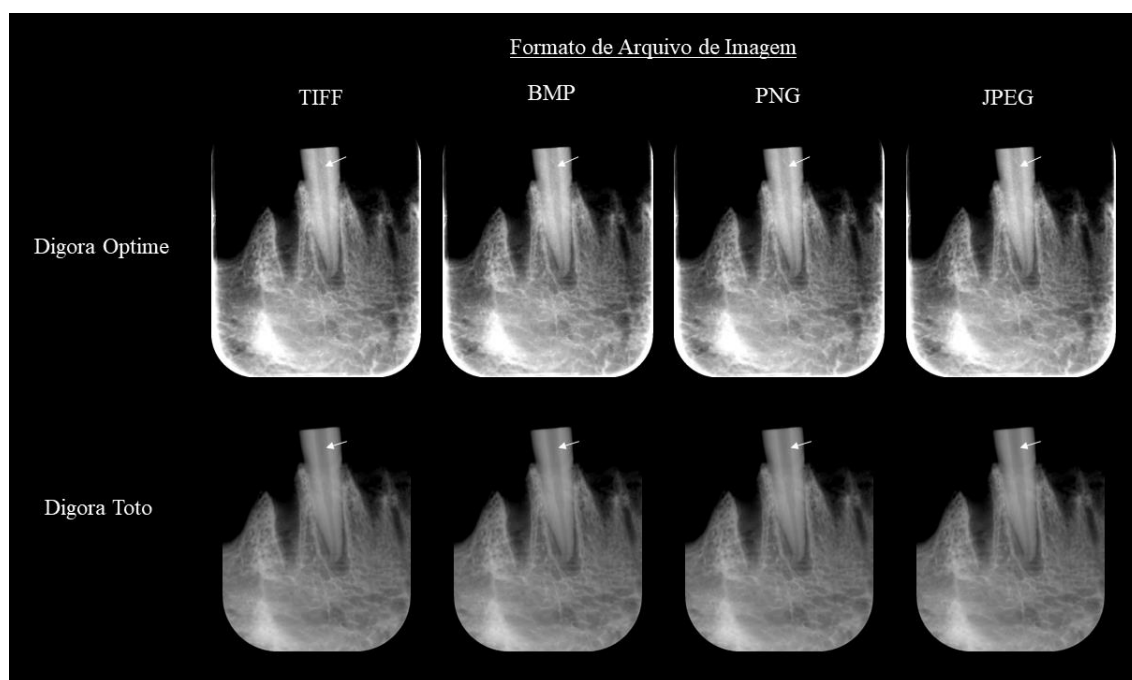


Figure 2.5: Imagens radiográficas do grupo experimental (com fratura radicular vertical) nos diferentes formatos de arquivo de imagem e para os dois sistemas digitais testados.



Avaliação das imagens radiográficas

As imagens radiográficas digitais foram avaliadas de forma independente por cinco radiologistas orais e maxilofaciais, cada um com cinco anos de experiência em diagnóstico clínico. Os examinadores não tiveram acesso às informações relacionadas ao desenho experimental do presente estudo. A avaliação foi realizada em um monitor de alta definição (modelo MDRC-2124, Barco N.V., Courtray, Bélgica) e com resolução de 1920×1200 pixels. As avaliações foram conduzidas utilizando o visualizador de imagens *JPEGView*. Previamente às avaliações, os examinadores foram instruídos sobre a avaliação das FRVs, com radiografias periapicais que não foram incluídas na amostra como exemplos.

Para simular um contexto clínico, os avaliadores foram autorizados a ajustar o brilho e o contraste das imagens e, se necessário, as configurações de zoom. Dessa forma, os examinadores classificaram cada imagem de acordo com a presença ou ausência da FRV, baseada na escala de 5 pontos: 1 - definidamente ausente; 2 - provavelmente ausente; 3 - diferente; 4 - provavelmente presente; 5 - definidamente presente. Para reduzir a possibilidade de memorização da imagem e evitar o desgaste visual, os avaliadores foram orientados a examinar um máximo de 20 imagens radiográficas por

dia. Trinta dias após a conclusão das análises, 30% da amostra foi reavaliada para calcular a concordância intraexaminador.

Nenhum dos avaliadores teve acesso às informações referentes ao formato do arquivo de imagem, já que todas as imagens foram codificadas e randomizadas com o intuito de prevenir qualquer possibilidade de identificação.

Análise Estatística

Os dados foram analisados no Statistical Package for Social Sciences (SPSS) software v. 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA). As concordâncias intra e interexaminadores referente ao diagnóstico de FRV foi calculada por meio do teste Kappa ponderado, baseado na interpretação de Landis e Koch, 1977: <0,00, pobre; 0,00-0,20, leve; 0,21-0,40, razoável; 0,41-0,60, moderado; 0,61-0,80, substancial; 0,81-1,00, quase perfeito. Além disso, foram computados os valores diagnósticos – como sensibilidade, especificidade e área sob a curva característica (ROC), para o diagnóstico de FRV. Os dados obtidos foram individualmente comparadas por meio da análise de variância de dois fatores (*Anova Two-way*), com o teste post-hoc de Tukey, considerando os diferentes formatos de arquivo de imagem e os sistemas radiográficos digitais como os fatores estudados. Todas as análises foram conduzidas com um nível de significância de 5%. O teste de poder da análise foi de 75%.

▪ **ARTIGO 3**

Aquisição e exportação das imagens

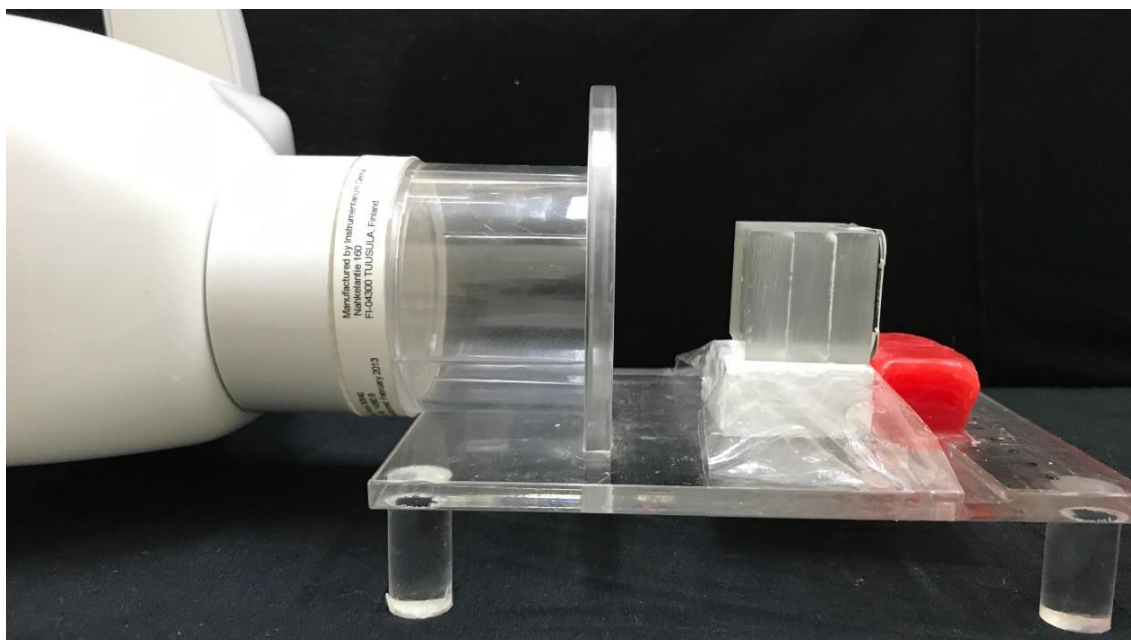
Para a avaliação objetiva dos parâmetros de qualidade da imagem radiográfica, foi utilizado um bloco de acrílico com dimensões de 3,0 cm de altura × 4,0 cm de comprimento × 2,0 cm de largura. Por ser um material homogêneo e com atenuação de raios X relativamente baixa, o objetivo desse bloco foi somente simular a atenuação e a dispersão dos feixes de raios X dos tecidos moles (Hellén-Halme et al., 2016; Farias Gomes et al., 2019; Fontenele et al., 2020; Ruiz et al., 2023). As imagens radiográficas desse fantoma foram adquiridas usando dois sistemas radiográficos digitais com tecnologias distintas:

Placa de fósforo fotoestimulável (PSP): Sistema Express (Instrumentarium Imaging, Tuusula, Finland), tamanho 2, resolução de contraste de 8 bits e resolução espacial de 17,0 μm^{-1} .

Sensor digital (CMOS): Sistema Digora Toto – Scanora (Soredex, Tuusula, Finland), tamanho 2, resolução de contraste de 12 bits e resolução espacial de 26,3 μm^{-1} .

Todas as imagens foram obtidas usando o mesmo equipamento de raios X (FocusTM - Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, EUA), sob o mesmo protocolo de aquisição: 60 kVp, 7 mA e tempo de exposição conforme recomendado pelos fabricantes dos receptores digitais utilizados (0,3 s para o Express e 0,18 s para o Digora Toto). As configurações de imagem padrão, em ambos os sistemas radiográficos digitais, foram estabelecidas sem aplicação de filtros automáticos na aquisição das imagens radiográficas periapicais. Um aparelho de acrílico contendo um anel localizador fixo foi usado para padronizar a posição do fantoma e do receptor de imagem de acordo com a técnica do paralelismo (distância foco-receptor de 30 cm, objeto-receptor de 1,5 cm, bem como angulação vertical de 0° e horizontal de 90°) (Fig. 3.1).

Figure 3.1: Representação da padronização das aquisições radiográficas com o fantoma de acrílico e o receptor de imagem.



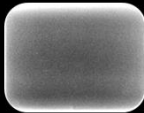
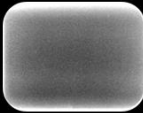
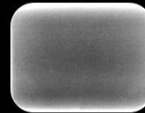
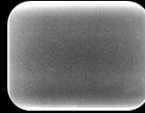
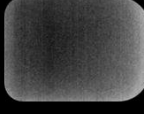
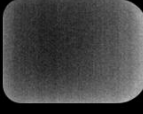
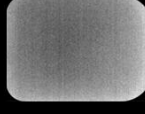
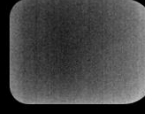
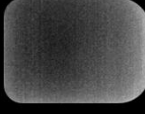
Seis repetições das imagens radiográficas foram realizadas em cada sistema digital testado para fins de reprodutibilidade. Em seguida, cada imagem foi exportada do software nativo: Placa de fósforo fotoestimulável - Express - CliniView (Instrumentarium

Imaging, Tuusula, Finlândia) e Sensor digital - CMOS - Scanora (Soredex, Tuusula, Finlândia) em cinco formatos de arquivo distintos - TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG - totalizando 60 imagens (2 sistemas radiográficos $\times$ 6 repetições $\times$ 5 formatos de arquivo). A profundidade de bits foi estabelecida automaticamente pelo software no momento da exportação das imagens radiográficas em ambos os sistemas digitais investigados. A Figura 3.2 mostra o fluxograma com o tamanho médio dos arquivos (em kilobyte) em cada sistema digital e formato de imagem testado. O fator de qualidade das imagens salvas no formato de arquivo JPEG (método de compressão Lossy) era de 85. Já a figura 3.3 apresenta o conjunto de imagens radiográficas adquiridas nos diferentes sistemas digitais e exportadas nos diferentes formatos de arquivo de imagem.

Figure 3.2: Fluxograma dos valores médios (desvio padrão) dos tamanhos de arquivo (em kilobyte), percentual de compressão e taxa de compressão das imagens avaliadas em cada sistema radiográfico digital e formato de arquivo testado.

SISTEMAS DIGITAIS		FORMATOS DE ARQUIVO				
EXPRESS	Tamanho (DP)	TIFF	BMP	DICOM	PNG	JPEG
		2159 (2.73)	2154 (2.73)	1445 (2.19)	708 (3.26)	242 (1.04)
		-	0	33	67	89
	Taxa de Compressão	-	1:1	1:1.5	1:3	1:9
		-	0	33	67	89
		-	1:1	1:1.5	1:3	1:9
DIGORA TOTO	Tamanho (DP)	TIFF	BMP	DICOM	PNG	JPEG
		1907 (0.0)	1900 (0.0)	1277 (0.0)	621 (20.86)	210 (8.64)
		-	0	33	67	89
	Taxa de Compressão	-	1:1	1:1.5	1:3	1:9
		-	0	33	67	89
		-	1:1	1:1.5	1:3	1:9

Figure 3.3: Imagens radiográficas adquiridas nos diferentes sistemas radiográficos digitais e em cada formato de arquivo de imagem investigado.

FORMATOS DE ARQUIVO					
SISTEMAS DIGITAIS	TIFF	BMP	DICOM	PNG	JPEG
EXPRESS					
DIGORA TOTO					

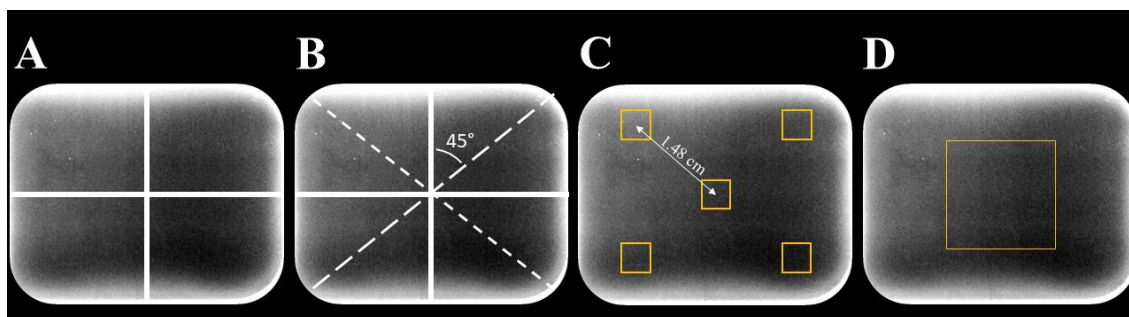
Avaliação das imagens radiográficas

Um radiologista bucomaxilofacial com experiência em análises objetivas da qualidade da imagem radiográfica avaliou as radiografias em um monitor médico (MDRC-2124, Barco N.V., Courtray, Bélgica) com resolução de 1920×1200 pixels. As imagens foram avaliadas individualmente no software ImageJ (National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, EUA). A análise objetiva consistiu em medir o ruído da imagem, o brilho da imagem e a uniformidade da imagem, apresentada na sequência:

Inicialmente, duas linhas foram estabelecidas sobre a imagem: uma linha horizontal dividindo a imagem igualmente em partes superior e inferior, e outra linha, perpendicular à primeira, dividindo a imagem igualmente em lados esquerdo e direito (fig. 3.4A). Em seguida, duas linhas de bissetriz (45°) foram estabelecidas no cruzamento das linhas descritas anteriormente (Fig. 3.4B). Para avaliar diferentes áreas da imagem, foram determinadas cinco regiões de interesse (ROIs) quadradas, medindo 4×4 mm: uma ROI centrada na área de interseção entre as duas primeiras linhas descritas acima e outras quatro ROIs determinadas simetricamente nas linhas bissetrizes (ou seja, nos cantos superior e inferior e nos lados direito e esquerdo da imagem). A distância entre o centro da ROI central e o centro das outras quatro ROIs foi padronizada em 1,48 cm (Fig. 3.4C). Para medir o ruído da imagem, foi calculada a média do desvio-padrão dos valores de cinza das cinco ROIs estabelecidas. Uma imagem mais homogênea (ou seja, com valores menores de desvio padrão) é uma imagem com menos ruído. Assim, ao avaliar o desvio-padrão de diferentes regiões da radiografia (5 regiões distribuídas sobre a superfície radiográfica) é possível determinar se uma imagem tem mais ou menos ruído. Dessa forma, valores mais altos de desvio-padrão dos valores de cinza dessas ROIs revelam maior ruído na imagem. Em seguida, foi estabelecida uma ROI quadrada maior e única ($1,48 \text{ cm} \times 1,48 \text{ cm}$) envolvendo a área central da imagem (Fig. 3.4D).

A média e o desvio-padrão dos valores de cinza dessa ROI foram medidos para calcular o brilho e a uniformidade da imagem, respectivamente. Valores mais altos de média e desvio-padrão dos valores de cinza exibem maior brilho da imagem (menos escura) e menor uniformidade, respectivamente. Todas as análises foram realizadas em imagens com resolução de contraste de 8 bits.

Figure 3.4: Avaliação objetiva da qualidade da imagem. (A) - Duas linhas foram determinadas: uma dividindo a imagem radiográfica igualmente em superior e inferior, e uma linha perpendicular à primeira, dividindo igualmente a imagem em lados esquerdo e direito. (B) - Duas linhas bissetrizes (45°) foram desenhadas na área de cruzamento das duas primeiras linhas. (C) - Cinco ROIs quadradas com o mesmo tamanho (4×4 mm) foram desenhadas em áreas distintas da imagem (uma ROI no centro da imagem e outras quatro ROIs nas linhas bissetrizes) para medir o ruído da imagem. A distância entre o centro da ROI central e o centro das outras ROIs foi padronizada em 1,48 cm. (D) - Uma ROI quadrada maior ($1,48 \times 1,48$ cm) cobrindo a área central da imagem foi determinada para medir a média (brilho da imagem) e o desvio padrão (uniformidade da imagem) dos valores de cinza.



Análise Estatística

Os dados foram analisados no software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) v. 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY). Os resultados foram resumidos como média e desvio-padrão, comparados pela análise de variância de dois fatores (*Anova Two-way*) com o teste post-hoc de Tukey, considerando os diferentes formatos de arquivo e os sistemas radiográficos digitais como os fatores estudados. Foi adotado um nível de significância de 5% para todas as análises. O teste de poder da análise foi de 95%.

▪ **ARTIGO 4:**

Protocolo e registro:

A revisão de escopo foi realizada de acordo com a lista de verificação mais recente do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) - extensão para revisão de escopo (PRISMA-ScR), adaptada para avaliação do risco de viés dos estudos incluídos (Tricco et al., 2018; Peters et al., 2020).

Além disso, foi registrada na plataforma Open Science Framework (OSF) sob o número de identificação - DOI: <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/APMW2>.

Questionamento do estudo:

Uma revisão bibliográfica geral da literatura foi realizada para abordar os objetivos deste estudo. O protocolo de seleção e extração de dados foi desenvolvido com base no acrônimo PCC (Problema, Conceito e Contexto), considerando o problema subjacente, incorporando princípios fundamentais e levando em conta os diferentes contextos envolvidos. Dessa forma, o problema (P) consistiu nos artigos originais que investigaram o uso de imagens radiográficas intraorais; o conceito (C) a exportação nos diferentes formatos de arquivo de imagem; e o contexto (C) envolveu a avaliação centrada nas diversas tarefas de diagnóstico odontológica.

As perguntas de pesquisa para a presente revisão de escopo foram: "Com base na literatura disponível, em radiografias odontológicas, os formatos de arquivo de imagens digitais afetam a acurácia diagnóstica em estudos que utilizam um padrão-ouro?" e "As imagens armazenadas digitalmente em diferentes formatos de arquivos comprimidos prejudicam as tarefas de diagnóstico na área da Odontologia, quando comparadas com as imagens radiográficas originais?"

Crítérios de elegibilidade

Foram incluídos artigos de pesquisas originais, abrangendo estudos observacionais, avaliações de acurácia diagnóstica e investigações laboratoriais *in-vivo* ou *ex-vivo*, que avaliaram a influência dos formatos de arquivos de imagem na avaliação diagnóstica subjetiva baseadas em imagens radiográficas intrabuciais.

Estudos laboratoriais com animais, artigos de revisão (narrativos ou sistemáticos), cartas aos editores, relatos de casos, resumos de congressos, artigos sem resumo, diretrizes, capítulos de livros e pesquisas originais que avaliaram objetivamente a qualidade da imagem radiográfica e/ou utilizaram diferentes modalidades de imagem que não fossem radiografias intraorais foram excluídos. Um resumo dos critérios de inclusão e exclusão está apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Critérios de elegibilidade para a seleção dos estudos.

	<i>Critérios de Inclusão</i>	<i>Critérios de Exclusão</i>
<i>Tipo de Estudo</i>	Artigos de pesquisas originais (estudos observacionais, avaliações de precisão diagnóstica e investigações laboratoriais <i>in-vivo</i> ou <i>ex-vivo</i>)	Revisões narrativas e sistemáticas, cartas ao editor, relatos de casos, resumos de congressos, artigos sem resumo, capítulos de livro, artigos originais com análises objetivas ou que utilizaram imagens diferentes das radiografias intraorais
<i>Área de Interesse</i>	Odontologia	Outras áreas da saúde
<i>Modalidades de Imagem</i>	Intraorais	Radiografias extraorais e exames tridimensionais
<i>Tarefas de Diagnóstico</i>	Diagnóstico de cárie, endodontia e periodontia	Outras condições dentárias ou análises objetivas
<i>Formato de Arquivo</i>	TIFF, BMP, DICOM, PNG e JPEG (e variações)	-
<i>Idioma</i>	Sem restrições	-
<i>Data de Publicação</i>	Sem restrições	-
<i>Participantes</i>	Imagens radiográficas de participantes <i>ex-vivo</i> ou <i>in-vivo</i>	Animais

Banco de dados e estratégias de busca

Em maio do ano de 2022, foram realizadas buscas eletrônicas nas bases de dados do Pubmed, Web of Science, Scopus, Embase, Lilacs e Cochrane. Além disso, uma busca no Google Scholar (literatura cinzenta) e uma busca manual na lista de referências dos estudos incluídos foram realizadas para localizar publicações que não foram identificadas eletronicamente. Uma atualização da busca eletrônica foi realizada em dezembro do ano de 2023. As estratégias de buscas aplicadas a cada base de dados estão apresentadas na Tabela 4.2. Para cada base de dados, as referências coletadas foram exportadas para o *Mendeley Desktop* (Gerenciador de Biblioteca, versão 1.19.8., Mendeley Ltd., Elsevier) e as duplicatas foram removidas.

Tabela 4.2. Estratégias de buscas foram executadas em bancos de dados eletrônicos, realizadas em 05/04/2022, e alertas foram configurados em todas as bases de dados até o momento da submissão do manuscrito. A última atualização foi realizada em dezembro de 2023.

Bases de dados	Estratégias de buscas
Medline-PubMed https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed	(dental digital radiography[Mesh] OR dental digital radiography[TiAb] OR Radiography, Bitewing[Mesh] OR Radiography, Bitewing [TiAb] OR periapical radiographic[TiAb] OR occlusal radiographic[TiAb] OR Scanora[TiAb] OR Digora[TiAb]) AND (Image file format[TiAb] OR TIFF[TiAb] OR Tagged Image File Format[TiAb] OR BMP[TiAb] OR Bitmap[TiAb] OR DICOM[TiAb] OR Digital Imaging and Communications in Medicine [TiAb] OR PNG [TiAb] OR Portable Network Graphic[TiAb] OR JPEG[TiAb] OR Joint Photographic Experts Group[TiAb]) AND (Dental Caries[Mesh] OR Dental Caries[TiAb] OR root resorption[Mesh] OR root resorption[TiAb] OR alveolar bone loss[Mesh] OR alveolar bone loss[TiAb] OR furcation defects[Mesh] OR furcation defects[TiAb] OR Periapical Abscess[Mesh] OR Periapical Abscess[TiAb] OR Periodontal Diseases[Mesh] OR Periodontal Diseases[TiAb] OR periapical lesions[TiAb] OR root fractures[TiAb])
Web of Science www.webofscience.com	(INDEXTERMS({dental digital radiography} OR {Radiography, Bitewing}) OR TITLE-ABS-KEY({dental digital radiography} OR {periapical radiographic} OR {occlusal radiographic} OR Scanora OR Digora) AND TITLE-ABS-KEY({Image file format} OR TIFF OR {Tagged Image File Format} OR BMP OR Bitmap OR DICOM OR {Digital Imaging and Communications in Medicine} OR PNG OR {Portable Network Graphic} OR JPEG OR {Joint Photographic Experts Group})) AND INDEXTERMS({Dental Caries} OR {root resorption} OR {alveolar bone loss} OR {furcation defects} OR {Periapical Abscess} OR {Periodontal Diseases} OR TITLE-ABS-KEY({Dental Caries} OR {root resorption} OR {alveolar bone loss} OR {furcation defects} OR {Periapical Abscess} OR {Periodontal Diseases} OR {periapical lesions} OR {root fractures}))
Scopus https://www.scopus.com/home.uri	TS=(“dental digital radiography” OR “Radiography, Bitewing” OR “periapical radiographic” OR “occlusal radiographic” OR “Scanora” OR “Digora”) AND TS=(“Image file format” OR “TIFF” OR “Tagged Image File Format” OR “BMP” OR “Bitmap” OR “DICOM” OR “Digital Imaging and Communications in Medicine” OR “PNG” OR “Portable Network Graphic” OR “JPEG” OR “Joint Photographic Experts Group”) AND TS=(“Dental Caries” OR “root resorption” OR “alveolar bone loss” OR “furcation defects” OR “Periapical Abscess” OR “Periodontal Diseases” OR “periapical lesions” OR “root fracture”)
Embase https://www.embase.com	#1 'dental digital radiography' OR 'dental digital radiography':ti,ab,kw OR 'tooth radiography'/exp OR 'tooth radiography':ti,ab,kw OR 'periapical radiographic':ti,ab,kw OR 'occlusal radiographic':ti,ab,kw OR 'imaging software':ti,ab,kw OR 'intraoral x ray system':ti,ab,kw

AND #2 'image file format':ti,ab,kw OR tiff:ti,ab,kw OR 'tagged image file format':ti,ab,kw OR bmp:ti,ab,kw OR bitmap:ti,ab,kw OR ('digital imaging':ti,ab,kw AND 'communications in medicine':ti,ab,kw) OR png:ti,ab,kw OR 'portable network graphic':ti,ab,kw OR jpeg:ti,ab,kw OR 'joint photographic experts group':ti,ab,kw

AND #3 'image file format':ti,ab,kw OR 'dental caries'/exp OR 'dental caries':ti,ab,kw OR 'tooth disease'/exp OR 'tooth disease':ti,ab,kw OR 'alveolar bone loss'/exp OR 'alveolar bone loss':ti,ab,kw OR 'periapical abscess'/exp OR 'periapical abscess':ti,ab,kw OR 'periodontal disease'/exp OR 'periodontal disease':ti,ab,kw OR 'periapical lesions':ti,ab,kw OR 'root fractures':ti,ab,kw

LILACS

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/>

'dental digital radiography'/exp OR 'dental digital radiography':ab,ti OR 'Radiography, Bitewing'/exp OR 'Radiography, Bitewing':ab,ti OR 'periapical radiographic':ab,ti OR 'occlusal radiographic':ab,ti OR 'Scanora':ab,ti OR 'Digora':ab,ti AND 'Image file format':ab,ti OR 'TIFF':ab,ti OR 'Tagged Image File Format':ab,ti OR 'BMP':ab,ti OR 'Bitmap':ab,ti OR 'DICOM':ab,ti OR 'Digital Imaging and Communications in Medicine':ab,ti OR 'PNG':ab,ti OR 'Portable Network Graphic':ab,ti OR 'JPEG':ab,ti OR 'Joint Photographic Experts Group':ab,ti AND 'Dental Caries'/exp OR 'Dental Caries':ab,ti OR 'root resorption'/exp OR 'root resorption':ab,ti OR 'alveolar bone loss'/exp OR 'alveolar bone loss':ab,ti OR 'furcation defects'/exp OR 'furcation defects':ab,ti OR 'Periapical Abscess'/exp OR 'Periapical Abscess':ab,ti OR 'Periodontal Diseases'/exp OR 'Periodontal Diseases':ab,ti OR 'periapical lesions':ab,ti OR 'root fractures':ab,ti

Cochrane Library

<https://www.cochranelibrary.com>

ID	Search	Hits
#1	MeSH descriptor: [Radiography, Dental, Digital] explode all trees	106
#2	(dental digital radiography):ti,ab,kw	203
#3	MeSH descriptor: [Radiography, Bitewing] explode all trees	168
#4	(Radiography, Bitewing):ti,ab,kw	200
#5	(periapical radiographic):ti,ab,kw	848
#6	(occlusal radiographic):ti,ab,kw	258
#7	(Scanora):ti,ab,kw	7
#8	(Digora):ti,ab,kw	22
#9	#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5 OR #6 OR #7 OR #8	1366
#10	(Image file format):ti,ab,kw	25
#11	(TIFF):ti,ab,kw	10
#12	(Tagged Image File Format):ti,ab,kw	3
#13	(BMP):ti,ab,kw	508

- #14 (Bitmap):ti,ab,kw 5
- #15 (DICOM):ti,ab,kw 186
- #16 (Digital Imaging and Communications in Medicine):ti,ab,kw 156
- #17 (PNG):ti,ab,kw 80
- #18 (Portable Network Graphic):ti,ab,kw 0
- #19 (JPEG):ti,ab,kw 28
- #20 (Joint Photographic Experts Group):ti,ab,kw 14
- #21 #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 OR #20881
- #22 MeSH descriptor: [Dental Caries] explode all trees 3496
- #23 (Dental Caries):ti,ab,kw 7153
- #24 MeSH descriptor: [Root Resorption] explode all trees 186
- #25 (root resorption):ti,ab,kw 784
- #26 MeSH descriptor: [Alveolar Bone Loss] explode all trees 1566
- #27 (alveolar bone loss):ti,ab,kw 2238
- #28 MeSH descriptor: [Furcation Defects] explode all trees 192
- #29 (furcation defects):ti,ab,kw 369
- #30 MeSH descriptor: [Periapical Abscess] explode all trees 46
- #31 (Periapical Abscess):ti,ab,kw 168
- #32 MeSH descriptor: [Periodontal Diseases] explode all trees 8464
- #33 (Periodontal Diseases):ti,ab,kw 2295
- #34 (periapical lesions):ti,ab,kw 393
- #35 (root fractures):ti,ab,kw 306
- #36 #22 OR #23 OR #24 OR #25 OR #26 OR #27 OR #28 OR #29 OR #30 OR #31 OR #32 OR #33 OR #34 OR #35 17832
- #37 #9 AND #21 AND #36 5

Google Scholar

<https://scholar.google.com>

“Radiography” OR “radiographic exams” OR “radiographic imaging” AND “Image file format” OR “imaging file format” OR “TIFF” OR “JPEG” OR “BMP” OR “DICOM” AND “Caries” OR “periapical lesions” OR “root resorption”

Seleção dos Estudos

Após o *upload* dos estudos das bases de dados no software *Mendeley*, dois revisores calibrados (MMV e MSO) realizaram independentemente a triagem inicial lendo o título e o resumo das referências selecionadas na busca eletrônica. Uma seção de calibração foi conduzida antes dessa etapa para confirmar o acordo interexaminadores. Assim, 10% das referências incluídas foram selecionadas aleatoriamente para que os revisores as avaliassem, de forma independente, aplicando os critérios de elegibilidade discutidos. Foi obtido um acordo quase perfeito entre os examinadores (Kappa = 1,00), de acordo com Landis and Koch (1977), e os dois revisores avaliaram individualmente todos os estudos baseado em uma escala binária (0 - artigo a ser excluído e 1 - artigo a ser incluído). Os estudos que atenderam aos critérios de elegibilidade foram selecionados para avaliação do texto completo. Após a leitura de todos os títulos e resumos, o teste Kappa foi realizado para avaliar a concordância entre os examinadores considerando a avaliação de toda a amostra de referências. Também foi encontrado um acordo quase perfeito entre os revisores (Kappa = 1,00), indicando ausência de discordâncias (Landis e Koch, 1977). Uma segunda avaliação foi realizada com a leitura dos textos completos dos artigos inicialmente selecionados.

Extração dos Dados

Um dos revisores (MMV) extraiu os dados dos artigos selecionados para uma planilha do *Microsoft Excel* (versão 2302, Microsoft Office Corporation®, Redmond, WA, EUA). Um segundo revisor (MSO) conferiu as informações obtidas. Os dados extraídos dos artigos selecionados incluíram: título do artigo, citação dos autores, ano de publicação, país, tarefa de diagnóstico, modalidade de imagem radiográfica, receptor radiográfico, fantoma, aparelho de raios-X, sistema radiográfico digital, formatos de arquivo de imagem testados, nível ou taxa de compressão, número de avaliadores e a conclusão principal. Discrepâncias durante o processo de extração de dados foram discutidas pelos dois revisores até que um consenso fosse alcançado. Nos casos em que um acordo mútuo não foi obtido, um terceiro revisor foi consultado para resolver o impasse. A extração de dados dos artigos selecionados está apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3. Extração de dados dos artigos incluídos na revisão de escopo.

EXTRAÇÃO DOS DADOS													
Título do Artigo	Citação	Ano	País	Tarefa de Diagnóstico	Modalidade Radiográfica	Receptor	Fantoma	Aparelho de raios-X e sistema digital	Formatos de Arquivo	Nível/Taxa de Compressão	Avalia dores	Conclusão principal	
Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system	Wenzel et al.	1996	Dinamarca	Lesões de cárie	de	Periapical	Placa de Fósforo Fotoestimulável (PSP)	116 dentes humanos extraídos - pré-molares e molares	Sistema: Digora (Soredex Medical Systems, Helsinki, Finland)	TIFF e JPEG	1:2, 1:5, 1:12, 1:20 e 1:33	5	Taxas de compressão superiores a 1:12 prejudicam significativamente a acurácia no diagnóstico de lesões de cárie e na qualidade da imagem, devido à redução dos valores diagnósticos.
Effect of noise on the compressibility and diagnostic accuracy for caries detection of digital bitewing radiographs	Janhom et al.	1999	Holanda	Lesões de cárie	de	Interproximal	Filme radiográfico e Placa de Fósforo Fotoestimulável (PSP)	66 radiografias interproximais de pré-molares e molares superiores e inferiores em oclusão.	Sistema: Digora® (Soredex Corporation, Helsinki, Finland)	BMP e JPEG	1:1, 1:3, 1:14, 1:21 e 1:34	7	Taxas de compressão superiores a 1:14 prejudicam significativamente a acurácia no diagnóstico de lesões de cárie e na qualidade da imagem, devido à redução dos valores diagnósticos.
Interaction between noise and file compression and its effect on the recognition of caries in digital imaging	Janhom et al.	2000	Holanda	Lesões de cárie	de	Interproximal	Filme radiográfico e Placa de Fósforo Fotoestimulável (PSP)	59 radiografias interproximais de pré-molares e molares superiores e inferiores em contato de oclusão.	Sistema: Digora® (Soredex Corporation, Helsinki, Finland)	BMP e JPEG	1:14 and 1:21	7	Taxas de compressão de 1:21 podem prejudicar a avaliação e o diagnóstico de lesões de cárie incipientes, devido a um erro do observador mais elevado.
Impact of lossy compression on diagnostic accuracy of radiographs for periapical lesions	Eraso et al.	2002	Estados Unidos da América	Lesões periapicais		Periapical	Sensor digital: Dispositivo de carga acoplada (CCD)	Banco de dados - 50 radiografias digitais contendo dentes unirradiculares.	Sistema: Schick (Technologies Inc, Long Island, NY) X-ray Unit: Heliodent DS (Sirona, Bensheim, Germany)	JPEG	1, 2, 4, 8, 16, 32, 48 e 64	4	Taxas de compressão maiores que 1:16 podem ter um impacto grave no diagnóstico de lesões periapicais, devido à redução dos valores diagnósticos.

A comparison of two compression algorithms and the detection of caries	Janhom et al.	2002	Holanda	Lesões de cárie	Interproximal	Filme radiográfico	100 dentes posteriores extraídos (pré-molares e molares) montados em um bloco de gesso.	Sistema: Heliodent MD (Siemens, Bensheim, Germany) Equipamento de digitalização: Agfa DuoScan T1200 (Agfa, Mortsel, Belgium)	BMP, JPEG e Wavelet (JPEG 2000)†	1:1 and 1:9 ;	9	Nenhuma diferença foi encontrada entre os formatos de arquivo no diagnóstico de lesões de cárie de esmalte. No entanto, as imagens comprimidas em JPEG tiveram um desempenho inferior às imagens originais e comprimidas em Wavelet para a detecção de lesões dentinária, devido a um erro do observador mais elevado.
Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix® photostimulable phosphor images	Pabla et al.	2003	Brasil	Lesões de cárie	Periapical	Placa de Fósforo Fotoestimulável (PSP)	41 dentes posteriores humanos extraídos (22 molares e 19 pré-molares, metade maxilar e metade mandibular).	Sistema: DenOptix (Gendex Dental Systems, Milan, Italy) Aparelho de Raios-X: Prostyle (Planmeca Ou, Helsinki, Finland)	JPEG e TIFF	1:2, 1:11 e 1:16	8	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de lesões de cárie.
Effects of JPEG compression in quantitative digital radiographic subtraction of simulated bone loss	Mahl et al.	2003	Brasil	Doença periodontal (perda óssea)	Periapical	Filme radiográfico	12 radiografias periapicais da região de molares inferiores.	Equipamento de digitalização: Perfection 2450® scanner (Epson, USA)	JPEG	1:1, 1:2, 1:3, 1:4 e 1:6	1	Os níveis de compressão 8 e 6 superestimaram a perda óssea.
Comparison of JPEG and wavelet compression on intraoral digital radiographic images	Kim, E.	2004	Coreia do Sul	Lesões de cárie	Periapical	Sensor digital: Dispositivo de carga acoplada (CCD)	30 dentes posteriores íntegros extraídos e 30 dentes posteriores extraídos com cáries oclusais montados em um bloco de gesso.	Sistema: Schick (Schick Inc., Long Island, USA),	JPEG e JPEG2000	1:5, 1:9, 1:14 e 1:28	3	Taxas de compressão de até 1:9 para JPEG e 1:14 para JPEG 2000 não comprometeram o diagnóstico de lesão de cárie.

The impact of image compression on diagnostic quality of digital images for detection of chemically-induced periapical lesions	Koenig et al.	2004	Estados Unidos da América	Lesões periapicais	Periapical	Sensor digital: Semicondutor de óxido metálico complementar (CMOS)	13 mandíbulas humanas secas com dentes unirradiculares e/ou multirradiculares inseridos em blocos de acrílico.	Sistema: DX-CS1 (R.C. Eggleton, Consulting, Indianapolis, IN) Aparelho de Raios-X: CCX Digital Computer Controlled X-Ray Timer (Trophy Radiologie, Vincennes, France)	JPEG	1:2, 1:14, 1:23, 1:28 e 1:47	3	A compressão JPEG não afeta a detecção de lesões periapicais até uma taxa de compressão de 1:28.
Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions.	Gegler et al.	2006	Brasil	Reabsorções radiculares externa	Periapical	Filme radiográfico	11 dentes humanos - incisivos superiores.	Sistema: Spectro 70 (Dabi Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brazil) Equipamento de digitalização: Epson Perfection 2450w scanner (Epson, USA)	TIFF, BMP e JPEG	1:3	3	Nenhuma diferença foi encontrada entre os formatos TIFF, BMP e JPEG no diagnóstico de RRE.
Evaluation of JPEG compression on the diagnosis of caries in digitalized radiographs	Bissol et al.	2006	Brasil	Lesões de cárie	Interproximal	Filme radiográfico	20 radiografias interproximais de pré-molares e molares superiores e inferiores em oclusão.	Equipamento de digitalização: Scanjet 4C de HP	TIFF e JPEG	13 levels of compression	5	Imagens comprimidas acima ou iguais ao nível 9 foram aceitáveis e não comprometeram o diagnóstico de cárie. Por outro lado, imagens comprimidas abaixo ou iguais ao nível 3 foram consideradas inaceitáveis e comprometeram o diagnóstico de cárie.
Effect of image compression on the radiographic diagnosis of external root resorptions	Fontanel la et al.	2007	Brasil	Reabsorções radiculares externa	Periapical	Filme radiográfico	33 incisivos centrais superiores inseridos em um crânio seco.	Aparelho de Raios-X: Spectro 70 (Dabi Atlante, Brazil) Equipamento de digitalização: Perfection 2450® scanner (Epson, USA)	JPEG	1:1,1:2, 1:6 e 1:7	6	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de RRE.

The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries	Schulze et al.	2008	Alemanha	Lesões cárie de	Periapical	Sensor digital: Dispositivo de carga acoplada (CCD)	51 dentes hígidos e 49 dentes com lesões cariosas não cavitadas (33 incisivos, 10 caninos, 13 pré-molares e 44 molares). Os dentes foram inseridos em blocos de gesso, em pares, de acordo com seus respectivos grupos dentários (incisivos, pré-molares e molares).	Sistema: Sirona (Dental Systems, Bensheim, Germany) Aparelho de Raios-X: Heliodont DS (Dentsply Sirona, Bensheim, Germany)	TIFF, JPEG e JPEG2000	1:1 e 1:12	10	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de lesões de cárie.
Evaluation of proximal caries in images resulting from different modes of radiographic digitalization	Xavier et al.	2011	Brasil	Lesões cárie de	Interproximal	Filme radiográfico	56 dentes posteriores humanos (28 pré-molares e 28 molares).	Aparelho de Raios-X: Kaycor X-707 (Yoshida Dental Manufacturing Co., Tokyo, Japan) Equipamentos de digitalização: CanonScan D646U (Canon USA Inc., Newport News, VA) and Genius ColorPage HR7X (KYE Systems Corp. America, Doral, FL)	TIFF e JPEG	1:1 e 1:12	3	O diagnóstico da lesão cariosa não se alterou em nenhum dos formatos de arquivo (JPEG e TIFF).
Effect of JPEG compression on the diagnostic accuracy of periapical images in the detection of root fracture	Noujeim et al.	2012	Estados Unidos da América	Fraturas radiculares	Periapical	Sensor digital: Semicondutor de óxido metálico complementar (CMOS)	10 mandíbulas humanas secas contendo 151 dentes superiores e inferiores (incisivos, caninos, pré-molares e molares).	Sistema: Suni (Suni Medical Imaging Inc., CA, USA) Aparelho de Raios-X: Prostyle (Planmeca Ou, Helsinki, Finland)	JPEG e TIFF	0, 1:4 e 1:18	4	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de FR.

Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions	Miranda-Viana et al.	2021	Brasil	Reabsorções radiculares externa e interna	Periapical	Sensor digital: Semicondutor de óxido metálico complementar (CMOS)	34 dentes humanos unirradiculares inseridos em mandíbulas humanas secas.	Sistema: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) Aparelho de Raios-X: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP e JPEG	0, 1:1, 1:6 e 1:23	5	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de RRI nem RRE.
Influence of the file format and transmission app on the radiographic diagnosis of caries lesions	Madlum et al.	2021	Brasil	Lesões de cárie	Interproximal	Sensor digital: Semicondutor de óxido metálico complementar (CMOS)	40 dentes posteriores humanos (pré-molares e molares) inseridos em blocos de gesso.	Sistema: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) Aparelho de Raios-X: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP e JPEG	0, 1:1, 1:5 e 1:24	5	O formato de arquivo digital não afeta o diagnóstico de lesões de cárie proximais.
Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture	Miranda-Viana et al.	2022	Brasil	Fratura radicular vertical	Periapical	Placa de Fósforo Fotoestimulável (PSP) e Sensor digital: Semicondutor de óxido metálico complementar (CMOS)	34 dentes humanos unirradiculares, incluindo incisivos inferiores, caninos e pré-molares, inseridos em mandíbulas humanas secas.	Sistemas: Digora Toto (Soredex, Tuusula, Finland) and Digora® Optime (Soredex Corporation, Helsinki, Finland) Aparelho de Raios-X: Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finland)	TIFF, PNG, BMP e JPEG	Digora Toto: 0, 1:1, 1:6 e 1:26 Digora Optime: 0, 1:1, 1:5 e 1:20	5	O formato de arquivo das radiografias periapicais não influencia o diagnóstico de FRV.

Avaliação da qualidade dos estudos incluídos

A Avaliação da Qualidade de Estudos de Precisão Diagnóstica-2 (QUADAS-2) foi aplicada aos artigos incluídos na análise final para analisar o risco de viés (Whiting et al., 2011). O instrumento QUADAS-2 (University of Bristol Resource, Bristol, Reino Unido) é constituído por quatro domínios ou diretrizes: seleção da amostra/pacientes (D1), teste índice (D2), padrão de referência (D3) e fluxo e tempo (D4). Esses domínios foram avaliados em duas categorias (risco de viés e preocupações com a aplicabilidade), em consenso, por dois autores (MMV e RCF). Em casos de discordância, um terceiro revisor (FHN) foi consultado para estabelecer um consenso. Quanto ao risco de viés, cada domínio (D1, D2, D3 e D4) teve que ser respondido e pontuado como: baixo risco '+' (respostas positivas), risco intermediário '-' (informações ausentes) ou alto risco 'x' (respostas negativas). Para as preocupações com aplicabilidade, apenas os domínios D1, D2 e D3 receberam pontuação. Se houvesse alguma ausência em não abordar o tópico de pesquisa em qualquer um desses domínios, o risco de viés foi considerado alto 'x', caso contrário, baixo '+'. Se alguma informação estivesse faltando, foi aplicado o score de risco intermediário '-'. A pontuação geral foi determinada com base nas pontuações atribuídas aos quatro domínios: se todos os domínios fossem pontuados como baixo risco de viés '+', a pontuação geral também era julgada como baixo risco de viés '+'. No entanto, se um dos domínios fosse considerado com risco intermediário '-' ou alto risco de viés 'x', a pontuação geral atribuída era a pior possível.

ANEXOS

ANEXO 1 - Relatório de verificação de originalidade e prevenção de plágio.

Tese

RELATÓRIO DE ORIGINALIDADE

19% ÍNDICE DE SEMELHANÇA	16% FONTES DA INTERNET	12% PUBLICAÇÕES	% DOCUMENTOS DOS ALUNOS
------------------------------------	----------------------------------	---------------------------	-----------------------------------

FONTES PRIMÁRIAS

1	www.scielo.br Fonte da Internet	3%
2	www.repositorio.unicamp.br Fonte da Internet	2%
3	repositorio.unicamp.br Fonte da Internet	2%
4	link.springer.com Fonte da Internet	1%
5	RC Fontenele, AH Machado, L de Oliveira Reis, DQ Freitas. "Influence of metal artefact reduction tool on the detection of vertical root fractures involving teeth with intracanal materials in cone-beam computed tomography images: A systematic review and meta-analysis", International Endodontic Journal, 2021 Publicação	1%
6	docplayer.com.br Fonte da Internet	1%

ANEXO 2 - Permissão das editoras para inclusão dos artigos na tese.

Artigos 1 e 2:



 Home
  Help
  Live Chat
  Murilo Viana



Digital file format does not influence the radiographic diagnosis of vertical root fracture
 Author: Murilo Miranda-Viana et al
 Publication: Oral Radiology
 Publisher: Springer Nature
 Date: Oct 9, 2021
Copyright © 2021, The Author(s), under exclusive licence to Japanese Society for Oral and Maxillofacial Radiology and Springer Nature Singapore Pte Ltd.



Influence of the image file format of digital periapical radiographs on the diagnosis of external and internal root resorptions
 Author: Murilo Miranda-Viana et al
 Publication: Clinical Oral Investigations
 Publisher: Springer Nature
 Date: Jan 26, 2021
Copyright © 2021, The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH, DE part of Springer Nature

Artigo 3:

Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Disclaimer](#).

You are free to:

- Share** — copy and redistribute the material in any medium or format
- Adapt** — remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.



ANEXO 3 - Comprovante de registro da *scoping review* na plataforma Open Science Framework (OSF) – Artigo 4.



The influence of radiographic file formats on different dentistry diagnostic tasks: a scoping review

by [Murilo Miranda Viana](#); [Rocharles Cavalcante Fontenele](#); [Matheus Sampaio de Oliveira](#); [Deborah Queiroz Freitas](#); [Francisco Haiter Neto](#)

Publication date [2022-05-01](#)
 Publisher Center for Open Science

To provide evidence on the influence of the radiographic file formats on dentistry diagnostic tasks

Addeddate	2022-05-01 14:08:26
Identifier	osf-registrations-apmw2-v1
Modified	2022-05-01 14:08:26.336290+00:00
Osf_category	project
Osf_project	https://api.osf.io/v2/nodes/hju37/?version=2.20
Osf_registration_doi	10.17605/OSF.IO/APMW2
Osf_registration_schema	OSF Preregistration
Osf_registry	OSF Registries
Osf_subjects	Medicine and Health Sciences
Scanner	Internet Archive Python library 1.9.9
Source	https://osf.io/apmw2/

ANEXO 4 - Comprovante de submissão da revisão do artigo 4.

Brazilian Oral Research - Manuscript ID BOR-2023-0578.R1

Caixa de entrada

0

Cristina Leitão

para mim, msampaio995, rocharlesf, deborahq, halter

17:10 (há 0 minuto)

☆

😊

↩

⋮

15-Jan-2024

Dear Dr. Miranda-Viana:

Your manuscript entitled "Influence of the digital file format on radiographic diagnostic in dentistry: a scoping review" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in the Brazilian Oral Research.

Your manuscript ID is BOR-2023-0578.R1.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your street address or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc04.manuscriptcentral.com/bor-scielo> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your manuscript at any time by checking your Author Center after logging in to <https://mc04.manuscriptcentral.com/bor-scielo>.

Thank you for submitting your manuscript to the Brazilian Oral Research.

Sincerely,
Brazilian Oral Research Editorial Office

Submission Confirmation

Thank you for your revision

Submitted to	Brazilian Oral Research
Manuscript ID	BOR-2023-0578.R1
Title	Influence of the digital file format on radiographic diagnostic in dentistry: a scoping review
Authors	Miranda-Viana, Murilo de Oliveira, Matheus Sampaio Fontenele, Rocharles Freitas, Deborah Halter Neto, Francisco
Date Submitted	15-Jan-2024

ANEXO 5 - Pareceres consubstanciados do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Artigos 1 e 2.

	UNICAMP - FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNIVERSIDADE DE CAMPINAS - FOP/UNICAMP	
---	---	--

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO FORMATO DE ARQUIVO DE IMAGEM NA ACURÁCIA DE DIAGNÓSTICO DE REABSORÇÃO RADICULAR INTERNA E EXTERNA EM RADIOGRAFIAS DIGITAIS PERIAPICAIS

Pesquisador: MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 29521020.0.0000.5418

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.927.375

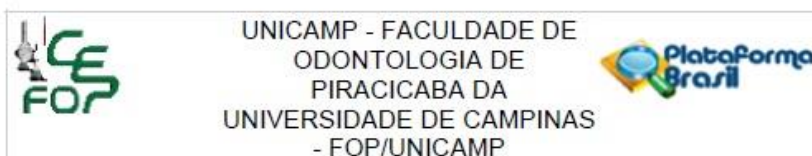
Apresentação do Projeto:

Transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil

A EQUIPE DE PESQUISA citada na capa do projeto de pesquisa inclui MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA (Cirurgião Dentista, Mestrando no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisador responsável), DANIELA VERARDI MADLUM (Cirurgiã Dentista, Mestranda no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisadora participante), NICOLLY OLIVEIRA SANTOS (Cirurgiã Dentista, Doutoranda no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisadora participante), HUGO GAËTA ARAÚJO (Cirurgião Dentista, Doutorando no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisador participante), MATHEUS LIMA DE OLIVEIRA (Cirurgião Dentista, Docente na área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisador participante), o que é confirmado na declaração dos pesquisadores e na PB.

Delineamento da pesquisa: Trata-se de estudo laboratorial, comparativo, observacional, com base em arquivos, que envolverá 192 imagens radiográficas periapicais digitais obtidas junto ao Banco de Imagens da área de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP e oriundas de estudo anterior

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52	CEP: 13.414-903
Bairro: Areião	
UF: SP	Município: PIRACICABA
Telefone: (19)2106-5349	Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



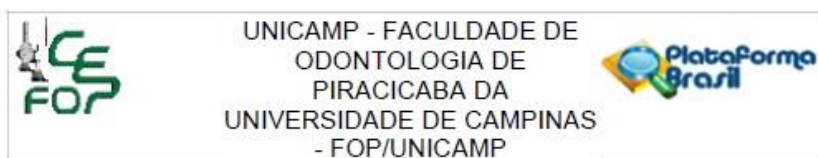
Continuação do Parecer: 3.527.375

realizado na mesma área e aprovado pelo CEP-FOP. As imagens foram realizadas em 48 dentes humanos obtidos por doação, extraídos de indivíduos com faixa etária entre 18 a 45 anos e uma mandíbula humana macerada obtida em empréstimo. O estudo envolve também 5 avaliadores especialistas, alunos do PPG em Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, de ambos os sexos, com idades entre 20 e 30 anos. O objetivo do presente estudo será avaliar a influência de diferentes formatos de arquivos de imagens radiográficas periapicais digitais na acurácia diagnóstica de reabsorção radicular interna e externa. Serão avaliadas 192 imagens radiográficas periapicais digitais, do banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), coletadas no software Scanora do equipamento Digora Toto® system (Soredex, Tuusula, Finland) e exportadas em 4 formatos diferentes de arquivo: TIFF (Tagged Image File Format), JPEG (Joint Photographic Experts Group), BMP (Bitmap - Windows pattern) e PNG (Portable Network Graphics). Cinco examinadores avaliarão as imagens, de forma independente, baseando-se na escala Likert de cinco pontos, no programa JPEGView – Image viewer and editor, em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica): tamanho de 24,1 polegadas, resolução máxima 1920 x 1080p DVI, representando exibição médica. Após 30 dias do término das avaliações será realizada uma reavaliação de 25% da amostra para determinar a concordância intra-avaliador. Será utilizado, para análise dos dados, o programa GraphPad Prism 7 (GraphPad Software, La Jolla, California, USA). Serão obtidos os valores de sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC (Receiver Operating Characteristic) e serão aplicados os testes ANOVA dois fatores com post-hoc de Tukey para comparar os valores de diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa entre os diferentes arquivos de formato de imagem e, teste Kappa, para verificar o nível de concordância intra e inter-observador. Será estabelecido o nível de significância de 5%. Espera-se verificar uma diferença significativa entre os formatos de arquivo de imagens avaliados, sendo o de maior tamanho, com a maior acurácia diagnóstica para reabsorção radicular interna e externa.

Critérios de inclusão: Imagens radiográficas periapicais digitais, pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), de dentes com reabsorção radicular, interna e externa, de forma simulada, inseridos no alvéolo dentário de uma mandíbula humana seca, sem a presença de dentes adjacentes.

Critérios de exclusão: Imagens radiográficas periapicais digitais que apresentem erros de técnica radiográfica e/ou que confirmem qualidade insuficiente para uma avaliação precisa dos

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

examinadores.

MATERIAIS E MÉTODOS

TIPO DE ESTUDO: A presente pesquisa será um estudo retrospectivo que analisará imagens radiográficas periapicais digitais, pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP).

DELINEAMENTO DO ESTUDO

Unidade Experimental: 48 imagens radiográficas periapicais digitais de reabsorção radicular simulada, sendo 20 imagens de reabsorção radicular externa (10 teste e 10 controle) e 28 imagens de reabsorção radicular interna (14 teste e 14 controle), exportadas em 4 formatos de arquivo de imagem (TIFF, JPEG, PNH e BMP), totalizando 192 imagens radiográficas (48 imagens radiográficas digitais x 4 formatos de arquivo de imagem).

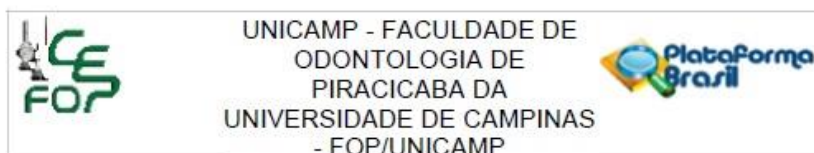
Fatores a serem estudados: Serão estudados os 4 formatos de arquivo de imagens (TIFF, JPEG, PNH e BMP), aos quais as imagens foram exportadas, na acurácia de diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa, e observar em qual formato os examinadores tiveram o melhor desempenho.

Variáveis das Respostas: As avaliações serão independentes e individualizadas para cada tipo de reabsorção (interna e externa), baseadas na escala Likert de 5 pontos, tendo respostas numéricas entre 1 (definitivamente ausente) e 5 (definitivamente presente).

OBTENÇÃO E SELEÇÃO DA AMOSTRA: Todas as imagens radiográficas periapicais digitais selecionadas são provenientes do trabalho previamente aprovado no comitê de ética em pesquisa e seres humanos sob o número de parecer: 3.503.971, aprovado no dia 13/08/2019 - CAAE:11542919.0.0000.5418. Elas são pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP).

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA POPULAÇÃO A SER ESTUDADA: A amostra é composta por 48 dentes humanos extraídos, na faixa etária de 18 a 45 anos, e esses dentes foram inseridos no alvéolo dentário de uma mandíbula humana seca, sem a presença de dentes adjacentes. Dos 48 dentes extraídos, 20 dentes foram utilizados para a reabsorção radicular externa, sendo 10 dentes teste (sem a presença da reabsorção radicular externa) e 10 dentes controle (com a presença simulada da reabsorção radicular externa) e 28 dentes foram utilizados para a reabsorção radicular interna, sendo 14 dentes teste (sem a presença da reabsorção radicular interna) e 14 dentes controle (com a presença simulada da reabsorção radicular interna). Após, foram adquiridas as imagens

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.527.375

radiográficas periapicais digitais, de forma individual, em que cada dente foi inserido no alvéolo dentário da mandíbula humana seca para a aquisição radiográfica. Além disso, entre a fonte de radiação e a mandíbula foi inserida uma placa de acrílico para simular a atenuação de tecidos moles. Assim, são 20 radiografias periapicais de reabsorção radicular externa (10 teste e 10 controle) e 28 radiografias periapicais de reabsorção radicular interna (14 teste e 14 controle), pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP). Para o desenvolvimento da presente pesquisa, as radiografias serão exportadas em 4 formatos de arquivo de imagem (TIFF, JPEG, PNH e BMP), totalizando 192 radiografias periapicais de reabsorção radicular simuladas. A avaliação será realizada, de maneira independente, por 5 examinadores voluntários (de ambos os sexos, na faixa etária de 20 e 30 anos, cirurgiões-dentistas e com experiência em diagnóstico radiográfico), alunos da área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP.

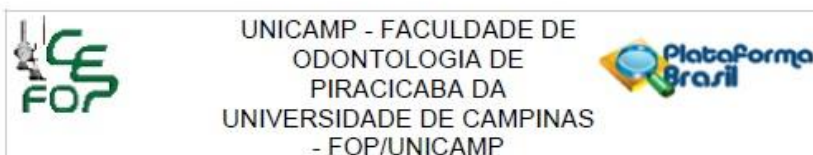
Pendência 1 (atendida em 19/03/20)- A pesquisa envolverá imagens realizadas em 48 dentes humanos obtidos por doação, extraídos de indivíduos com faixa etária entre 18 a 45 anos, uma mandíbula humana macerada obtida em empréstimo, e 5 avaliadores especialistas, alunos do PPG em Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, de ambos os sexos, com idades entre 20 e 30 anos. As imagens foram realizadas em pesquisa prévia, devidamente aprovada pelo CEP-FOP.

METODOLOGIA UTILIZADA

Inicialmente, serão selecionadas 48 radiografias periapicais digitais de dentes com reabsorção radicular, interna e externa, de forma simulada, no software Scanora do equipamento Digora Toto® (Soredex, Tuusula, Finlândia). As imagens foram adquiridas por um receptor direto CMOS (complementary metal-oxide semiconductor), tamanho 2, resolução de contraste de 12 bits e resolução espacial de 26,3 lp.mm⁻¹, e a unidade de raio X Focus (Instrumentarium, Tuusula, Finlândia) a 70 kVp, 7 mA e um tempo de exposição de 0,16s. Elas estão armazenadas nesse equipamento e serão apenas exportadas, diretamente do software do equipamento, em 4 formatos de arquivo diferentes: TIFF (Tagged Image File Format), JPEG (Joint Photographic Experts Group), BMP (Bitmap - Windows pattern) e PNG (Portable Network Graphics), totalizando 192 radiografias periapicais (80 de reabsorção radicular externa e 112 de reabsorção radicular interna). Após a exportação das radiografias, elas serão aleatorizadas e numeradas, de forma separada para cada tipo de reabsorção radicular (interna e externa), para serem avaliadas.

A avaliação será realizada, de maneira independente, por 5 examinadores (de ambos os sexos, na

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

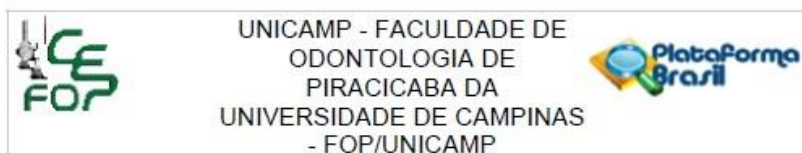
faixa etária de 20 e 30 anos, cirurgiões-dentistas e com experiência em diagnóstico radiográfico) em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica); tamanho de 24,1 polegadas, resolução máxima 1920 x 1080p DVI, representando exibição médica. Os examinadores voluntários, que aceitaram participar da pesquisa, só irão começar a avaliar as imagens radiográficas periapicais digitais após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. A avaliação será feita no programa JPEGView – Image viewer and editor, baseada na escala Likert de 5 pontos, que variam respostas entre os números 1 e 5 (1 definitivamente ausente; 2 provavelmente ausente; 3 incerto; 4 provavelmente presente e 5 definitivamente presente). As respostas serão colocadas numa tabela de avaliação feita no programa Excel, versão interna 2018 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA). Para evitar que a fadiga visual dos avaliadores possa interferir na presente pesquisa, as avaliações serão fracionadas em, no máximo, 20 imagens radiográficas por dia. Após 30 dias de intervalo do término das avaliações, será realizada a reavaliação de 25% da amostra, sob os mesmos parâmetros, para avaliar a concordância intra-examinador.

Análise dos dados: Após a avaliação das imagens, será utilizado o programa GraphPad Prism 7 (GraphPad Software, La Jolla, California, USA) para análise dos dados. Sensibilidade, especificidade, acurácia e área sob a curva ROC (Receiver Operating Characteristic) serão obtidos para verificar o desempenho dos observadores no diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa em diferentes formatos de arquivo de imagem. O teste Kappa será utilizado para verificar a concordância intra e inter-observador e a análise de variância (ANOVA) entre dois fatores será utilizada para comparar os valores de 9 diagnóstico entre os diferentes formatos de arquivo de imagem. Será estabelecido um nível de significância de 5%.

RESULTADOS ESPERADOS: Espera-se verificar uma diferença significativa entre os formatos de arquivo de imagens avaliados, sendo o de maior tamanho, a maior acurácia diagnóstica para reabsorção radicular interna e externa.

Local da pesquisa: Este estudo será desenvolvido no Departamento de Diagnóstico Oral, Área de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), Piracicaba, SP. O cronograma proposto para a pesquisa no projeto prevê cerca de 10 meses para conclusão do estudo, iniciando-se em março de 2020 e concluindo-se em dezembro de 2020. O cronograma descrito na PB indica que a pesquisa será iniciada em 20/03/2020 e será concluída em

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

30/12/2020, em cerca de 10 meses.

O arquivo ajustado do projeto de pesquisa, com as áreas modificadas marcadas em amarelo foi apresentado.

Objetivo da Pesquisa:

JUSTIFICATIVA: O diagnóstico precoce de reabsorção radicular interna e externa e, consequentemente, o tratamento, proporciona maiores chances de conservação do dente e estruturas adjacentes. Dessa forma, é de suma importância identificar quais características da imagem podem comprometer essa tarefa de diagnóstico. Ainda não se sabe ao certo se a taxa de compactação e formato de arquivo de imagem prejudica a acurácia de diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa, por isso, se torna importante essa investigação.

HIPÓTESE: Se a taxa de compactação e formato de arquivo de imagem prejudica a acurácia de diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa.

OBJETIVO PRIMÁRIO: Avaliar a influência da compactação das imagens radiográficas digitais, exportadas em diferentes formatos de arquivo de imagem, no diagnóstico de reabsorção radicular interna e externa.

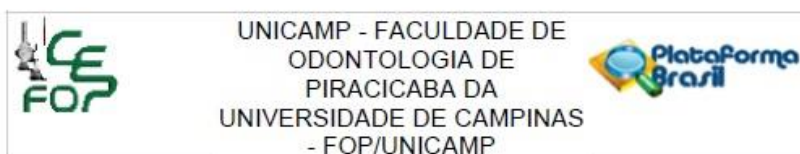
OBJETIVOS SECUNDÁRIOS: Não descritos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Quanto aos riscos e desconfortos previstos para os participantes, os pesquisadores informaram que "Na presente pesquisa serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais pertencentes ao biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Como serão utilizadas somente as imagens arquivadas, não haverá desconfortos nem riscos, porque as imagens já foram adquiridas e em dentes, não tendo envolvimento algum com pacientes. Além disso, a participação na pesquisa, de avaliadores voluntários, não implica em risco ou desconforto previsível, pois não haverá intervenção direta ou indireta sobre o indivíduo, e sim a avaliação de material já obtido anteriormente, além de sua identidade que será preservada".

Quanto aos benefícios diretos previstos para os participantes, os pesquisadores informaram que "Não haverá benefício e nem prejuízo direto ao participante, pois, como já explicado anteriormente, na presente pesquisa, apenas serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais, do arquivo digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Também não haverá benefícios ou vantagens diretas

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.527.375

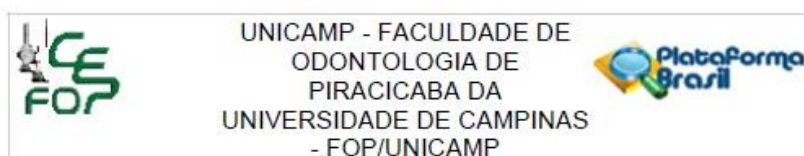
previstas na pesquisa para os avaliadores voluntários que dela participarem”.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pendência 2 (atendida em 19/03/20)- Quanto ao modo de abordagem dos participantes da pesquisa para a obtenção do TCLE os pesquisadores informaram que “No presente estudo serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais de dentes com reabsorção radicular, interna e externa, de forma simulada, pertencentes aos arquivos do banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. O processo de obtenção das amostras está previsto para ocorrer entre março e maio de 2020. Apenas serão incluídas as imagens radiográficas desses dentes modelo, sem participação de pacientes, não sendo aplicável Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Com relação aos dados de cadastro do banco de imagens, encontram-se somente o número do dente. Outros dados como telefone e endereço não foram encontrados nas imagens do arquivo, não sendo possível a aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Porém, será solicitada a autorização ao professor responsável pelo Biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, para utilização das imagens radiográficas periapicais digitais, pertencentes ao arquivo do biobanco de imagens da clínica. A avaliação das imagens será realizada, de maneira independente, por 5 examinadores, alunos de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica, devidamente calibrados, baseadas na escala de Likert de 5 pontos, em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica): tamanho de 24,1 polegadas, resolução máxima 1920 x 1080p DVI, representando exibição médica”. Em sua resposta os pesquisadores incluíram texto do projeto de pesquisa, não em comentários, sobre o modo de obtenção do TCLE dos avaliadores especialistas “Os examinadores voluntários, que aceitaram participar da pesquisa, só irão começar a avaliar as imagens radiográficas periapicais digitais após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido”.

Pendência 3 (atendida em 19/03/20)- Quanto à justificativa para participação de grupos vulneráveis os pesquisadores informaram que “Nesta pesquisa terá a participação de 5 examinadores voluntários (de ambos os sexos, na faixa etária de 20 e 30 anos, cirurgiões-dentistas e com experiência em diagnóstico radiográfico), alunos da área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, para a avaliação das imagens radiográficas periapicais digitais de dentes com reabsorção radicular, interna e externa, de forma simulada, com nitidez e contraste suficiente. A participação dos examinadores é justificada pela assinatura do TCLE e por não

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

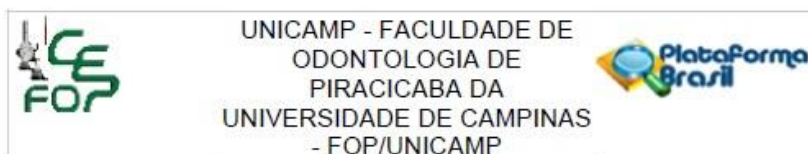
estarem envolvidos com a preparação da amostra das imagens radiográficas".

Quanto às medidas para proteção ou minimização dos desconfortos e riscos previsíveis os pesquisadores informaram que "Não é previsível nenhum tipo de risco ou desconforto para os sujeitos da pesquisa e, portanto, não haverá medidas de proteção ou minimização de riscos previsíveis, pois serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais que já foram realizadas e que se apresentam no arquivo digital Clínica de Radiologia Odontológica (FOP/UNICAMP). Também não há risco previsível para os avaliadores voluntários pela participação na pesquisa. Portanto, não há previsão de medidas de proteção dos mesmos". Quanto às medidas de proteção à confidencialidade os pesquisadores informaram que "As identidades serão mantidas em sigilo e as informações obtidas durante a pesquisa só serão acessadas pelos pesquisadores. Para todas as imagens utilizadas e analisadas serão adotadas as medidas de confidencialidade dos dados. Na divulgação dos resultados desse estudo, informações que possam identificá-lo não serão mostradas ou publicadas. Os dados dos resultados dos avaliadores também serão mantidos em sigilo absoluto e a confidencialidade será preservada, sendo os resultados de suas avaliações codificados como avaliador 1, 2, 3, 4 e 5. Além disso, eles não serão identificados em qualquer apresentação ou publicação baseada nos resultados dessa pesquisa".

Quanto à previsão de ressarcimento de gastos os pesquisadores informaram que "Como as imagens utilizadas, na presente pesquisa, pertencem aos arquivos digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP, e são de dentes com reabsorção radicular interna e externa, de forma simulada, não houve participação de pacientes. Assim, não se tem previsão do ressarcimento dos gastos para os sujeitos da pesquisa. Da mesma maneira, a participação na pesquisa também não causará despesas ao avaliador voluntário em qualquer fase do estudo, não havendo também a previsão de ressarcimento de gastos para esse grupo. Caso haja a necessidade de qualquer cobrança, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores".

Quanto à previsão de indenização e/ou reparação de danosos pesquisadores informaram que "Não há risco previsível de nenhum tipo de dano ao paciente na pesquisa e, portanto, não há previsão de indenização e/ou reparação de dano, já que a pesquisa se realizará com imagens radiográficas digitais pertencentes aos arquivos digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Também não há risco previsível pela

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

participação na pesquisa dos avaliadores, e, portanto, não há previsão de indenização ou reparação dos mesmos. Porém, fica garantida a indenização, em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial".

Quanto aos critérios para suspender ou encerrar a pesquisa os pesquisadores informaram que "Não há previsão de suspensão da pesquisa. Em caso de suspensão, os motivos possíveis serão devido a doença dos pesquisadores e/ou avaliadores que os impossibilite de realizá-la. A mesma será encerrada quando as informações desejadas forem obtidas".

O arquivo com os comentários éticos ajustados, com as áreas modificadas marcadas em amarelo foi apresentado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Pendência 4 (atendida em 19/03/20)- A FR foi apresentada preenchida (54 participantes, sem patrocinador principal) e assinada pelo pesquisador responsável (Dr Murilo Miranda Vasconcelos Viana) e pelo Diretor da FOP-UNICAMP (Dr. Francisco Haiter Neto). A FR foi datada de 19/03/2020.

A capa do projeto cita os dados solicitados pelo CEP-FOP.

Foi apresentada a declaração dos pesquisadores, adequadamente preenchida e assinada.

Foi apresentada a declaração da instituição, adequadamente preenchida e assinada.

Foi apresentada a autorização de acesso e uso dos computadores da Clínica de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, assinada pelo Prof. Matheus Lima Oliveira.

Foi apresentada a autorização de acesso e uso das imagens do Biobanco B045 da área de Radiologia Odontológica, assinada pelo Prof. Francisco Haiter Neto.

A justificativa para não aplicação do TCLE aos participantes referentes às imagens por avaliar foi apresentada (vide acima).

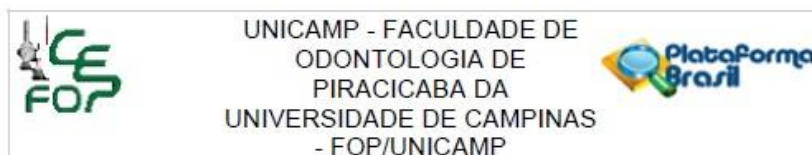
Pendência 5 atendida em 19/03/20)- O modelo ajustado de TCLE a ser aplicado aos especialistas avaliadores foi apresentado.

Necessidade de registro de Biorrepositório: A descrição da metodologia indica que não serão coletadas amostras biológicas para a realização da pesquisa e, portanto, não há necessidade de registro de biorrepositório.

O orçamento descrito na PB informa que a pesquisa terá custo de R\$ 26,00, para aquisição de pendrive, e que será bancada pelos pesquisadores.

A pesquisa foi classificada na Grande Área 4 (Ciências da Saúde) e tem como título público

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.927.375

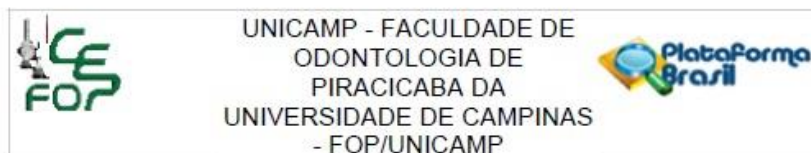
***AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO FORMATO DE ARQUIVO DE IMAGEM NA ACURÁCIA DE DIAGNÓSTICO DE REABSORÇÃO RADICULAR INTERNA E EXTERNA EM RADIOGRAFIAS DIGITAIS PERIAPICAIS*.**

A pesquisa não foi classificada nas áreas temáticas especiais. A Instituição proponente da pesquisa é a Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp e não foi listada Instituição coparticipante.

Recomendações:

As recomendações a seguir não são pendências e podem ou não ser aplicáveis ao protocolo em tela. Não há necessidade de resposta às mesmas. **RECOMENDAÇÃO 1-** É obrigação do pesquisador desenvolver o projeto de pesquisa em completa conformidade com a proposta apresentada ao CEP. Mudanças que venham a ser necessárias após a aprovação pelo CEP devem ser comunicadas na forma de emendas ao protocolo por meio da PB. **RECOMENDAÇÃO 2-** Após a aprovação do protocolo de pesquisa os pesquisadores devem atentar para a necessidade de envio de relatórios parciais de atividade (no mínimo um a cada 12 meses) e do relatório final de atividade (ao término da pesquisa). Os pesquisadores devem informar e justificar ao CEP a eventual necessidade de interrupção ou interrupção total ou parcial da pesquisa. **RECOMENDAÇÃO 3-** Reforça-se a necessidade do registro de Biorrepositórios para as amostras biológicas coletadas e que não sejam de uso imediato. A intenção deve ser registrada no projeto, no Regulamento do Biorrepositório e no TCLE que será assinado pelo participante. **RECOMENDAÇÃO 4-** Os pesquisadores devem atentar para a necessidade de aplicação de TCLE para coleta de amostras a serem estocadas em Biobancos e Biorrepositórios e para a necessidade de aplicação de novo TCLE quando da realização de novas pesquisas com o material estocado. **RECOMENDAÇÃO 5-** Pesquisas com dentes doados por profissionais de saúde ainda são toleradas em hipótese pelo CEP-FOP, mas os pesquisadores devem estar cientes de que esta solução dista do ideal ético de consulta direta ao participante por meio de TCLE específico da pesquisa ou da obtenção dos dentes a partir de um Biobanco de dentes e que estas últimas situações deveriam ser escolhidas em substituição à primeira. **RECOMENDAÇÃO 6-** Os pesquisadores devem manter os arquivos de fichas, termos, dados e amostras sob sua guarda por pelo menos 5 anos após o término da pesquisa. **RECOMENDAÇÃO 7-** Destaca-se que o parecer consubstanciado é o documento oficial de aprovação do sistema CEP/CONEP e os certificados emitidos pela secretaria do CEP-FOP, a pedido, após a aprovação final do protocolo, só têm valor simbólico e devem ser evitados. **RECOMENDAÇÃO 8-** Intercorrências e eventos adversos devem ser relatados ao CEP-FOP por meio da PB. **RECOMENDAÇÃO 9-** Os

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.527.375

pesquisadores devem encaminhar os resultados da pesquisa para publicação e divulgação, com devido crédito a todos que tenham colaborado com a realização da pesquisa. **RECOMENDAÇÃO 10-** O parecer do CEP-FOP é fortemente baseado nos textos do protocolo encaminhado pelos pesquisadores e pode conter inclusive trechos transcritos literalmente do projeto ou de outras partes do protocolo. Trata-se, ainda assim, de uma interpretação do protocolo. Caso algum trecho do parecer não corresponda ao que efetivamente foi proposto no protocolo, os pesquisadores devem se manifestar sobre esta discrepância. A não manifestação dos pesquisadores será interpretada como concordância com a fidedignidade do texto do parecer no tocante à proposta do protocolo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há mais pendências por resolver (vide texto acima).

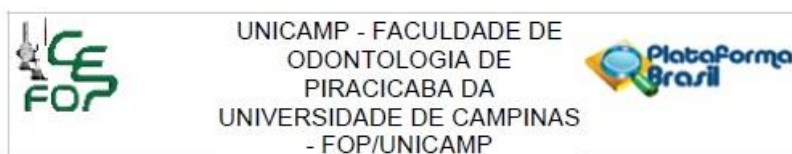
Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer de aprovação de Protocolo emitido "ad referendum" conforme autorização do Colegiado na reunião de 19/02/2020. O parecer será submetido para homologação na reunião de 08/04/2020.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1514741.pdf	19/03/2020 18:34:15		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	2Projeto.pdf	19/03/2020 18:33:58	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Outros	3comentarios.pdf	19/03/2020 18:33:04	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	4TCLEexaminadoresvoluntarios.pdf	19/03/2020 18:09:52	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	cartarespostaparecer.pdf	19/03/2020 18:08:48	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Folha de Rosto	1Folhaderosto.pdf	19/03/2020 18:05:27	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 3.527.375

Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	55Autarq.pdf	27/02/2020 17:04:58	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	54AltInfra.pdf	27/02/2020 17:04:44	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	52DeclaraInstituicao.pdf	27/02/2020 17:04:31	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	51Declarapesquisadores.pdf	27/02/2020 17:03:45	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

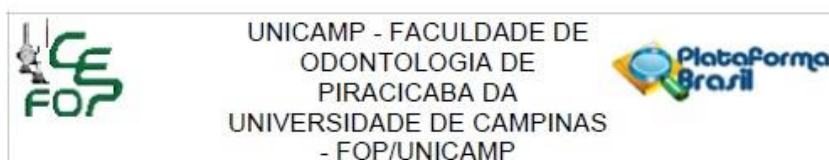
Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PIRACICABA, 20 de Março de 2020

Assinado por:
jacks jorge junior
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação de fratura radicular vertical em radiografias periapicais com diferentes formatos de arquivo

Pesquisador: MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 35304520.2.0000.5418

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp

Patrocinador Principal: FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.231.578

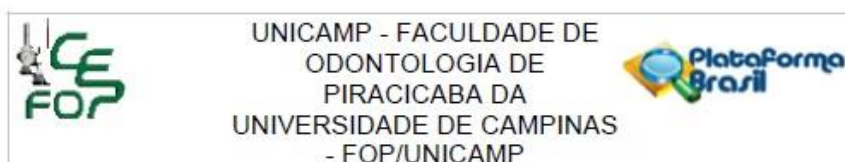
Apresentação do Projeto:

O parecer inicial é elaborado com base na transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo na Plataforma Brasil e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil. Os pareceres de retorno, emendas e notificações são elaborados a partir dos dados e arquivos da última versão apresentada.

A EQUIPE DE PESQUISA citada na capa do projeto de pesquisa inclui MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA (Cirurgião Dentista, Mestrando no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, Pesquisador responsável), ROCHARLES CAVALCANTE FONTENELE (Cirurgião Dentista, Doutorando no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP), AMANDA FARIAS GOMES (Cirurgiã Dentista, Pós-Doutora na área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP), FERNANDA NOGUEIRA REIS (Cirurgiã Dentista, Doutoranda no PPG em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP), YURI NEJAIM (Cirurgiã Dentista, Docente da Área de Radiologia Odontológica da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS), DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS FRANÇA (Cirurgiã Dentista, Docente da Área de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP), o que é confirmado na declaração dos pesquisadores e na PB.

Delineamento da pesquisa: Trata-se de estudo laboratorial, experimental, comparativo, que envolverá imagens armazenadas de outra pesquisa (CAAE: 88690418.6.0000.5418) obtidas a

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
Bairro: Areião **CEP:** 13.414-903
UF: SP **Município:** PIRACICABA
Telefone: (19)2106-5349 **Fax:** (19)2106-5349 **E-mail:** cep@fop.unicamp.br

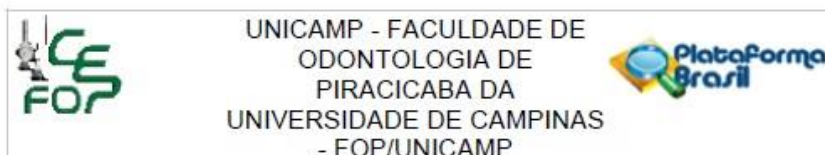


Continuação do Parecer: 4.231.578

partir de 34 dentes humanos ex-situ. O objetivo na presente pesquisa será avaliar a influência da compactação de imagens radiográficas periapicais digitais em diferentes formatos de arquivo no diagnóstico de fratura radicular vertical. Para isso, serão selecionadas 60 imagens radiográficas periapicais digitais, de fratura radicular vertical simulada em um fantoma, do banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), coletadas nos softwares Scanora do equipamento Digora Toto® system (Soredex, Tuusula, Finland) – 15 teste e 15 controle – e CliniView (Instrumentarium Dental, Milwaukee, WI) do sistema radiográfico Digora Optime® – 15 teste e 15 controle. Cada imagem será exportada em quatro formatos diferentes de arquivo: TIFF (Tagged Image File Format), JPEG (Joint Photographic Experts Group), BMP (Bitmap - Windows pattern) e PNG (Portable Network Graphics), totalizando 240 imagens. As imagens serão avaliadas quanto a presença de fratura radicular vertical, de forma independente, por 3 radiologistas orais com experiência em diagnóstico radiográfico, baseando-se na escala de cinco pontos. A avaliação será realizada no programa JPEGView – Image viewer and editor, em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica), com tamanho de 24,1 polegadas e 1920 x 1200 pixels de resolução. Após 30 dias do término das avaliações, será realizada a reavaliação de 30% da amostra para a obtenção da concordância intra-examinador. Para análise dos dados, serão obtidos os valores de diagnóstico (sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC) para o diagnóstico de fraturas radiculares. A análise de variância (ANOVA two-way) será utilizada para comparar os valores de diagnóstico de fraturas radiculares entre os sistemas radiográficos e os formatos de arquivo de imagem testados. O teste de Kappa ponderado será empregado para avaliação da concordância intra e interexaminadores. Será adotado um nível de significância de 5% para todas as análises realizadas. Dessa forma, espera-se verificar se há diferença significativa entre os formatos de arquivo de imagens avaliados no diagnóstico de fratura radicular vertical.

Pendência 1 (atendida em 21/08/20)– Quanto ao número efetivo de indivíduos envolvido no estudo os pesquisadores informaram que “A sugestão foi aceita e o texto foi reescrito. De forma sucinta, para deixar claro, infelizmente houve um erro em relação a quantidade do uso dos dentes humanos. A quantidade correta é o número que consta na pesquisa que originalmente produziu as imagens radiográficas (CAAE: 88690418.6.0000.5418). O número de indivíduos que serão utilizados para essa pesquisa serão 30 dentes humanos (15 teste e 15 controle). Após a exportação das imagens, a quantidade total de imagens radiográficas avaliadas serão de 240.

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

Todas as modificações, tanto no projeto quanto na própria plataforma brasil, foram realizadas. O novo texto está marcado de amarelo no arquivo submetido, como solicitado".

Pendência 2 (atendida em 21/08/20)– Quanto à estimativa de faixa etária e distribuição por sexo dos indivíduos dos quais os dentes foram extraídos os pesquisadores informaram que "A sugestão foi aceita e o texto foi reescrito. Infelizmente, é difícil estimar a idade dos pacientes, pelo fato de terem sido fonte de doação de um cirurgião-dentista aos pesquisadores, que realizou as extrações, de acordo com as devidas indicações, e não se tem as informações clínicas dos pacientes doadores. Os dentes foram armazenados em recipiente único para a simulação da fratura radicular vertical e aquisição radiográfica, não sendo possível a identificação dos indivíduos dos quais foram extraídos. Mas, devido a finalidade das exodontias, que foram para tratamento ortodôntico, e os pacientes serem adultos, apresentam idade, em média, variando entre 18 – 50 anos de idade. O novo texto está marcado de amarelo no arquivo submetido, como solicitado".

Pendência 3 (atendida em 21/08/20)– Quanto aos avaliadores especialistas, os pesquisadores confirmaram que serão os próprios pesquisadores e comentaram que "A sugestão foi aceita e o número foi subtraído, pelo fato de que os avaliadores não devem ser considerados participantes da pesquisa".

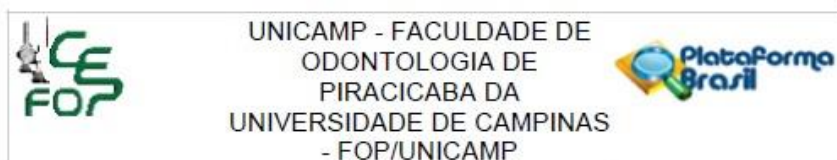
MATERIAIS E MÉTODOS:

TIPO DE ESTUDO: A presente pesquisa será um estudo retrospectivo que analisará imagens radiográficas periapicais digitais, obtidas com sistemas radiográficos semi-direto e direto, pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP).

DELINEAMENTO DO ESTUDO:

Local da Pesquisa: Esse estudo será desenvolvido no Departamento de Diagnóstico Oral, Área de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), Piracicaba, SP.
Unidade Experimental: Serão envolvidos 30 indivíduos adultos (dentes humanos unirradiculares) para simulação de fratura radicular vertical (15 controle e 15 teste), os quais tiveram indicação clínica para extração e que foram doados por um cirurgião-dentista aos pesquisadores, que realizou as extrações, de acordo com as devidas indicações, e não se tem as informações clínicas dos pacientes doadores. Os dentes encontram-se armazenados em recipiente único, não sendo possível a identificação dos indivíduos dos quais foram extraídos. Assim, 60 imagens radiográficas

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Arelão CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

periapicais digitais serão adquiridas (30 do sistema digital semi-direto e 30 do sistema digital direto) de fratura radicular vertical simulada exportadas em 7 4 formatos de arquivo de imagem (TIFF, JPEG, PNG e BMP), totalizando 240 imagens radiográficas (60 imagens radiográficas digitais x 4 formatos de arquivo de imagem).

Fatores a serem estudados: Serão estudados os 4 formatos de arquivo de imagens (TIFF, JPEG, PNH e BMP), com os quais as imagens foram exportadas, no diagnóstico de fratura radicular vertical, e observar em qual formato os examinadores tiveram o melhor desempenho.

Variáveis das Respostas: As avaliações serão independentes e individualizadas para cada tipo de sistema digital utilizado, baseadas na escala de 5 pontos, tendo respostas numéricas entre 1 (definitivamente ausente) e 5 (definitivamente presente).

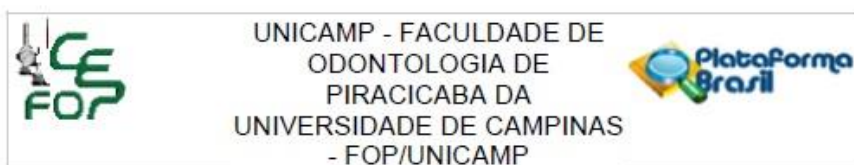
OBTENÇÃO E SELEÇÃO DA AMOSTRA: Todas as imagens radiográficas periapicais digitais selecionadas são provenientes do trabalho previamente aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa e seres humanos sob o número de parecer: 2.694.581, aprovado no dia 27/04/2018 - CAAE: 88690418.6.0000.5418. As imagens são pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP).

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA POPULAÇÃO A SER ESTUDADA: A amostra será composta por 60 radiografias periapicais adquiridas com sistemas radiográficos digitais direto (30 radiografias) e semi-direto (30 radiografias) que foram obtidas utilizando 30 dentes unirradiculares (15 controle – ausência de fratura radicular e 15 teste – presença de fratura radicular vertical). Todas as imagens que serão utilizadas fazem parte do banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP). As radiografias serão exportadas, a partir do software de aquisição, em 4 formatos de arquivo de imagem (TIFF, JPEG, PNG e BMP), totalizando 240 radiografias periapicais.

Previamente à aquisição das radiografias periapicais, os dentes foram desinfetados em glutaraldeído 2% e posteriormente foram induzidas fraturas radiculares verticais em 15 dentes (grupo teste) utilizando a máquina de ensaio universal (INSTRON, 4411, Canton, Boston, MA, EUA). As fraturas radiculares verticais foram induzidas a partir da inserção da ponta ativa do equipamento na entrada do canal radicular com pressão controlada até provocar fratura.

As imagens radiográficas foram adquiridas em 2 sistemas radiográficos com duas tecnologias diferentes: 1) Semi-direta – Placa de Fósforo (PSP): Digora Optime® 2) Direta – Sensor CMOS: Digora Toto® As imagens foram obtidas por meio do aparelho de raios X Focus™

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

(Instrumentarium Dental Inc., Milwaukee, WI, EUA) com os parâmetros de aquisição padronizados (80 kVp, 7 mA e tempo de exposição de acordo com as recomendações fornecidas pelo fabricante). Para tanto, os dentes foram individualmente posicionados em alvéolos de uma mandíbula humana macerada edêntula. Com o objetivo de padronizar a aquisição das imagens e auxiliar no posicionamento do receptor de imagem e da mandíbula, foi utilizado um suporte de acrílico com um anel localizador fixo para orientar a incidência do feixe de raios X, uma base para apoiar os dentes e um dispositivo fixo para padronizar a posição do receptor de imagem. A utilização desse suporte permite a padronização da aquisição das imagens mantendo uma distância fonte-receptor igual a 40 cm e objeto-receptor igual a 1,5 cm, bem como angulações vertical de 0° e horizontal de 90°. Além disso, foi utilizada uma placa de acrílico com 2,5 cm de espessura posicionada em frente à face vestibular dos dentes para simular a atenuação dos feixes de raios X pelos tecidos moles, assim como acontece em uma situação in vivo.

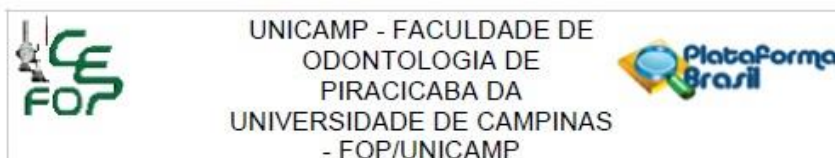
CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO: As imagens radiográficas periapicais digitais serão selecionadas para compor a amostra mediante aplicação dos critérios de inclusão e exclusão descritos a seguir.

Críticos de inclusão: Imagens radiográficas periapicais digitais, pertencentes ao banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP/UNICAMP), de dentes com fratura radicular vertical, de forma simulada, inseridos no alvéolo dentário de uma mandíbula humana seca, sem a presença de dentes adjacentes. Para o grupo controle serão os mesmos critérios utilizados, mas com a ausência da fratura radicular vertical.

Críticos de exclusão: Imagens radiográficas periapicais digitais que apresentem erros de técnica radiográfica e/ou que apresentem qualidade insuficiente para uma avaliação.

METODOLOGIA UTILIZADA: Serão selecionadas 30 imagens radiográficas periapicais de dentes sem (15 dentes) e com (15 dentes) fratura radicular vertical no software Scanora do sistema radiográfico Digora Toto® (Soredex, Tuusula, Finlândia). A mesma quantidade de imagens periapicais será selecionada no software CliniView (Instrumentarium Dental, Milwaukee, WI) do sistema radiográfico Digora Optime®. Individualmente, cada imagem radiográfica será exportada em 4 formatos de arquivos diferentes em ambos os sistemas radiográficos: TIFF (Tagged Image File Format), JPEG (Joint Photographic Experts Group), BMP (Bitmap - Windows pattern) e PNG (Portable Network Graphics), totalizando 240 imagens (30 imagens radiográficas x 2 sistemas radiográficos x 4 formatos de imagem).

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

A avaliação das imagens será realizada, de forma independente, por 3 radiologistas orais com experiência em diagnóstico radiográfico. Os examinadores serão os próprios pesquisadores, não sendo assim necessária a aplicação do termo de consentimento livre esclarecido. Eles avaliarão as imagens em relação à presença de fratura radicular vertical, em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica), no software JPEGView – Image viewer and editor, baseando-se na escala de 5 pontos, que variam respostas entre os números 1 e 5 (1 definitivamente ausente; 2 provavelmente ausente; 3 incerto; 4 provavelmente presente e 5 definitivamente presente). Os avaliadores serão orientados a avaliarem, no máximo, 20 imagens por dia com o objetivo de evitar a fadiga visual. Após 30 dias do término das avaliações, será realizada a reavaliação de 30% da amostra para a obtenção da concordância intra-examinador.

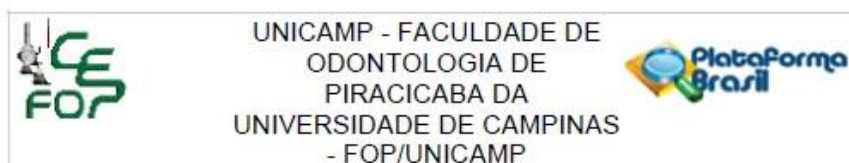
Metodologia de análise dos dados: Serão obtidos os valores de diagnóstico (sensibilidade, especificidade e área sob a curva ROC) para o diagnóstico de fraturas radiculares. Será utilizada análise de variância (ANOVA two-way) para comparar os valores de diagnóstico de fraturas radiculares entre os sistemas radiográficos e os formatos de arquivo de imagem testados. O teste de Kappa ponderado será empregado para avaliação da concordância intra e interexaminadores. Será adotado um nível de significância de 5% para todas as análises realizadas. A hipótese nula do presente estudo considerará não haver diferença entre os diferentes formatos de arquivo de imagem nem entre os sistemas radiográficos digitais testados para o diagnóstico de fratura radicular vertical.

RESULTADOS ESPERADOS: Espera-se verificar se há diferença significativa entre os formatos de arquivo de imagens avaliados no diagnóstico de fratura radicular vertical e, com isso, recomendar o(s) formato(s) mais adequado para tal tarefa.

CRONOGRAMA DE TRABALHO: O cronograma abaixo representa o plano previsto para a pesquisa a ser desenvolvido no período de 8 meses, após a aprovação do protocolo pelo Sistema CEP/CONEP, exceto Revisão Bibliográfica Periódica, Estudo da Literatura, Redação do Projeto e Envio para Comitê de Ética em Pesquisa.

O cronograma proposto para a pesquisa no projeto informa o início em julho de 2020, o término em fevereiro de 2021 e prevê cerca de 8 meses para conclusão do estudo. O cronograma descrito na PB indica que a pesquisa será iniciada em 17/07/2020 (etapas preliminares), em 03/08/2020 (seleção das imagens) e será concluída em 15/02/2021, em cerca de 8 meses.

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

O arquivo ajustado do projeto de pesquisa, com as áreas modificadas marcadas em amarelo foi apresentado.

Objetivo da Pesquisa:

Justificativa da pesquisa: O diagnóstico precoce de fratura radicular vertical proporciona maiores chances de conservação das estruturas ósseas adjacentes. Além disso, com o avanço da tecnologia e a disponibilidade de diferentes aparelhos que possibilitam a obtenção da imagem radiográfica em diferentes formatos e, consequentemente, em diferentes graus de compactação, é de suma importância identificar se a taxa de compactação das radiografias influencia o diagnóstico de fratura radicular vertical em diferentes sistemas radiográficos digitais.

Hipótese: O diagnóstico precoce de fratura radicular vertical proporciona maiores chances de conservação das estruturas ósseas adjacentes. Além disso, com o avanço da tecnologia e a disponibilidade de diferentes aparelhos que possibilitam a obtenção da imagem radiográfica em diferentes formatos e, consequentemente, em diferentes graus de compactação, é de suma importância identificar se a taxa de compactação das radiografias influencia o diagnóstico de fratura radicular vertical em diferentes sistemas radiográficos digitais.

Objetivo primário: Avaliar a influência da compactação de imagens radiográficas periapicais digitais em diferentes formatos de arquivo no diagnóstico de fratura radicular vertical.

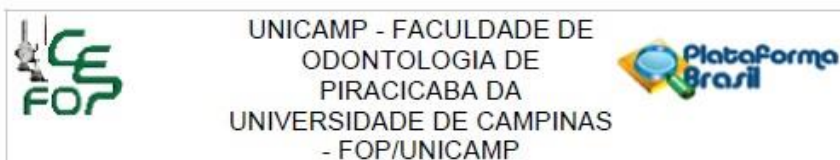
Objetivos secundários: Não descritos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Quanto aos riscos e desconfortos previstos para os participantes, os pesquisadores informaram que "Na presente pesquisa serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais pertencentes ao biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Como serão utilizadas somente as imagens arquivadas, não haverá desconfortos nem riscos, porque as imagens já foram adquiridas e em dentes, não tendo envolvimento algum com pacientes. Além disso, a participação na pesquisa, dos examinadores radiologistas orais, não implica em risco ou desconforto previsível, pois não haverá intervenção direta ou indireta sobre o indivíduo, e sim a avaliação de material já obtido anteriormente, além de sua identidade que será preservada".

Quanto aos benefícios diretos previstos para os participantes, os pesquisadores informaram que "Não haverá benefício e nem prejuízo direto ao participante, pois, como já explicado anteriormente, na presente pesquisa, apenas serão utilizadas imagens radiográficas periapicais

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

digitais, do arquivo digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Também não haverá benefícios ou vantagens diretas previstas na pesquisa para os avaliadores voluntários que dela participarem”.

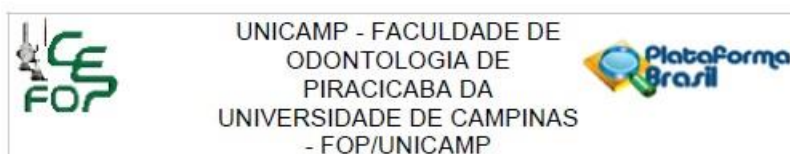
Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Quanto ao modo de abordagem dos participantes da pesquisa para a obtenção do TCLE, os pesquisadores informaram que “No presente estudo serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais de dentes com fratura radicular vertical, de forma simulada, pertencentes aos arquivos do banco de imagens da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP/UNICAMP. O processo de obtenção das amostras está previsto para ocorrer entre agosto e setembro de 2020. Apenas serão incluídas as imagens radiográficas desses dentes modelo, sem participação de pacientes, não sendo aplicável Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Com relação aos dados de cadastro do banco de imagens, encontram-se somente o número do dente. Outros dados como telefone e endereço não foram encontrados nas imagens do arquivo, não sendo possível a aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Porém, será solicitada a autorização ao professor responsável pelo Biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, para utilização das imagens radiográficas periapicais digitais, pertencentes ao arquivo do biobanco de imagens da clínica. A avaliação das imagens será realizada, de maneira independente, por 3 radiologistas orais com experiência em diagnóstico radiográfico, devidamente calibrados, baseadas na escala de Likert de 5 pontos, em um ambiente silencioso e pouco iluminado, utilizando o monitor Barco LCD-2124 MDRC (Barco, Kortrijk, Bélgica): tamanho de 24,1 polegadas, resolução máxima 1920 x 1080p DVI, representando exibição médica”.

Quanto à justificativa para participação de grupos vulneráveis os pesquisadores informaram que “Nesta pesquisa terá a participação de 3 radiologistas orais (de ambos os sexos, na faixa etária de 20 e 30 anos, cirurgiões-dentistas e com experiência em diagnóstico radiográfico), alunos da área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, para a avaliação das imagens radiográficas periapicais digitais de dentes com fratura radicular vertical, de forma simulada, com nitidez e contraste suficiente. Os examinadores serão os próprios pesquisadores, não sendo assim necessária a aplicação do termo de consentimento livre esclarecido e garantido que os examinadores não estarão envolvidos na preparação da amostra das imagens radiográficas”.

Quanto às medidas para proteção ou minimização dos desconfortos e riscos previsíveis os pesquisadores informaram que “Não é previsível nenhum tipo de risco ou desconforto para os

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Arelão CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

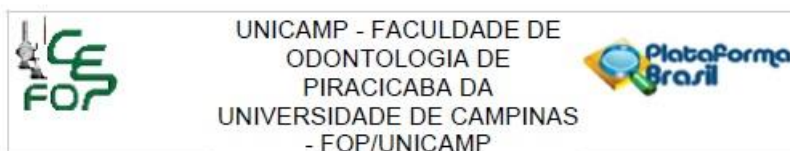
sujeitos da pesquisa e, portanto, não haverá medidas de proteção ou minimização de riscos previsíveis, pois serão utilizadas imagens radiográficas periapicais digitais que já foram realizadas e que se apresentam no arquivo digital Clínica de Radiologia Odontológica (FOP/UNICAMP). Também não há risco previsível para os examinadores pela participação na pesquisa. Portanto, não há previsão de medidas de proteção dos mesmos".

Pendência 4 (atendida em 21/08/20)- Quanto às medidas de proteção à confidencialidade os pesquisadores informaram que "As identidades serão mantidas em sigilo e as informações obtidas durante a pesquisa só serão acessadas pelos pesquisadores. Para todas as imagens utilizadas e analisadas serão adotadas as medidas de confidencialidade dos dados. Na divulgação dos resultados desse estudo, informações que possam identificá-lo não serão mostradas ou publicadas. Os dados dos resultados dos avaliadores também serão mantidos em sigilo absoluto e a confidencialidade será preservada, sendo os resultados de suas avaliações codificados como avaliador 1, 2 e 3. Além disso, eles não serão identificados em qualquer apresentação ou publicação baseada nos resultados dessa pesquisa". No projeto são citados 3 avaliadores especialistas, neste item são citados 5. Os pesquisadores devem ajustar o parágrafo acima ou o projeto de pesquisa quanto ao número de avaliadores.

Quanto à previsão de ressarcimento de gastos os pesquisadores informaram que "Como as imagens utilizadas, na presente pesquisa, pertencem aos arquivos digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP, e são de dentes com fratura radicular vertical, de forma simulada, não houve participação de pacientes. Assim, não se tem previsão do ressarcimento dos gastos para os sujeitos da pesquisa. Da mesma maneira, a participação na pesquisa também não causará despesas ao avaliador voluntário em qualquer fase do estudo, não havendo também a previsão de ressarcimento de gastos para esse grupo. Caso haja a necessidade de qualquer cobrança, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores".

Quanto à previsão de indenização e/ou reparação de danosos pesquisadores informaram que "Não há risco previsível de nenhum tipo de dano ao paciente na pesquisa e, portanto, não há previsão de indenização e/ou reparação de dano, já que a pesquisa se realizará com imagens radiográficas digitais pertencentes aos arquivos digital do biobanco da Clínica de Radiologia Odontológica, do Departamento de Diagnóstico Oral (DDO) da FOP-UNICAMP. Também não há risco previsível pela participação na pesquisa dos avaliadores, e, portanto, não há previsão de indenização ou

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Arelho CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

reparação dos mesmos. Porém, fica garantida a indenização, em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial".

Quanto aos critérios para suspender ou encerrar a pesquisa os pesquisadores informaram que "Não há previsão de suspensão da pesquisa. Em caso de suspensão, os motivos possíveis serão devido a doença dos pesquisadores e/ou avaliadores que os impossibilite de realizá-la. A mesma será encerrada quando as informações desejadas forem obtidas".

O arquivo com os comentários éticos ajustados, com as áreas modificadas marcadas em amarelo foi apresentado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Pendência 5 (atendida em 21/08/20)- A FR foi apresentada preenchida (33 participantes, sem patrocinador principal) e assinada pelo pesquisador responsável (Dr Murilo Miranda Vasconcelos Viana) e pelo Diretor da FOP-UNICAMP (Dr. Francisco Haiter Neto). A FR foi datada de 21/08/2020.

A capa do projeto cita os dados solicitados pelo CEP-FOP.

Foi apresentada a declaração dos pesquisadores, adequadamente preenchida e assinada pelos 6 pesquisadores.

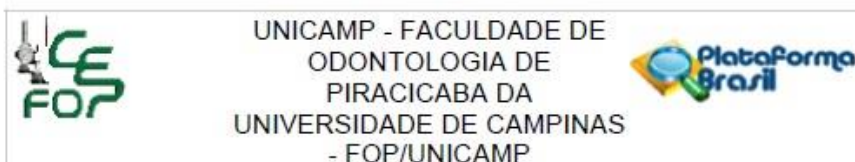
Foi apresentada a declaração da instituição, adequadamente preenchida e assinada.

Foi apresentada a autorização de acesso e uso dos Computadores e Softwares da Clínica de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, assinada pela Profa. Deborah Queiroz de Freitas França.

Foi apresentada a autorização de acesso e uso do material do Biobanco (B045) assinada pelo Prof. Francisco Haiter Neto.

Pendência 6 (atendida em 21/08/20)- Foi apresentada a justificativa para não obtenção do consentimento aos participantes da pesquisa do seguinte modo "Declaro que, a pesquisa intitulada: "Avaliação de fratura radicular vertical em radiografias periapicais com diferentes formatos de arquivo", terá a participação de 3 radiologistas orais (de ambos os sexos, na faixa etária de 20 e 30 anos, cirurgiões-dentistas e com experiência em diagnóstico radiográfico), alunos da área de Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP, para a avaliação das imagens radiográficas periapicais digitais de dentes com fratura radicular vertical, de forma simulada, com nitidez e contraste suficiente. Os examinadores serão os próprios pesquisadores, não sendo assim necessária a aplicação do termo de consentimento livre esclarecido".

Endereço: Av.Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

Necessidade de registro de Biorrepositório: A descrição da metodologia indica que não serão coletadas amostras biológicas para a realização da pesquisa e, portanto, não há necessidade de registro de biorrepositório.

O orçamento descrito na PB informa que a pesquisa terá custo de R\$ R\$ 55,00, para aquisição de material de consumo, e que será bancada pelos pesquisadores.

A FUND COORD DE APERFEICOAMENTO DE PESSOAL DE NIVEL SUP foi citada como Financiadora Institucional Secundária.

A pesquisa foi classificada na Grande Área 4 (Ciências da Saúde) e tem como título público "Avaliação de fratura radicular vertical em radiografias periapicais com diferentes formatos de arquivo".

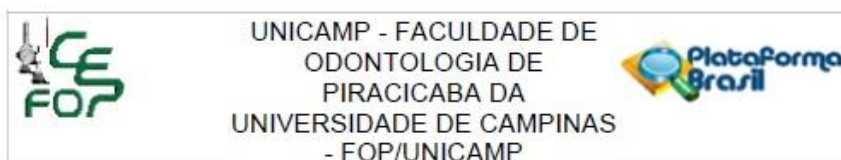
A pesquisa não foi classificada nas áreas temáticas especiais.

A Instituição proponente da pesquisa é a Faculdade de Odontologia de Piracicaba – Unicamp e não foi listada Instituição coparticipante.

Recomendações:

As recomendações a seguir não são pendências e podem ou não ser aplicáveis ao protocolo em tela. Não há necessidade de resposta às mesmas. **RECOMENDAÇÃO 1-** É obrigação do pesquisador desenvolver o projeto de pesquisa em completa conformidade com a proposta apresentada ao CEP. Mudanças que venham a ser necessárias após a aprovação pelo CEP devem ser comunicadas na forma de emendas ao protocolo por meio da PB. **RECOMENDAÇÃO 2-** Após a aprovação do protocolo de pesquisa os pesquisadores devem atentar para a necessidade de envio de relatórios parciais de atividade (no mínimo um a cada 12 meses) e do relatório final de atividade (ao término da pesquisa). Os pesquisadores devem informar e justificar ao CEP a eventual necessidade de interrupção ou interrupção total ou parcial da pesquisa. **RECOMENDAÇÃO 3-** Reforça-se a necessidade do registro de Biorrepositórios para as amostras biológicas coletadas e que não sejam de uso imediato. A intenção deve ser registrada no projeto, no Regulamento do Biorrepositório e no TCLE que será assinado pelo participante. **RECOMENDAÇÃO 4-** Os pesquisadores devem atentar para a necessidade de aplicação de TCLE para coleta de amostras a serem estocadas em Biobancos e Biorrepositórios e para a necessidade de aplicação de novo TCLE quando da realização de novas pesquisas com o material estocado. **RECOMENDAÇÃO 5-** Pesquisas com dentes doados por profissionais de saúde ainda são toleradas em hipótese pelo CEP-FOP, mas os pesquisadores devem estar cientes de que esta solução dista do ideal ético de consulta direta ao participante por

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

meio de TCLE específico da pesquisa ou da obtenção dos dentes a partir de um Biobanco de dentes e que estas últimas situações deveriam ser escolhidas em substituição à primeira. RECOMENDAÇÃO 6- Os pesquisadores devem manter os arquivos de fichas, termos, dados e amostras sob sua guarda por pelo menos 5 anos após o término da pesquisa. RECOMENDAÇÃO 7- Destaca-se que o parecer consubstanciado é o documento oficial de aprovação do sistema CEP/CONEP e os certificados emitidos pela secretaria do CEP-FOP, a pedido, após a aprovação final do protocolo, só têm valor simbólico e devem ser evitados. RECOMENDAÇÃO 8- Intercorrências e eventos adversos devem ser relatados ao CEP-FOP por meio da PB. RECOMENDAÇÃO 9- Os pesquisadores devem encaminhar os resultados da pesquisa para publicação e divulgação, com devido crédito a todos que tenham colaborado com a realização da pesquisa. RECOMENDAÇÃO 10- O parecer do CEP-FOP é fortemente baseado nos textos do protocolo encaminhado pelos pesquisadores e pode conter inclusive trechos transcritos literalmente do projeto ou de outras partes do protocolo. Trata-se, ainda assim, de uma interpretação do protocolo. Caso algum trecho do parecer não corresponda ao que efetivamente foi proposto no protocolo, os pesquisadores devem se manifestar sobre esta discrepância. A não manifestação dos pesquisadores será interpretada como concordância com a fidedignidade do texto do parecer no tocante à proposta do protocolo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há mais pendências por resolver (vide texto acima).

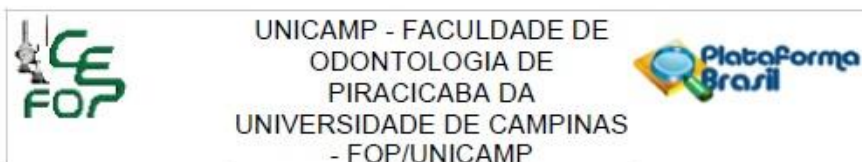
Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer de aprovação de Protocolo emitido "ad referendum" conforme autorização do Colegiado na reunião de 19/02/2020. O parecer será submetido para homologação na reunião de 16/09/2020.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1596640.pdf	21/08/2020 10:00:18		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	2Projeto.pdf	21/08/2020 09:59:52	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Solicitação registrada pelo CEP	cartarespostaparecer.pdf	21/08/2020 09:58:42	MURILO MIRANDA VASCONCELOS	Aceito

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
 Bairro: Areião CEP: 13.414-903
 UF: SP Município: PIRACICABA
 Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br



Continuação do Parecer: 4.231.578

Solicitação registrada pelo CEP	cartarespostaparecer.pdf	21/08/2020 09:58:42	VIANA	Aceito
Outros	3Comentarios.pdf	21/08/2020 09:58:16	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	4DispensaTCLE.pdf	21/08/2020 09:57:39	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	21/08/2020 09:56:50	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	55Autarq.pdf	20/07/2020 10:08:48	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	54AltInfra.pdf	20/07/2020 10:08:23	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	52DeclarInstituicao.pdf	20/07/2020 10:08:15	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito
Declaração de Pesquisadores	51Declarapesquisadores.pdf	20/07/2020 10:07:56	MURILO MIRANDA VASCONCELOS VIANA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PIRACICABA, 24 de Agosto de 2020

Assinado por:
jacks jorge junior
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Limeira 901 Caixa Postal 52
Bairro: Areião CEP: 13.414-903
UF: SP Município: PIRACICABA
Telefone: (19)2106-5349 Fax: (19)2106-5349 E-mail: cep@fop.unicamp.br