



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG)
FACULDADE DE ODONTOLOGIA (FO)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

AMANDA RODRIGUES MOURA

**CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO
RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA
ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES
INFERIORES**

GOIÂNIA - GO

2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ Dissertação ☐ Tese ☐ Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Amanda Rodrigues Moura

3. Título do trabalho

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS
PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES INFERIORES

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Rodrigues Moura, Discente**, em 15/07/2026, às 17:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio Almeida Silva, Professor do Magistério Superior**, em 17/07/2026, às 16:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6339400** e o código CRC **EA05748F**.

Referência: Processo nº 23070.031239/2026-41

SEI nº 6339400

AMANDA RODRIGUES MOURA

**CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO
RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA
ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES
INFERIORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, da Faculdade de Odontologia (FO) da Universidade Federal de Goiás (UFG), como requisito para obtenção do título de Mestra em Odontologia.

Área de concentração: Desempenho de Materiais Odontológicos.

Orientador(a): Dr. Julio Almeida Silva

Coorientador(a): Dr. Daniel de Almeida Decurcio

GOIÂNIA

2026

Moura, Amanda Rodrigues

CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES INFERIORES [manuscrito] / Amanda Rodrigues Moura. - 2026.

LIII, 53 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Julio Almeida Silva ; co-orientador: Dr. Daniel de Almeida Decurcio

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Odontologia (FO), Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Goiânia, 2026.

Ilustrações.

Anexo.

Bibliografia.

Inclui: siglas, símbolos, tabelas, gráfico, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Odontologia Digital. 2. Endodontia Guiada. 3. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

I. Silva, Julio Almeida, orient. II. Decurcio, Daniel de Almeida, co-orient. III. Título.

CDU 616.314



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **23/2026** da sessão de Defesa de Dissertação de **Amanda Rodrigues Moura**, que confere o título de Mestra em **Odontologia**, na área de concentração em **Clínica Odontológica**.

Aos **treze dias do mês de julho de dois mil e vinte e seis**, a partir das **catorze horas**, no Auditório, da Faculdade de Odontologia da UFG, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “CLASSIFICAÇÃO DE RISCO DE PERFURAÇÃO RADICULAR EM PLANEJAMENTOS DIGITAIS PARA ENDODONTIA GUIADA EM DENTES ANTERIORES INFERIORES”. Os trabalhos foram instalados pela orientador, **Professor Doutor Julio Almeida Silva (PPGO/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor Carlos Estrela (PPGO/UFG)**, membro titular interno; **Professor Doutor Giulliano Caixeta Serpa (FO/UFG)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo **Professor Doutor Julio Almeida Silva**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **treze dias do mês de julho de dois mil e vinte e seis**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Não houve



Documento assinado eletronicamente por **Julio Almeida Silva, Professor do Magistério Superior**, em 13/07/2026, às 17:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Estrela, Professor do Magistério Superior**, em 13/07/2026, às 17:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Giulliano Caixeta Serpa, Professor do Magistério Superior**, em 13/07/2026, às 22:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6332340** e o código CRC **5C4F1A7F**.

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, em especial meu pai Juliano Moura, minha mãe Fernanda Rodrigues e minha irmã Isabela Rodrigues.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, por ser meu sustento, minha força e minha esperança durante toda essa caminhada. Em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis, senti Sua presença guiando meus passos, renovando minhas forças e me mostrando que eu era capaz de continuar. Cada desafio enfrentado, cada aprendizado adquirido e cada conquista alcançada só foram possíveis pela Sua graça e pelo Seu infinito amor. A Ele entrego toda honra e toda glória por ter me permitido chegar até aqui.

Aos meus pais, Juliano Alves de Moura e Fernanda Rodrigues de Sousa Moura, expresso meu mais profundo amor e agradecimento. Obrigada por nunca medirem esforços para me proporcionar o melhor, por todo apoio, incentivo e dedicação ao longo da minha vida. Vocês sempre foram meu alicerce, minha maior inspiração e meu porto seguro em todos os momentos. Cada ensinamento, cada conselho, cada renúncia silenciosa e cada gesto de amor foram essenciais para que eu chegasse até aqui. Essa conquista também pertence a vocês.

Ao meu pai, Juliano Alves de Moura, agradeço por ser exemplo de força, honestidade, responsabilidade e perseverança. Sua determinação sempre me inspirou a seguir em frente, mesmo diante das dificuldades. Obrigada por todo incentivo e por sempre acreditar no meu potencial.

À minha mãe, Fernanda Rodrigues de Sousa Moura, minha eterna gratidão por todo amor, carinho, cuidado e apoio incondicional. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos, por me acolher nos dias difíceis e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos. Sua força e sua dedicação são inspirações diárias para mim.

À minha irmã, Isabela Rodrigues Moura, agradeço pelo companheirismo, amizade e por compartilhar comigo tantos momentos importantes ao longo dessa caminhada. Obrigada pelas conversas, pelo apoio, pelas risadas e por tornar os dias mais leves e especiais. Ter você ao meu lado faz toda diferença.

À minha avó, Joana, deixo minha sincera gratidão por todas as orações, pelo carinho, cuidado e amor dedicados a mim durante toda minha vida. Sua fé, sabedoria e generosidade sempre serão grandes inspirações para mim. Obrigada por estar

presente em todos os momentos, sempre oferecendo apoio e acolhimento.

Aos professores que fizeram parte dessa trajetória, deixo meu sincero agradecimento pelos ensinamentos compartilhados, pela dedicação e pelo incentivo ao longo dessa caminhada. Em especial, ao professor Julio Almeida, pela orientação, paciência e pelos valiosos conhecimentos transmitidos durante essa etapa. Ao professor Daniel Decurcio, agradeço pela disponibilidade, apoio e comprometimento durante toda a trajetória acadêmica. À professora Patrícia Siqueira, meu agradecimento pelas oportunidades concedidas e pela forma cuidadosa e humana com que sempre conduziu seu trabalho. À professora Ana Helena Alencar, agradeço pelos ensinamentos, pela dedicação e por ser exemplo de profissionalismo e sensibilidade. Ao professor Giuliano Serpa, agradeço pelas observações e contribuições valiosas que enriqueceram esta jornada. Ao professor Carlos Estrela, minha admiração e gratidão pelos conhecimentos compartilhados, pelas reflexões proporcionadas e pela inspiração profissional transmitida ao longo dessa caminhada.

Aos meus colegas, agradeço pela convivência, pelas experiências compartilhadas, pelo apoio mútuo e pelos momentos vividos durante essa trajetória. Em especial, ao meu amigo Lucas Freitas, por toda parceria, amizade e companheirismo ao longo dessa caminhada. Compartilhar essa fase ao seu lado tornou tudo mais leve e especial.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta etapa tão importante da minha vida. Essa conquista representa não apenas a realização de um sonho, mas também todo esforço, dedicação, aprendizado e amor recebidos ao longo do caminho. Finalizo este ciclo com o coração cheio de gratidão e com a certeza de que nenhuma conquista é construída sozinha.

Resumo

Objetivo: Utilizar uma Classificação de Risco para Perfurações Radiculares, nos grupos de dentes anteriores inferiores, em planejamentos digitais para Endodontia Guiada. **Material e método:** Foram utilizadas 24 tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) provenientes do banco de dados da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás. Os planejamentos digitais para Endodontia Guiada foram realizados no software Blue Sky Plan®, com posicionamento da broca de acesso nos terços cervical, médio e apical dos dentes anteriores inferiores. Foi mensurada a menor espessura dentária entre a ponta da broca virtual e a superfície externa radicular; obtendo assim a menor “espessura dentária estimada” para cada espécime. Com base em valores de desvios descritos na literatura, foi proposta uma Classificação de Risco de perfuração radicular em Endodontia Guiada, sendo classificados como Alto Risco valores de “espessura dentária estimada” inferiores a 0,5 mm, Risco moderado entre 0,5 e 1 mm e Baixo Risco superiores a 1 mm. Os dados foram analisados estatisticamente com nível de significância de 5%. **Resultados:** Foi observada diferença estatisticamente significativa no risco de perfuração entre os terços radiculares dos dentes anteriores inferiores. Os incisivos centrais e laterais apresentaram estimativa de espessura dentinária inferior a 1 mm na maioria dos terços avaliados, enquanto os caninos apresentaram maiores espessuras, especialmente na região cervical. O grupo dos incisivos centrais apresentou as menores espessuras no terço cervical. E o grupo dos incisivos laterais apresentou menores espessuras nos terços cervical e apical em relação aos caninos ($p < 0,001$). **Conclusão:** Incisivos e caninos inferiores apresentaram alto risco de perfuração radicular no terço apical. Nos incisivos inferiores, os terços cervical e médio apresentaram risco moderado, enquanto nos caninos inferiores esses mesmos terços apresentaram baixo risco de perfuração radicular.

Palavras-chave: Odontologia digital, Endodontia guiada, Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Abstract

Objective: To apply a Risk Classification for Root Perforations in mandibular anterior teeth groups using digital planning for Guided Endodontics. **Material and Methods:** Cone-beam computed tomography (CBCT) scans from 24 patients obtained from the database of the School of Dentistry at the Federal University of Goiás were included. Digital planning for Guided Endodontics was performed using Blue Sky Plan® software, with the access bur positioned at the cervical, middle, and apical thirds of the mandibular anterior teeth. The minimum dentin thickness between the tip of the virtual bur and the external root surface was measured, providing the minimum estimated dentin thickness for each specimen. Based on deviation values reported in the literature, a Root Perforation Risk Classification for Guided Endodontics was proposed, in which estimated dentin thickness values lower than 0.5 mm were classified as High Risk, values between 0.5 and 1.0 mm as Moderate Risk, and values greater than 1.0 mm as Low Risk. Data were statistically analyzed at a significance level of 5%. **Results:** A statistically significant difference in perforation risk was observed among the root thirds of the mandibular anterior teeth. Central and lateral incisors exhibited estimated dentin thickness values of less than 1 mm in most of the evaluated root thirds, whereas canines showed greater dentin thicknesses, particularly in the cervical region. The central incisors presented the lowest dentin thickness values in the cervical third. Additionally, the lateral incisors exhibited lower dentin thickness values in the cervical and apical thirds when compared with canines ($p < 0.001$). **Conclusion:** Mandibular incisors and canines showed a high risk of root perforation in the apical third. In mandibular incisors, the cervical and middle thirds presented a moderate risk of root perforation, whereas in mandibular canines these same thirds exhibited a low risk of root perforation.

Keywords: Digital dentistry, Guided endodontics, Cone-Beam Computed Tomography.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1	Seleção do template endodôntico para o planejamento virtual no software Bluesky Plan®.	17
Figura 2	Importação do arquivo dicom do paciente.	18
Figura 3	Seleção da série DICOM pretendida.	18
Figura 4	Ajuste do volume para o planejamento endodôntico (delimitação pelas linhas amarelas).	19
Figura 5	Marcação dos pontos para definição da curva panorâmica.	20
Figura 6	Representação do comprimento real do dente.	20
Figura 7	Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.	21
Figura 8	Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.	21
Figura 9	Janela de personalização do implante.	22
Figura 10	Janela de personalização do tubo da guia.	23
Figura 11	Representação do posicionamento da broca de acesso no terço cervical do dente.	24
Figura 12	Representação do posicionamento da broca de acesso no terço médio do dente.	24
Figura 13	Representação do posicionamento da broca de acesso no terço apical do dente.	25
Figura 14	Representação da medida da menor espessura dentinária do terço cervical do elemento 31 do paciente número 18.	26

Figura 15	Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no elemento 31 do paciente número 18.	26
Figura 16	Medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço apical.	27
Gráfico 1	“Espessura dentária mínima estimada” nos terços cervical, médio e apical dos dentes anteriores inferiores.	33
Tabela 1	Valores das diferenças absolutas dos desvios entre os planejamentos virtuais e os desgastes realizados na técnica de Endodontia Guiada em investigações prévias (Bernardino, 2024).	30
Tabela 2	Classificação de Risco de Perfurações Radiculares em procedimentos de Endodontia Guiada de acordo com a espessura mínima de estrutura dental verificada nos planejamentos virtuais (Bernardino, 2024).	30
Tabela 3	“Espessura dentária mínima estimada” de cada terço radicular nos dentes anteriores inferiores.	32
Tabela 4	Espessura de cada grupo dos dentes anteriores inferiores.	34
Tabela 5	Classificação de Risco de Perfuração Radicular em procedimento de Endodontia Guiada, de acordo com os Terços Radiculares de Dentes Anteriores Inferiores.	34

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

3D - Tridimensional;

DICOM - *Digital Imaging and Communications in Medicine* (Comunicação de Imagens Digitais em Medicina);

FOV - *Field of view* (campo de visão);

mm – Milímetros;

OCP - *Pulp canal obliteration* (obliteração do canal pulpar);

TCFC - Tomografia computadorizada de feixe cônico;

UFG - Universidade Federal de Goiás

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	15
1.1	<i>Objetivos específicos</i>	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1	<i>Seleção da amostra</i>	16
3.2	<i>Planejamento Digital para Endodontia Guiada</i>	16
3.3	<i>Medida da espessura mínima de estrutura dentária</i>	25
3.4	<i>Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada</i>	27
3.5	<i>Análise Estatística</i>	29
4	RESULTADOS	30
5	DISCUSSÃO	33
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41
	ANEXOS	44
	Anexo 1 - Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa	44

1 INTRODUÇÃO

A obliteração do canal pulpar pode ocorrer em decorrência de fatores fisiológicos, especialmente o envelhecimento, bem como de fatores patológicos, como traumatismos dentários, lesões cariosas, procedimentos iatrogênicos e sobrecarga oclusal. Essa condição é caracterizada pela deposição progressiva de tecido mineralizado no interior dos canais radiculares, resultando na diminuição parcial ou total do espaço pulpar. Estudos indicam que a obliteração do canal pulpar afeta aproximadamente 4% da população, sendo observada com maior frequência em dentes que sofreram traumatismos. Embora seja considerada um mecanismo de defesa do complexo dentino-pulpar, essa alteração pode representar um desafio para o diagnóstico e o planejamento do tratamento endodôntico (Bordone; Couvrechel, 2020).

Essa situação clínica representa um desafio para o profissional, pois ainda que sejam utilizadas estratégias de microscopia, o risco de erro intraoperatório é muito alto (Bordone; Couvrechel, 2020), pois a dificuldade na localização dos canais pode contribuir para as falhas (Andreasen; Kahler, 2015).

O êxito desse tratamento endodôntico deve ser o foco primordial nessa e, em qualquer situação clínica, visando, sempre que possível, preservar o dente, compreender os fatores de risco associados aos insucessos e se atentar para a necessidade de uma execução precisa e segura dos procedimentos terapêuticos durante o tratamento dos canais radiculares (Estrela *et al.*, 2014). As complicações ligadas à abordagem tradicional da OCP incluem a remoção excessiva de estrutura dentária, perfurações, não detecção do sistema de canais radiculares, fratura de instrumentos e perda do trajeto original (Ambu *et al.*, 2023). Tais intercorrências podem impedir o alcance do comprimento de trabalho adequado. Ainda que brocas de haste longa e insertos ultrassônicos sejam estratégias possíveis de serem utilizadas, geram um alto risco de falha, mesmo quando associadas à magnificação com o uso de microscopia operatória (Cunha *et al.*, 2009).

O desenvolvimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) representou um avanço importante para a Endodontia, ampliando a capacidade diagnóstica e contribuindo para a condução de casos clínicos complexos,

especialmente aqueles relacionados à calcificação dos canais radiculares. A visualização tridimensional das estruturas dentárias proporcionada por essa tecnologia favorece um planejamento mais preciso e pode influenciar positivamente o prognóstico dos tratamentos endodônticos (Bueno *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2016).

Além de sua relevância no diagnóstico de canais calcificados, a TCFC possui diversas aplicações clínicas, incluindo a análise da anatomia dentária, a investigação de alterações do desenvolvimento, a identificação de lesões periapicais, reabsorções radiculares e perfurações. Associada aos recursos de modelagem digital e impressão tridimensional, essa tecnologia também tem sido amplamente empregada em procedimentos como cirurgias parendodônticas e na Endodontia Guiada, permitindo maior precisão durante a execução dos tratamentos (Ahn *et al.*, 2018; Anderson; Wealleans; Ray, 2018; Krastl *et al.*, 2016; Lara-Mendes *et al.*, 2018).

Dessa forma, os avanços em Endodontia, impulsionados pelas novas tecnologias digitais, possibilitaram progressos significativos que influenciam diretamente o sucesso clínico e o prognóstico dos tratamentos. As inovações no campo da odontologia digital têm impactado a sociedade contemporânea, que experimenta uma transformação substancial proporcionada pela velocidade e qualidade das informações, pela economia de recursos e tempo, o que beneficia amplamente a área da saúde (Bueno; Estrela, 2019). Tais avanços refletem uma revolução no pensamento e nas práticas contemporâneas, muitas das quais são embasadas nas recentes inovações biotecnológicas (Bueno; Estrela, 2019).

Nesse contexto, a técnica de Endodontia Guiada, é um exemplo de inovação biotecnológica e é uma abordagem minimamente invasiva e segura para a localização destes canais com obliteração pulpar, contribuindo para a redução de erros operatórios e complicações durante o tratamento endodôntico (Connert *et al.*, 2018). Estudos de anatomia, avaliação de anomalias do desenvolvimento, detecção de lesões periapicais, reabsorções radiculares e perfurações, e impressões tridimensionais são possíveis indicações para o uso da técnica (Ahn *et al.*, 2018; Anderson; Wealleans; Ray, 2018; Krastl *et al.*, 2016; Lara-Mendes *et al.*, 2018). Além disso, uma das indicações de maior sucesso é o tratamento da OCP como alternativa ao preparo convencional da cavidade de acesso (Ambu *et al.*, 2023).

Um relato clínico publicado por Loureiro e colaboradores em 2021 mostrou um caso solucionado por utilização de tecnologias inovadoras. Foi feita uma tentativa de acesso manual ao canal radicular de um incisivo central superior com calcificação, porém o procedimento ocasionou desvio da trajetória original do canal e perfuração no terço médio radicular. Para tratamento, a perfuração foi selada e, em seguida, empregou-se a técnica de endodontia guiada para direcionar adequadamente o acesso ao sistema de canais radiculares (Loureiro *et al.*, 2021).

A técnica de endodontia guiada envolve a fusão de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) com um escaneamento intraoral para criar um guia endodôntico personalizado. Este guia permite ao clínico acessar de forma precisa e minimamente invasiva os canais radiculares calcificados, evitando a perda excessiva de estrutura dentária e complicações iatrogênicas (Dabrowski *et al.*, 2022).

A técnica representa a integração de diversas tecnologias: a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), o escaneamento de superfície tridimensional (3D), os *softwares* de desenhos digitais e a impressão 3D (Ribeiro *et al.*, 2020), permitindo a digitalização da superfície para um planejamento virtual de uma cavidade de acesso ideal (Krastl *et al.*, 2016; Zehnder *et al.*, 2015). A referida técnica utiliza guias confeccionadas em resina que são adaptadas à arcada dentária, permitindo que os desgastes de acesso aos canais radiculares sejam conduzidos de maneira orientada conduzindo uma broca minimamente invasiva até o canal radicular calcificado (Connert *et al.*, 2018). Essa abordagem minimiza o risco de desvios/perfurações indesejadas e a remoção excessiva de dentina, promovendo um acesso mais direto e eficiente ao sistema de canais radiculares (Ribeiro *et al.*, 2020), podendo levar a uma melhora no prognóstico a longo prazo (Chaves *et al.*, 2023; Van der Meer *et al.*, 2016; Zehnder *et al.*, 2015), além de permitir o tratamento desses casos sem microscópio (Ambu *et al.*, 2023).

A obtenção de resultados satisfatórios em tratamentos endodônticos depende, em grande parte, de uma compreensão aprofundada da anatomia interna das raízes dentárias e das variações possíveis no sistema de canais radiculares (RCS). Essa morfologia complexa pode interferir diretamente na eficácia das etapas de desbridamento, desinfecção e obturação dos canais. A ausência de identificação

correta de canais adicionais ou acessórios pode resultar em infecções persistentes ou secundárias, comprometendo o sucesso do tratamento (Miranda *et al.*, 2020). A evolução das técnicas em endodontia guiada em relação à convencional tem proporcionado avanços significativos na precisão e eficácia dos tratamentos, especialmente em situações de anatomia complexa (Chaves *et al.*, 2021).

Em outro estudo conduzido por Loureiro e colaboradores em 2020 houve maior preservação da estrutura dental quando comparado o acesso endodôntico guiado com o acesso convencional. Os achados demonstraram que, nos molares, a técnica guiada promoveu maior preservação da estrutura dental em relação ao método convencional, enquanto nos incisivos, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as duas abordagens (Loureiro *et al.*, 2020).

Apesar dos resultados promissores da endodontia guiada, existem algumas limitações para a aplicação da técnica, relacionadas às características anatômicas de determinados grupos dentários. A broca utilizada para realizar o acesso é reta e não deformável, o que indica que a utilização seja apenas na porção reta do canal. Portanto, restringindo a sua aplicação em molares, exceto em casos específicos onde a calcificação termina antes da região de curvatura da raiz (Lara-Mendes *et al.*, 2018). Além disso, na região dos dentes posteriores pode haver dificuldade de aplicação dessa técnica devido a limitação da abertura bucal (Connert *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2021). Outro ponto limitante é a aplicação da técnica em dentes com raízes estreitas, como os incisivos inferiores (Krastl *et al.*, 2016; Moreno-Rabié *et al.*, 2020), como apontou o estudo de Bernardino (2024). A autora avaliou os incisivos inferiores e apontou que apresentam espessura dentinária inferior a 1 mm com terço apical de 0,140 mm, o que indica alto risco para perfuração (Bernardino, 2024).

Diante disso, é importante a realização de estudos adicionais que auxiliem no desenvolvimento de ferramentas de avaliação de risco para os profissionais, principalmente em dentes de raízes estreitas (Krastl *et al.*, 2016; Moreno-Rabié *et al.*, 2020). Dessa forma, a literatura contribuirá para ampliar o conhecimento na técnica, além de respaldar os profissionais para uma execução com excelência minimizando os riscos de perfurações e outras complicações.

Sendo assim, este estudo levanta a hipótese de que é possível utilizar uma

Classificação de Risco para Perfurações Radiculares nos dentes inferiores anteriores, a partir de parâmetros digitais que incluem a espessura radicular.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi utilizar uma Classificação de Risco para Perfurações Radiculares, nos grupos de dentes anteriores inferiores, em planejamentos digitais para Endodontia Guiada.

1.1 *Objetivos específicos*

- a) Determinar menor “espessura dentária estimada”, em milímetros, entre a ponta da broca de desgaste virtual e a superfície externa radicular, nos planejamentos de endodontia guiada dos grupos de dentes anteriores inferiores;
- b) Comparar menor “espessura dentária estimada”, entre cada terço radicular dos grupos de dentes analisados, nos planejamentos de endodontia guiada.
- c) Comparar menor “espessura dentária estimada” entre os grupos de dentes anteriores inferiores, nos planejamentos de endodontia guiada.
- d) Classificar o Risco de Perfuração Radicular, em planejamentos digitais de Endodontia Guiada, em dentes anteriores inferiores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Seleção da amostra

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG (CAAE 57359422.3.0000.5083, Parecer n. 5.373.063) (Anexo 1). Foram utilizadas 24 tomografias computadorizadas pertencentes ao banco de dados de pacientes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (UFG). Os exames foram obtidos de pacientes que autorizaram previamente o uso de seus dados para fins de pesquisa científica, mediante leitura, compreensão e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Foram assegurados o sigilo das informações, a privacidade e a confidencialidade dos participantes, respeitando os princípios éticos vigentes para pesquisas envolvendo seres humanos

O tamanho da amostra foi determinado por meio de cálculo amostral realizado com base em estudo prévio (Sousa *et al.*, 2022), considerando-se a mínima diferença a ser detectada, erro alfa de 5% e poder estatístico de 90%. A partir desses parâmetros, obteve-se o número mínimo de 23 tomografias computadorizadas, sendo acrescentado mais 1 exame, totalizando 24 tomografias para composição da amostra.

Foram selecionados os dentes que apresentavam os critérios de inclusão: dentes anteriores inferiores com rizogênese completa, ausência de fraturas radiculares e de reabsorções externas.

Foram excluídos do estudo pacientes totalmente edêntulos, bem como aqueles que apresentavam dentes anteriores inferiores com tratamento endodôntico prévio, presença de artefatos metálicos ou fraturas radiculares.

3.2 Planejamento Digital para Endodontia Guiada

Os planejamentos digitais para endodontia guiada foram realizados com o software *Blue Sky Plan*® versão 4.13 (BlueSkyBio LLC, Libertyville, Illinois, United States). O primeiro passo foi optar por um projeto endodôntico e importar os arquivos

.dicom (CT scan) (Figura 1). Em seguida, a importação dos arquivos no formato .dicom (CT scan) correspondentes a cada paciente (Figura 2). Posteriormente, selecionou-se a série DICOM identificada (Figura 3) e realizou-se o ajuste do volume e da área da imagem a ser analisada (Figura 4). O *Blue Sky Plan* permite que o usuário carregue tomografias computadorizadas de qualquer equipamento de aquisição de tomografia computadorizada.



Figura 1: Seleção do template endodôntico para o planejamento virtual no software Bluesky Plan®.

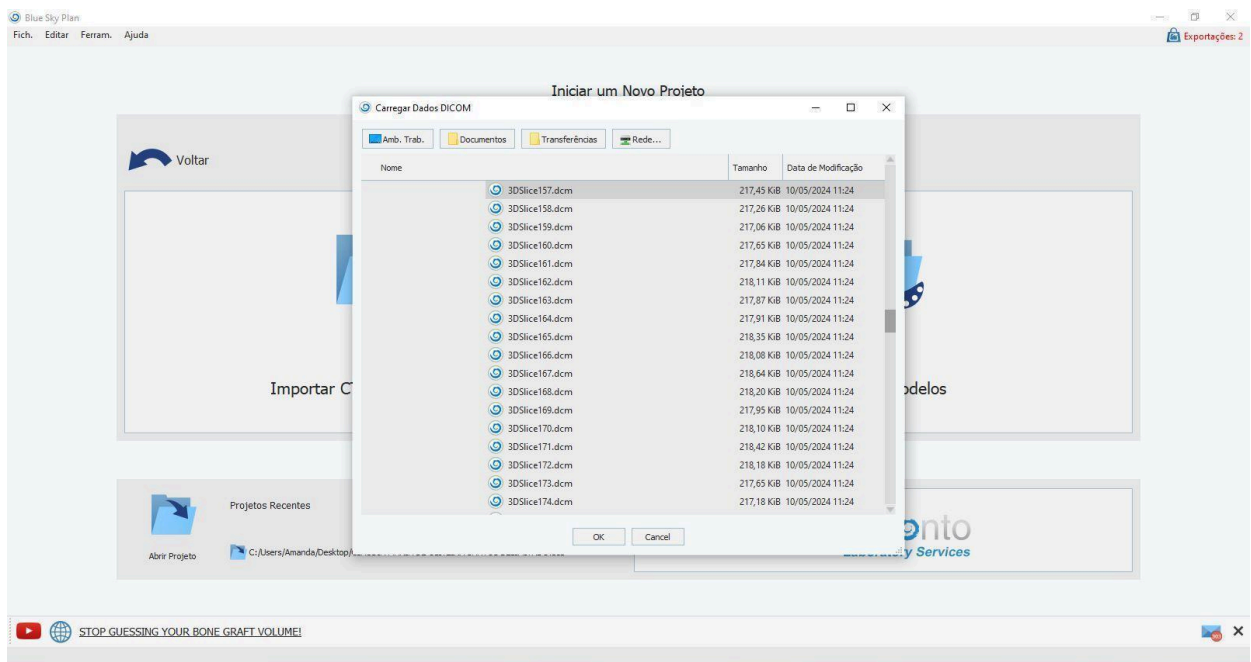


Figura 2: Importação do arquivo dicom do paciente.

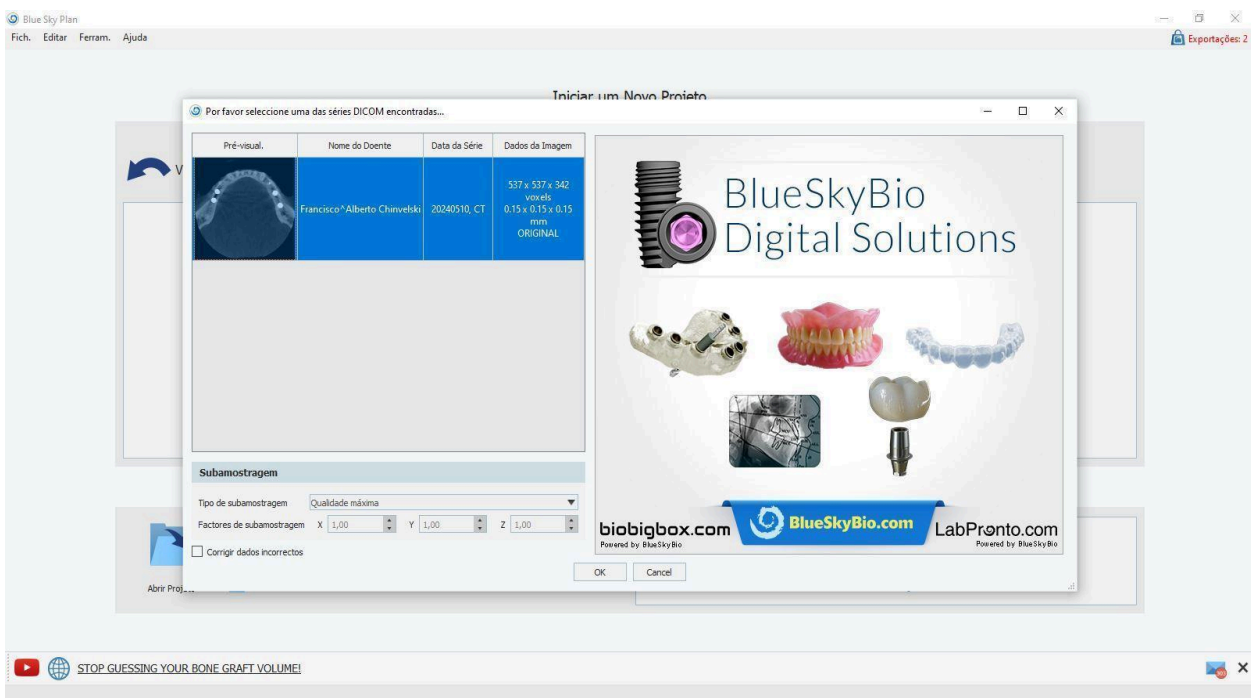


Figura 3: Seleção da série DICOM pretendida.

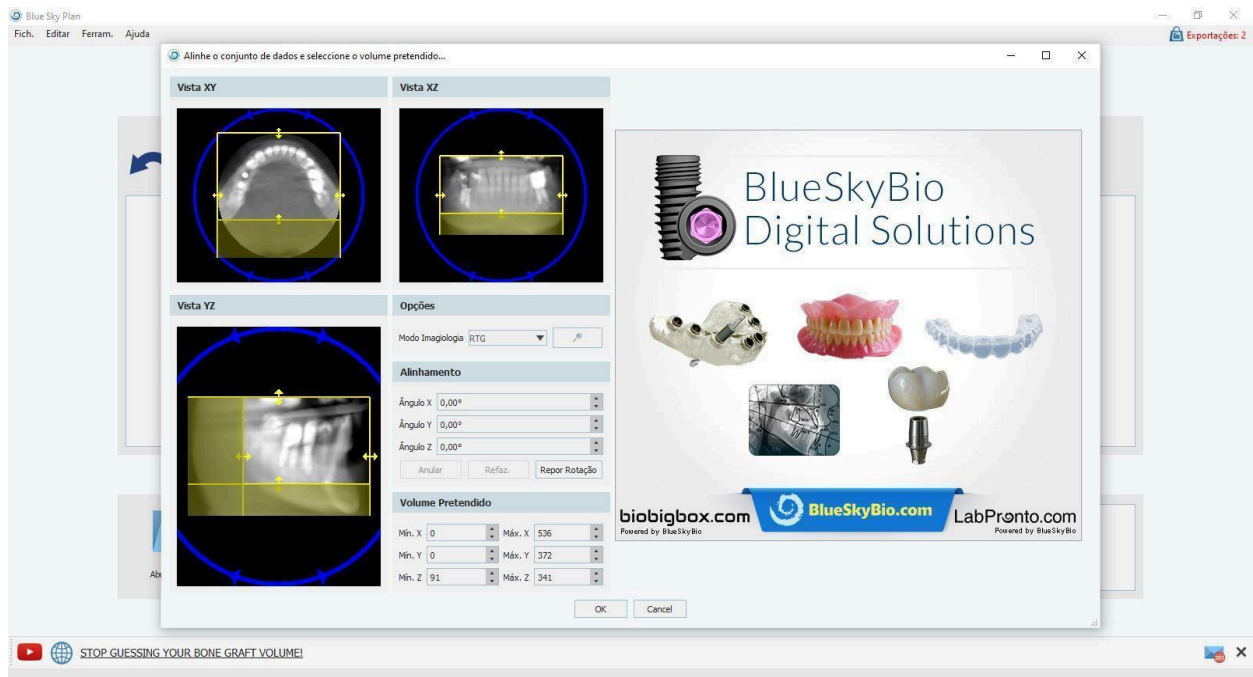


Figura 4: Ajuste do volume para o planejamento endodôntico (delimitação pelas linhas amarelas).

Com o exame aberto, realizou-se a demarcação de pontos no centro das faces incisais/oclusais dos dentes para determinação da curva panorâmica (Figura 5). Em seguida, mensurou-se o comprimento de cada dente em um corte sagital correspondente ao maior comprimento dentário (Figura 6), sendo a raiz posteriormente dividida em terços cervical, médio e apical na vista sagital. O terço cervical foi determinado a 1 mm após a junção cimento-esmalte, o terço médio na metade da distância entre a junção cimento-esmalte e o vértice apical, e o terço apical a 1 mm aquém do vértice apical (Figuras 7 e 8).

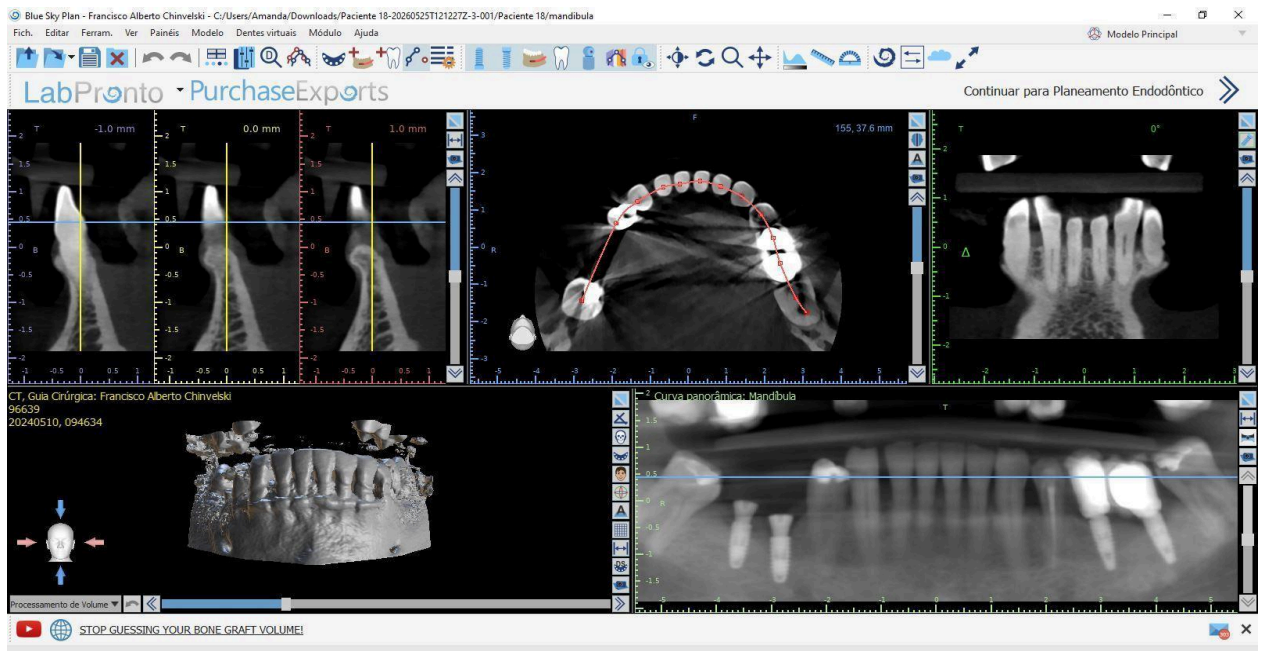


Figura 5: Marcação dos pontos para definição da curva panorâmica.

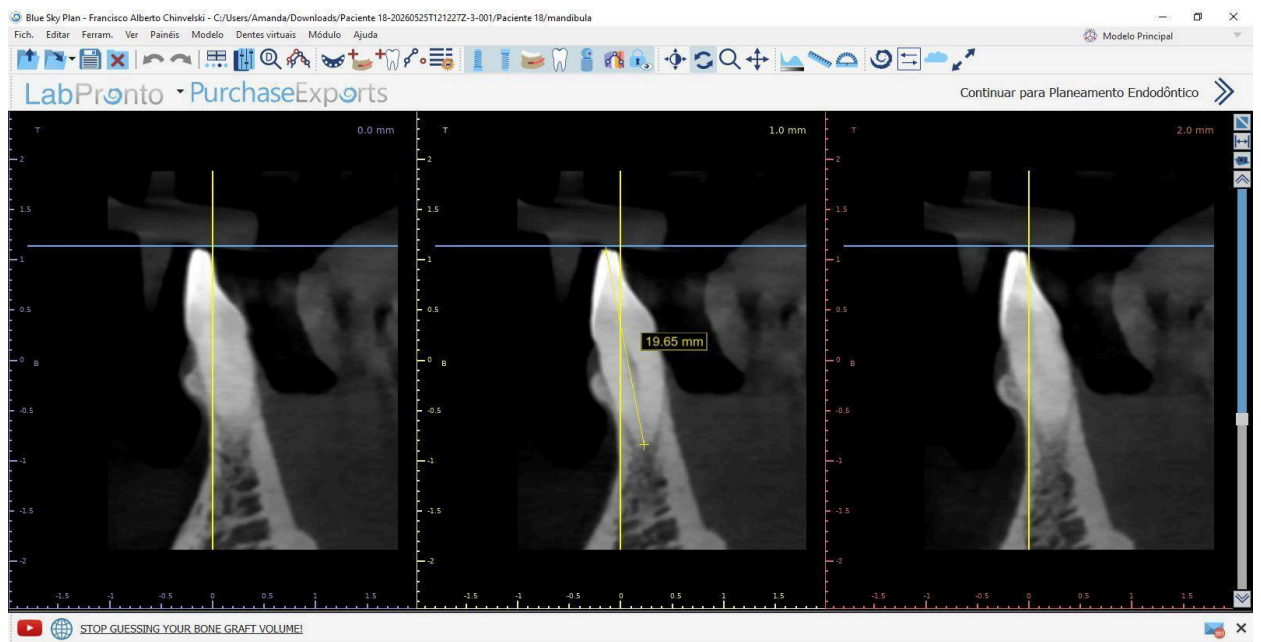


Figura 6: Representação do comprimento real do dente.

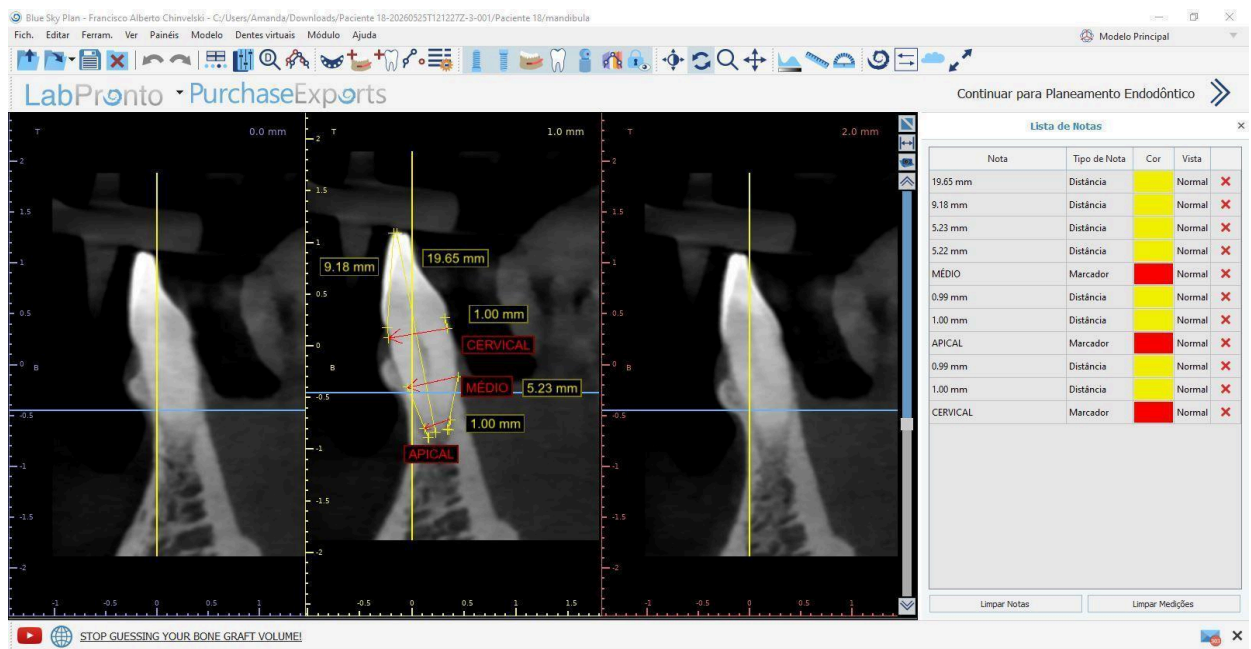


Figura 7: Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.

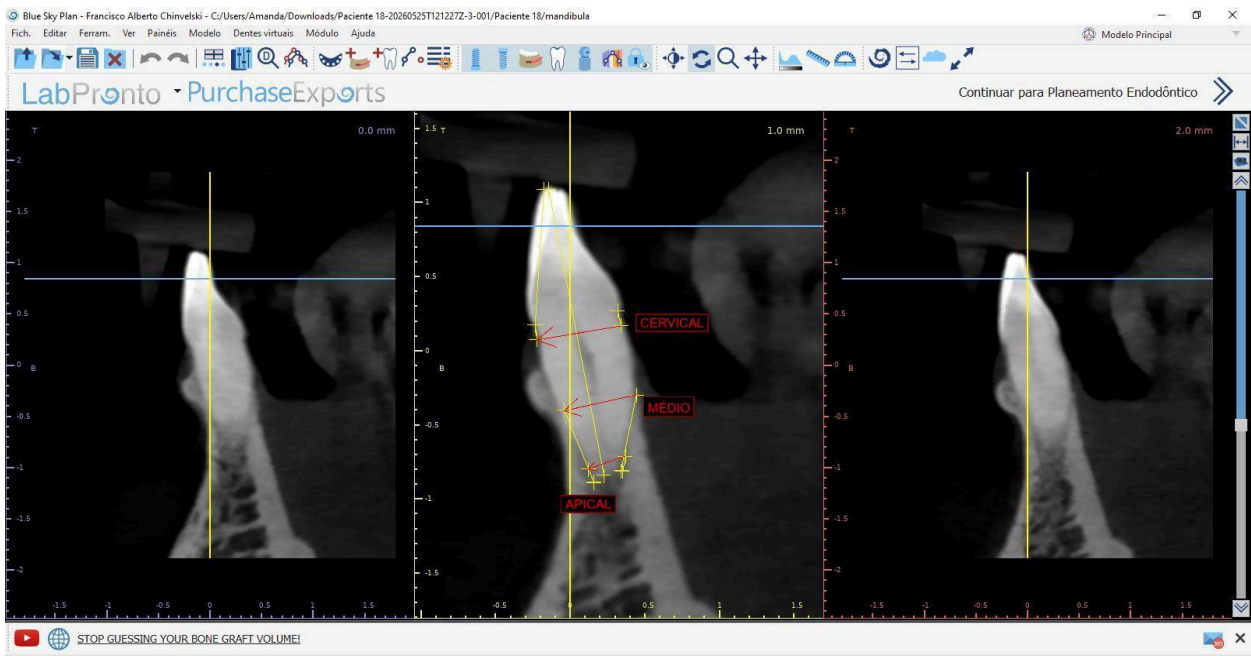


Figura 8: Representação da divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical; na vista referente a um corte sagital.

Posteriormente, iniciou-se a etapa de confecção da guia, por meio da inserção da broca de desgaste no template destinado ao planejamento endodôntico. Na ferramenta de personalização, foram adicionadas as dimensões da broca, correspondentes a 20 mm de comprimento, 1,3 mm de diâmetro apical e 1,3 mm de diâmetro oclusal, compatíveis com as brocas empregadas em acessos endodônticos guiados (Neodent SA, Curitiba, Brasil). Em seguida, o tubo da guia foi configurado com orifício de 2,5 mm de diâmetro, altura de 7,5 mm e desvio de 0 mm, parâmetros compatíveis com as anilhas utilizadas em guias endodônticas (Neodent SA, Curitiba, Brasil) (Figuras 9 e 10).

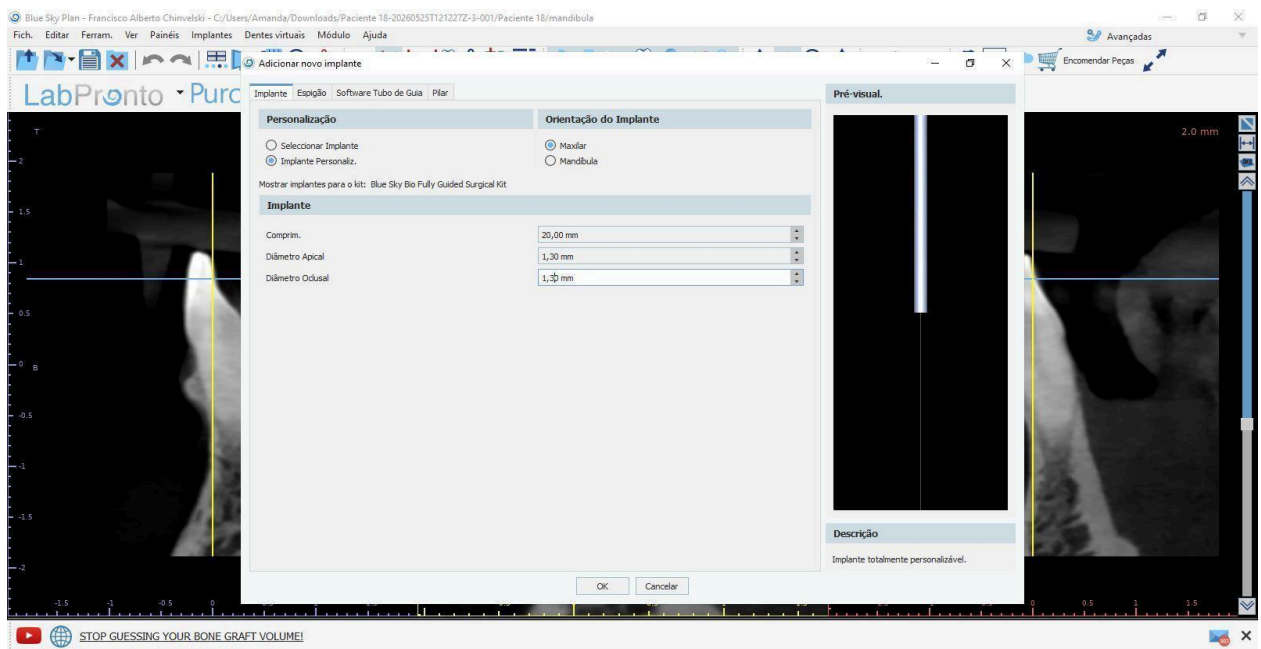


Figura 9: Janela de personalização do implante.

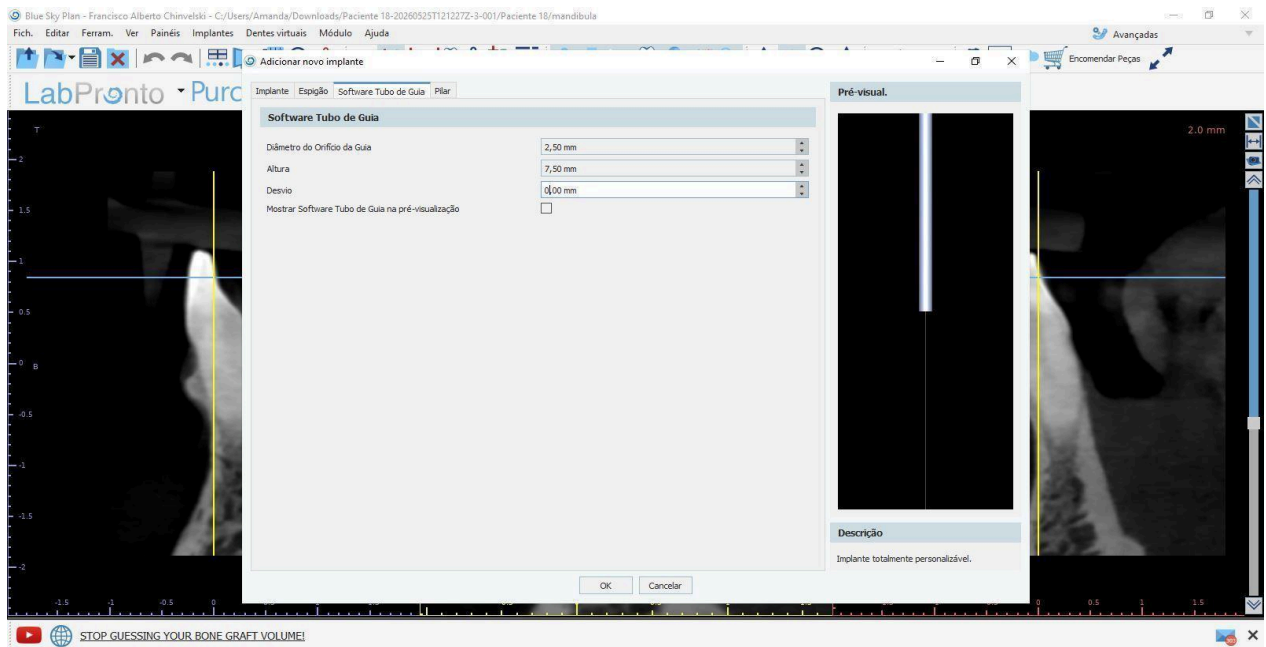


Figura 10: Janela de personalização do tubo da guia.

Foi realizado um planejamento para cada dente de forma individualizada. O planejamento do trajeto e da posição a serem atingidos pela broca de acesso foi realizado para cada terço radicular, em cada dente. A divisão da raiz em terços: cervical, médio e apical foi calculada na vista referente a um *slice* de vestibular para lingual da imagem dental (Figuras 11, 12 e 13). Foi determinado o início da raiz na região da junção cimento-esmalte e o término no ponto mais apical das imagens. A partir disso, estabeleceram-se os terços radiculares para análise, sendo o terço cervical localizado a 1 mm da junção cimento-esmalte, o terço médio correspondente à metade da distância entre a junção cimento-esmalte e o vértice apical, e o terço apical situado a 1 mm aquém do vértice radicular.

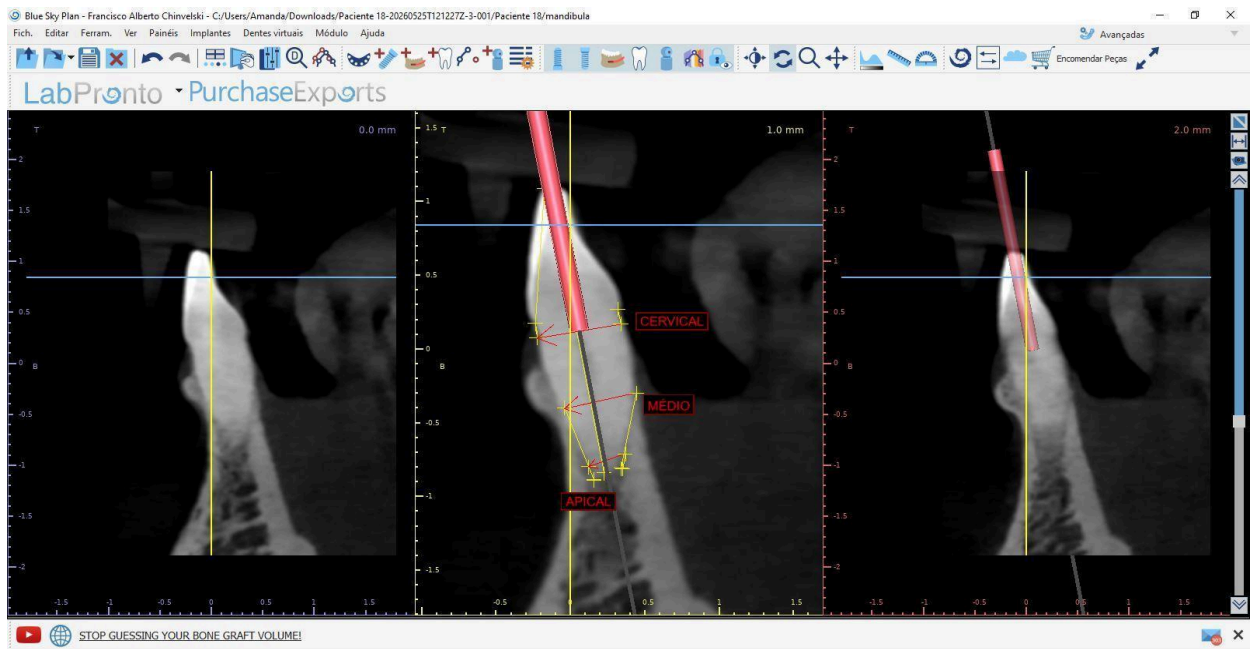


Figura 11: Representação do posicionamento da broca de acesso no terço cervical do dente.

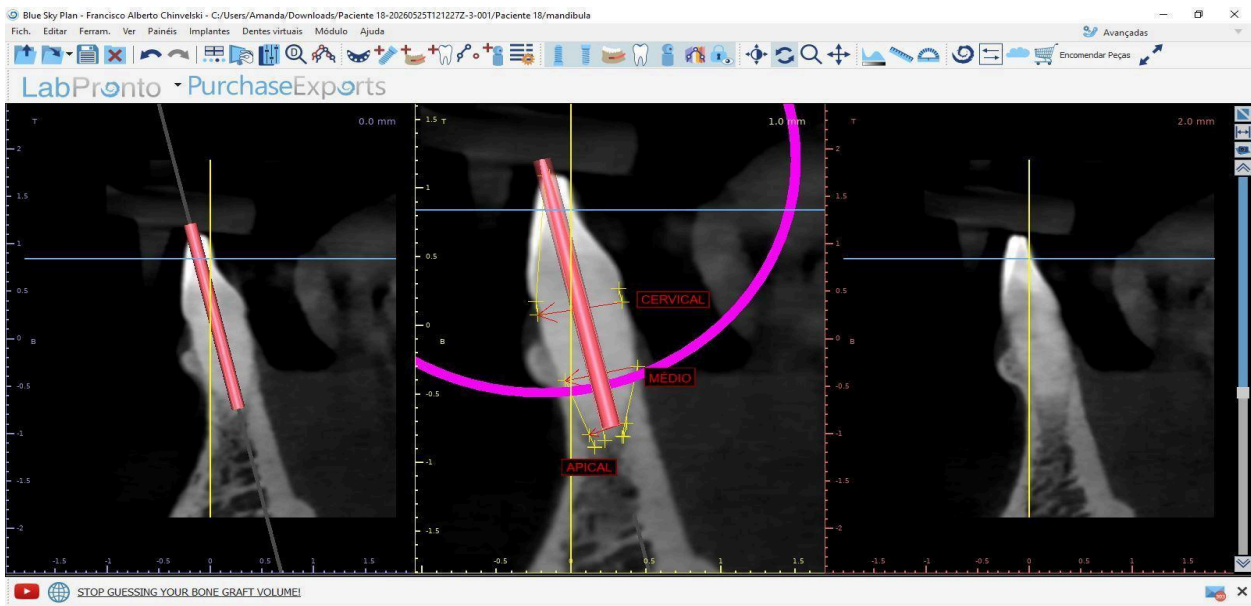


Figura 12: Representação do posicionamento da broca de acesso no terço médio do dente.

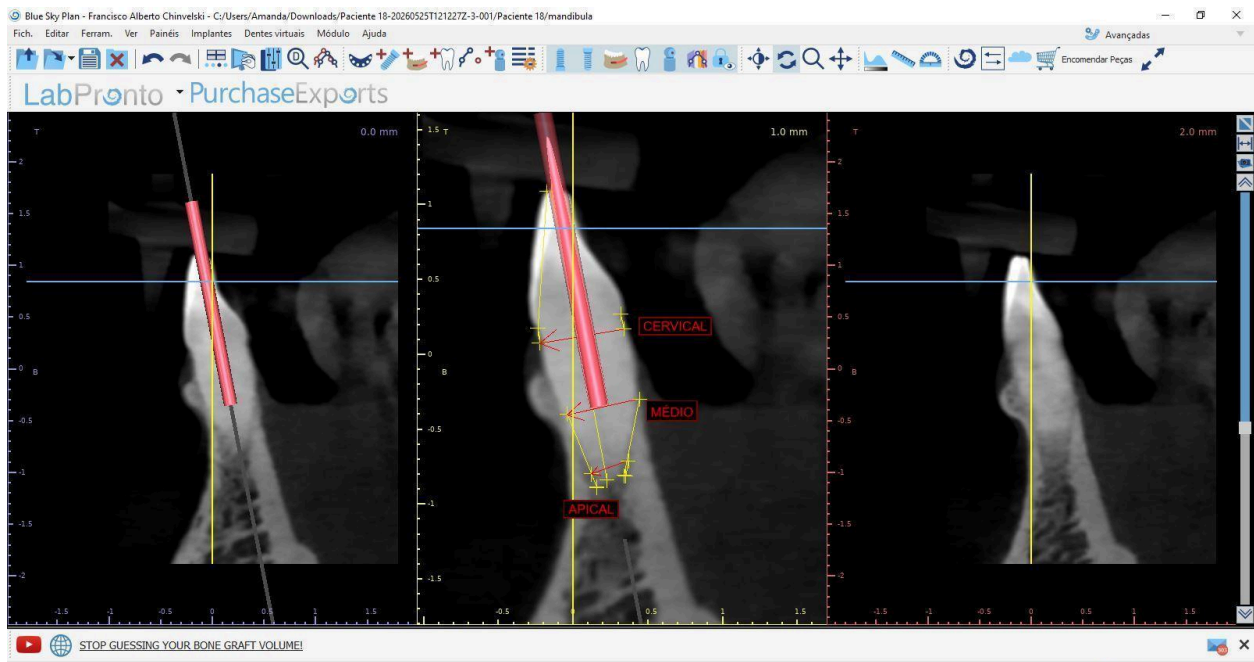


Figura 13: Representação do posicionamento da broca de acesso no terço apical do dente.

Para cada dente e em cada terço radicular analisado, foi realizado um planejamento digital com posicionamento da broca virtual, de forma que sua extremidade final fosse mantida centralizada no canal radicular e alinhada o mais próximo possível ao longo eixo do dente. A confirmação do correto posicionamento da broca virtual foi realizada por meio de navegação dinâmica em 360° nos diferentes planos longitudinais.

3.3 Medida da espessura mínima de estrutura dentária

Após a realização do planejamento digital e definição do posicionamento da broca virtual por meio da navegação dinâmica, identificava-se a região correspondente à menor espessura de estrutura dentária entre a extremidade ativa (tip) da broca virtual e a superfície externa radicular; obtendo assim a menor “espessura dentária estimada” para cada espécime analisado. As mensurações lineares, expressas em milímetros, foram obtidas utilizando as ferramentas de medição do software Blue Sky Plan®, com precisão de duas casas decimais (Figuras 14, 15 e 16).

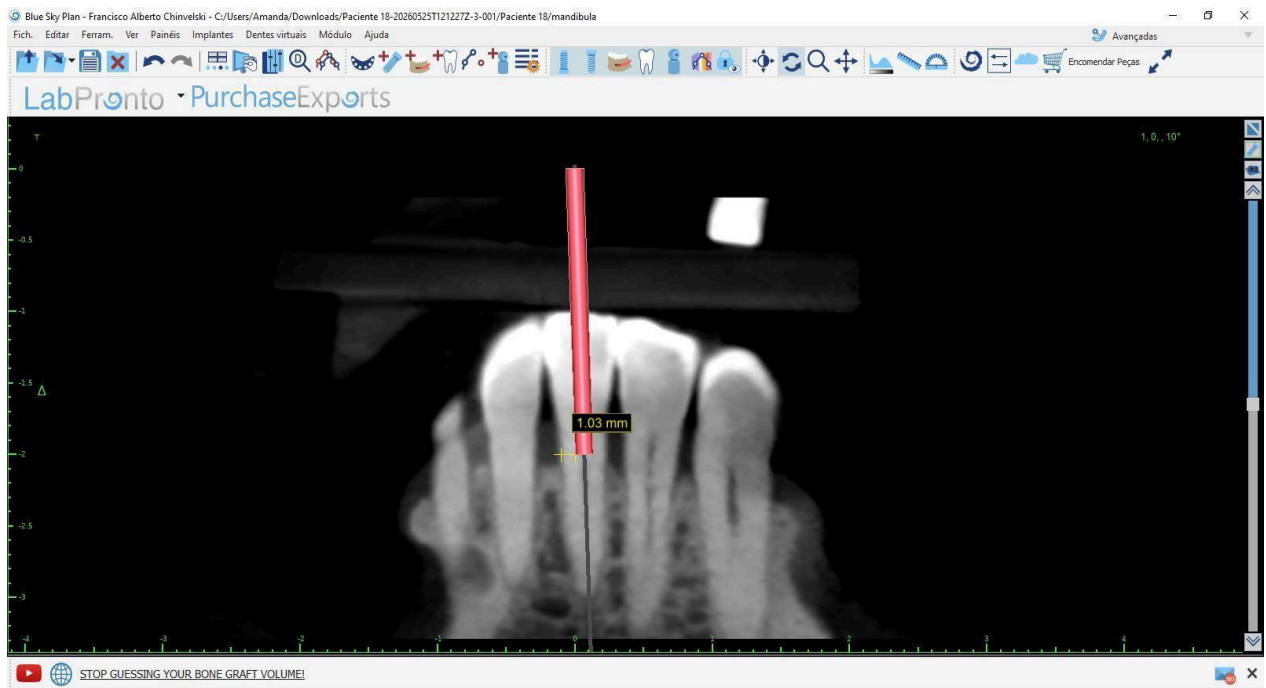


Figura 14: Representação da medida da menor espessura dentinária do terço cervical do elemento 31 do paciente número 18.

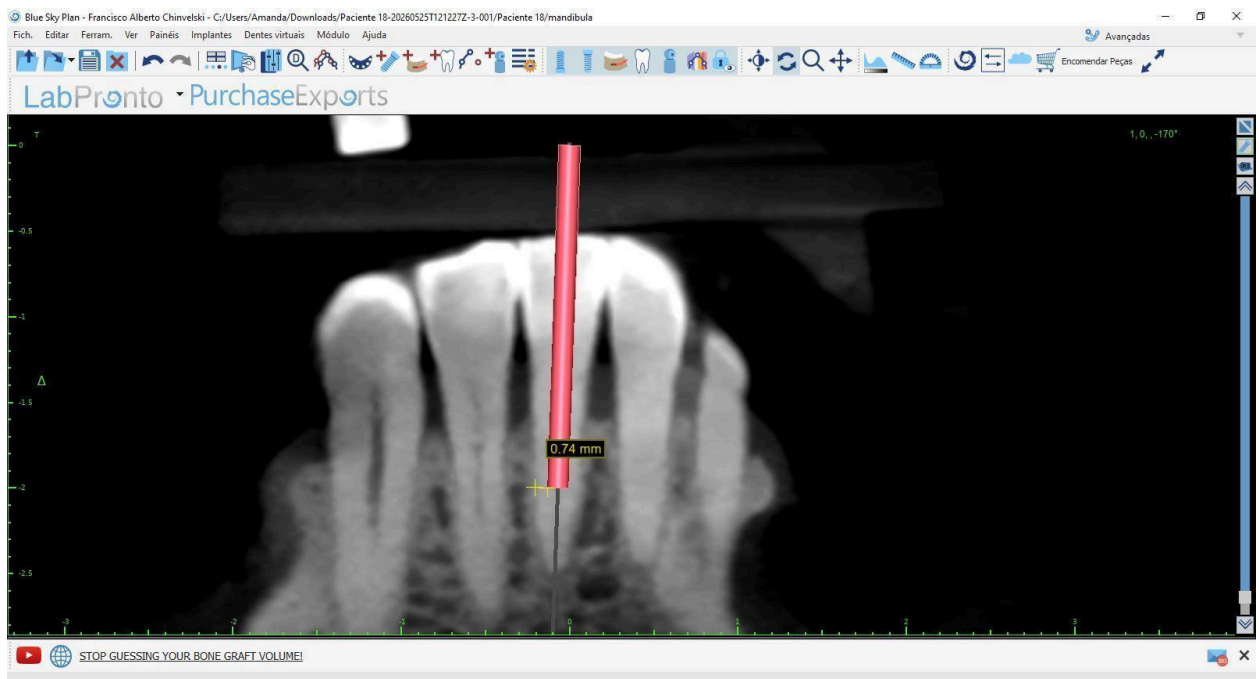


Figura 15: Representação da medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no elemento 31 do paciente número 18.

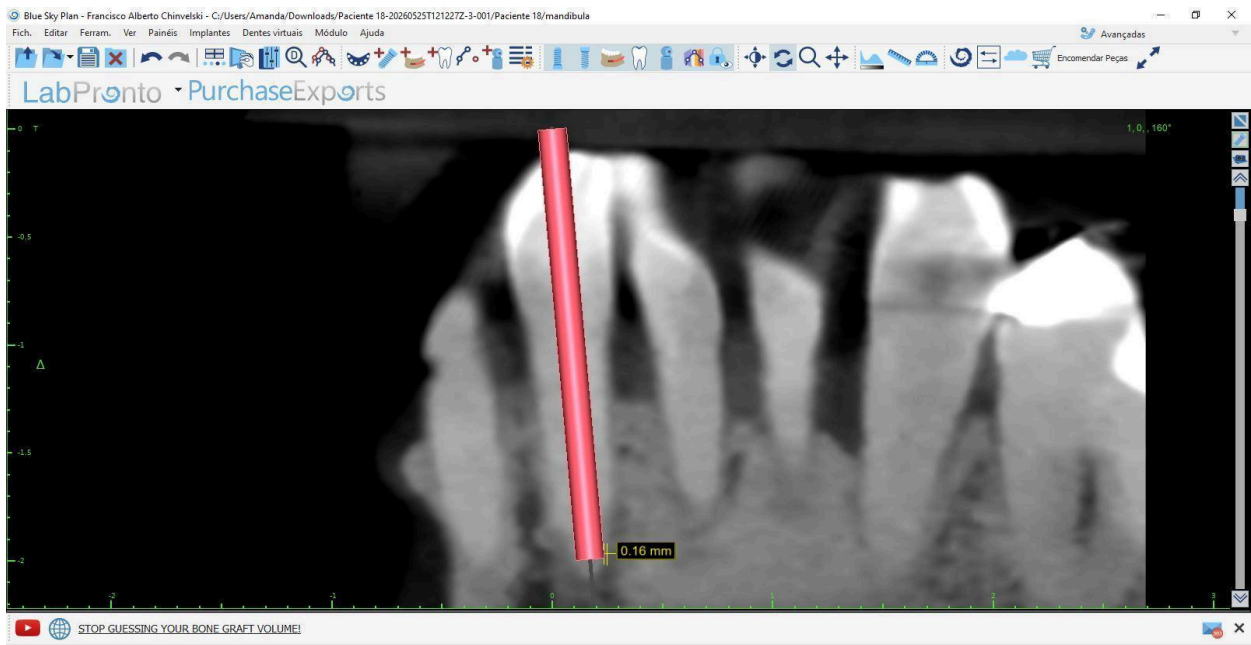


Figura 16: Medida da menor espessura entre a ponta da broca virtual e a superfície externa da raiz no terço apical.

3.4 Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada

Os resultados de estudos que avaliaram os valores das diferenças absolutas dos desvios entre os planejamentos virtuais e os desgastes executados na técnica de Endodontia Guiada (Buchgreitz *et al.*, 2016; Chaves *et al.*, 2023; Connert *et al.*, 2017; Su *et al.*, 2021; Zehnder *et al.*, 2015) (Tabela 1) foram utilizados como valores de referência para a definição dos Scores do Fator de Risco de perfuração radicular na técnica de Endodontia Guiada (Bernardino, 2024).

Tabela 1. Valores das diferenças absolutas dos desvios entre os planejamentos virtuais e os desgastes realizados na técnica de Endodontia Guiada em investigações prévias (Bernardino, 2024).

Estudos de Referência	Média de Desvio (N)	Desvio Mínimo	Desvio Máximo	Software de Planejamento	Broca de desgaste
Buchgreitz <i>et al.</i> (2016)	0,46 mm (38)	–	–	SICAT optiguide (Bonn, Germany)	1,2 mm (Busch, Engel-skirchen, Germany)
Zehnder <i>et al.</i> (2016)	0,47 mm (60)	0,0 mm	1,59 mm	coDiagnostiX v.9.2 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	1,5 mm (Straumann, Basel, Switzerland)
Connert <i>et al.</i> (2017)	0,34 mm (60)	0,0 mm	1,26 mm	coDiagnostiX v.9.2 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	0,85 mm (Gebr. Brasseler GmbH & Co KG, Lemgo, Germany)
Su <i>et al.</i> (2021)	0,46 mm (84)	0,0 mm	1,60 mm	Implant Planning (Inteware, Chiayi, Taiwan)	0,5-1,0 mm (Hager & Meisinger GmbH, Neuss, Germany)
Chaves <i>et al.</i> (2023)	0,55 mm (15)	0,0 mm	1,20 mm	coDiagnostiX v.10.5 (Dental Wings Inc., Montreal, Canada)	1,3 mm (Guided Surgery Drill, Neodent, Brazil)

A proposição dos parâmetros para análise do risco de perfuração radicular foi realizada com base na avaliação dos valores médios de desvios descritos na literatura para a técnica de Endodontia Guiada (Tabela 1). A partir desses dados, foram estabelecidos os scores da Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada, categorizados em Alto Risco, Risco Moderado e Baixo Risco (Tabela 2). Foram considerados como Alto Risco os planejamentos que apresentaram espessura mínima de estrutura dentinária inferior a 0,5 mm; como Risco Moderado aqueles com valores entre 0,5 mm e 1 mm; e como Baixo Risco os casos com espessura superior a 1 mm.

Tabela 2. Classificação de Risco de Perfurações Radiculares em procedimentos de Endodontia Guiada de acordo com a espessura mínima de estrutura dental verificada nos planejamentos virtuais (Bernardino, 2024).

Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada	Alto Risco	Risco Moderado	Baixo Risco
Espessura mínima de Estrutura Dentinária	< 0,5 mm	0,5 a 1 mm	> 1mm

3.5 *Análise Estatística*

A análise estatística foi realizada por meio do software estatístico GNU PSPP (Versão 2.1.1). Foi realizado o teste *Shapiro-Wilk* para determinação da normalidade dos dados e as variáveis paramétricas foram expressas em média $\pm$ desvio padrão e as não paramétricas em mediana (intervalo interquartilico (25-75%)), bem como variáveis nominais foram expressas em frequência (porcentagem). Para a comparação entre os terços radiculares dos grupos de dentes foram utilizados o teste ANOVA de medidas repetidas com teste t e Friedman com Wilcoxon para variáveis paramétricas e não paramétricas, respectivamente, com correção de Bonferroni. Para a comparação entre os grupos de dentes foi utilizado o teste ANOVA one-way com post-hoc de Tukey e Kruskal Wallis com post-hoc de Dunn, respectivamente, para variáveis paramétricas e não paramétricas. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS

Os pacientes do presente estudo apresentaram entre 27 e 72 anos, sendo 7 do sexo feminino (54%) e 6 do sexo masculino (46%). Foram elegíveis e incluídos 72 dentes anteriores inferiores, sendo 24 incisivos centrais (33,3%), 24 incisivos laterais (33,3%) e 24 caninos (33,3%).

Foi observada diferença estatisticamente significativa entre todos os terços radiculares em todos os dentes anteriores inferiores (Tabela 3). No grupo dos incisivos centrais, a média da menor “espessura dentária estimada” foi inferior a 1 mm para todos os terços radiculares analisados; no terço apical foram constatados valores abaixo de 0,5 mm ($0,24 \pm 0,08$). Já para o grupo dos incisivos laterais, o terço cervical apresentou média de $1,06 \pm 0,16$ mm, enquanto o terço médio apresentou média de valores inferiores a 1 mm ($0,64 \pm 0,17$), e o terço apical apresentou valores abaixo de 0,5 mm ($0,30 \pm 0,09$). No grupo dos caninos, apenas a região apical apresentou valores menores que 1 mm, com média próxima a 0,5 mm ($0,48 \pm 0,19$).

Tabela 3. “Espessura dentária mínima estimada” de cada terço radicular nos dentes anteriores inferiores.

Grupo Dentário	Espessura (mm)		
	Cervical	Médio	Apical
Incisivos Centrais	$0,86 \pm 0,10^{a,b}$	$0,73 \pm 0,07^{a,c}$	$0,24 \pm 0,08^{b,c}$
Incisivos Laterais	$1,06 \pm 0,16^{a,b}$	$0,64 \pm 0,17^{a,c}$	$0,30 \pm 0,09^{b,c}$
Caninos	$1,55 \pm 0,20^{b,d}$	$1,19 (1,08-1,28)^{d,e}$	$0,48 \pm 0,19^{b,e}$

Legenda: mm (milímetros). Dados apresentados em média±desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico 25-75%).

a: Diferença significativa entre terços cervical e médio pelo teste ANOVA de medidas repetidas com teste t pareado e correção de Bonferroni ($p < 0,001$).

b: Diferença significativa entre terços cervical e apical pelo teste ANOVA de medidas repetidas com teste t pareado e correção de Bonferroni ($p < 0,001$).

c: Diferença significativa entre terços médio e apical pelo teste ANOVA de medidas repetidas com teste t pareado e correção de Bonferroni ($p < 0,001$).

d: Diferença significativa entre terços cervical e médio pelo teste Friedman com Wilcoxon e correção de Bonferroni ($p < 0,001$).

e: Diferença significativa entre terços médio e apical pelo teste Friedman com Wilcoxon e correção de Bonferroni ($p < 0,001$).

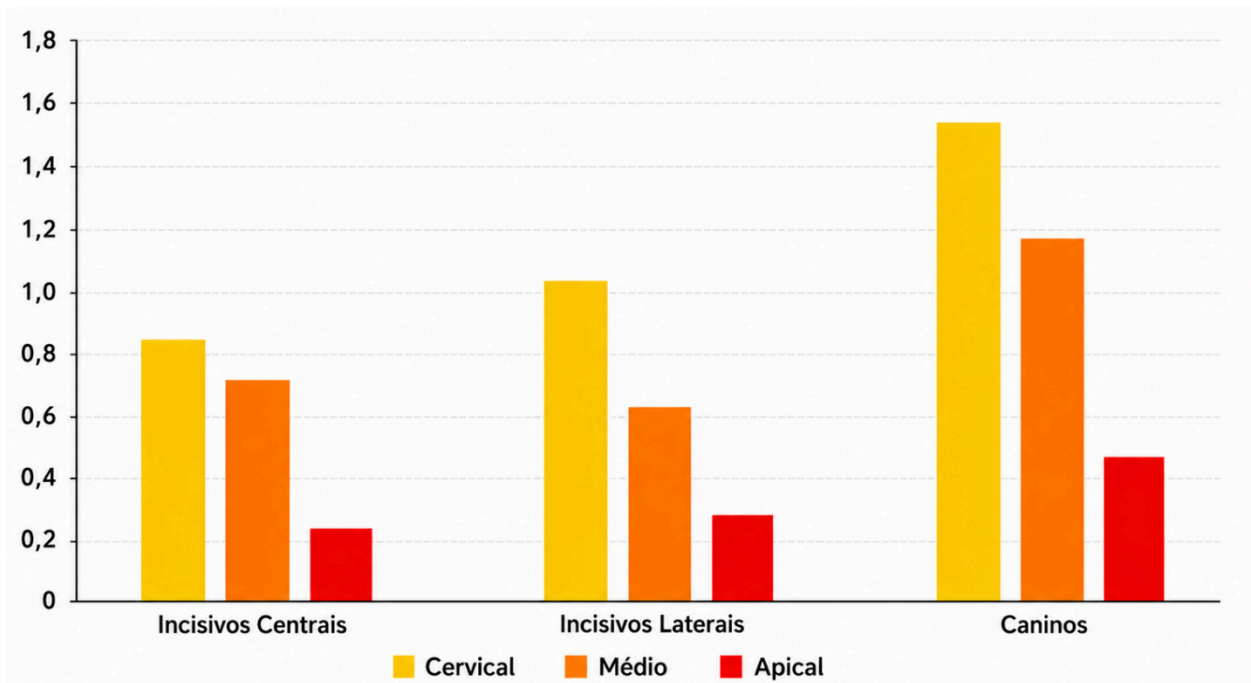


Gráfico 1. “Espessura dentária mínima estimada” nos terços cervical, médio e apical dos dentes anteriores inferiores.

O grupo dos incisivos centrais apresentou os menores valores de “espessura dentária estimada” tanto no terço cervical quanto no terço apical, quando comparado aos laterais e caninos ($p < 0,001$). No grupo dos incisivos laterais, foram verificadas as menores medidas para o terço médio ($p < 0,001$) (Tabela 4). O grupo dos caninos apresentou as maiores medidas em todos os terços analisados ($p > 0,01$).

Tabela 4. Espessura de cada grupo dos dentes anteriores inferiores.

Grupo Dentário	Espessura (mm)		
	Incisivos Centrais	Incisivos Laterais	Caninos
Cervical	0,86±0,10 ^{a,b}	1,06±0,16 ^{a,c}	1,55±0,20 ^{b,c}
Médio	0,73±0,07 ^{a,d}	0,64±0,17 ^{a,e}	1,19 (1,08-1,28) ^{d,e}
Apical	0,24±0,08 ^b	0,30±0,09 ^c	0,48±0,19 ^{b,c}

Legenda: mm (milímetros). Dados apresentados em média±desvio padrão e mediana (intervalo interquartilico 25-75%).

a: Diferença significativa entre incisivos centrais e laterais pelo teste ANOVA *one way* com post-hoc de Tukey ($p<0,001$)

b: Diferença significativa entre incisivos centrais e caninos pelo teste ANOVA *one way* com post-hoc de Tukey ($p<0,001$)

c: Diferença significativa entre incisivos laterais e caninos pelo teste ANOVA *one way* com post-hoc de Tukey ($p<0,001$)

d: Diferença significativa entre incisivos centrais e caninos pelo teste de Kruskal Wallis com post-hoc de Dunn ($p<0,001$)

e: Diferença significativa entre incisivos laterais e caninos pelo teste de Kruskal Wallis com post-hoc de Dunn ($p<0,001$)

A Classificação de Risco de Perfurações Radiculares em procedimentos de Endodontia Guiada foi aplicada para os resultados da “espessura dentinária mínima estimada”, nos três terços radiculares dos três grupos dentes anteriores inferiores (Tabela 5) (Bernardino, 2024). Observamos que os caninos são os dentes que apresentam menor risco de perfuração radicular, apresentando baixo risco para os terços cervical e médio. Os incisivos centrais apresentaram risco moderado tanto para o terço cervical quanto médio. Todos os três grupos de dentes anteriores analisados apresentaram alto risco de perfuração para o terço apical.

Tabela 5. Classificação de Risco de Perfuração Radicular em procedimento de Endodontia Guiada, de acordo com os Terços Radiculares de Dentes Anteriores Inferiores.

Grupo Dentário	Classificação de Risco de Perfuração Radicular em Endodontia Guiada		
	Incisivos Centrais	Incisivos Laterais	Caninos
Cervical	MODERADO	BAIXO	BAIXO
Médio	MODERADO	MODERADO	BAIXO
Apical	ALTO	ALTO	ALTO

5 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a aplicação de uma Classificação de Risco de Perfuração Radicular em planejamentos digitais para Endodontia Guiada em dentes anteriores inferiores. A metodologia empregada baseou-se na análise de exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e na realização de planejamentos virtuais, permitindo a determinação da espessura mínima de dentina remanescente entre a ponta da broca e a superfície externa da raiz em diferentes grupos dentários e terços radiculares. A escolha dessa metodologia foi fundamentada na necessidade de compreender, de forma objetiva e padronizada, os limites anatômicos relacionados à execução da Endodontia Guiada. A utilização de modelos digitais possibilita a avaliação tridimensional da anatomia radicular, fornecendo informações detalhadas que não seriam obtidas por meio de exames bidimensionais convencionais (PATEL et al., 2019). Além disso, o planejamento virtual permite simular o trajeto da broca antes da realização do procedimento clínico, favorecendo a identificação prévia de áreas de maior vulnerabilidade à perfuração (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016).

Estudos anteriores têm demonstrado elevada precisão da Endodontia Guiada, principalmente em dentes com obliteração do canal pulpar (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016; CONNERT et al., 2017). A precisão da Endodontia Guiada tem sido amplamente investigada por meio da análise dos desvios entre os trajetos planejados virtualmente e os desgastes efetivamente realizados durante os procedimentos (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016; CONNERT et al., 2017; SU et al., 2021; CHAVES et al., 2023). Entre os estudos pioneiros, Buchgreitz et al. (2016) avaliaram a precisão da Endodontia Guiada por meio da comparação entre o planejamento virtual e o trajeto efetivamente realizado pela broca durante o procedimento. Os autores observaram um desvio médio de 0,46 mm entre o ponto alvo definido no planejamento virtual e o centro do trajeto percorrido pela broca, evidenciando a precisão da técnica (BUCHGREITZ et al., 2016).

Em ensaio clínico randomizado realizado in vivo, LI et al. (2025) compararam a Endodontia Guiada estática ao acesso convencional em 80 pacientes com obliteração do canal pulpar de dentes anteriores, pré-molares e molares. Os autores observaram

desvios médios significativamente menores no grupo submetido à técnica guiada, com valores de $0,14 \pm 0,08$ mm no ponto coronário, $0,35 \pm 0,16$ mm no ponto apical e $1,75 \pm 0,30^\circ$ de desvio angular. Esses resultados demonstram elevada acurácia da Endodontia Guiada na execução do trajeto previamente planejado, reforçando sua previsibilidade clínica. Embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre os grupos em relação à dor durante o tratamento ou aos desfechos clínicos e radiográficos após um ano de acompanhamento, o estudo fornece evidências consistentes da superioridade da técnica guiada em termos de precisão operatória quando comparada ao acesso convencional (LI et al., 2025).

Já Chaves et al. (2023) avaliaram a precisão da Endodontia Guiada em molares por meio da comparação entre as cavidades de acesso planejadas virtualmente e os desgastes efetivamente realizados em um estudo ex vivo. Os autores observaram a localização de todos os canais radiculares avaliados, com desvio médio de 0,55 mm entre os acessos planejados e executados, variando entre 0 e 1,20 mm (CHAVES et al, 2023).

Em outro estudo, Su et al. (2021) elaboraram a confecção de 117 guias para 84 dentes extraídos, incluindo incisivos, pré-molares e molares. Os autores observaram que 23 canais foram classificados como inacessíveis por meio da técnica proposta e verificaram desvio médio de 0,46 mm na região apical dos acessos realizados. Os maiores valores de desvios foram encontrados nos molares, com média de 0,64 mm e diferença estatisticamente significativa em comparação aos demais grupos dentários (SU et al, 2021).

Zehnder et al. (2016) avaliaram a precisão da Endodontia Guiada em uma amostra de 60 dentes e observaram a localização de todos os canais radiculares avaliados, demonstrando elevada taxa de sucesso da técnica. Em relação à precisão, o maior desvio médio encontrado foi de 0,47 mm na direção vestibulo-palatina, com valores variando entre 0 e 1,59 mm (ZEHNDER et al, 2016). Já Connert et al. (2017) conduziram um estudo ex vivo para avaliar a precisão da Endodontia Guiada utilizando uma broca de menor diâmetro (0,85 mm). Os autores compararam o trajeto planejado virtualmente com o trajeto efetivamente realizado durante os acessos endodônticos guiados e observaram desvio médio de 0,34 mm na direção vestibulo-lingual, com

valores variando entre 0 e 1,26 mm. Os resultados indicaram elevada precisão da técnica e sugeriram que a utilização de instrumentos de menor diâmetro pode contribuir para a redução dos desvios observados durante os procedimentos guiados (CONNERT et al, 2017).

Sendo assim, os estudos demonstraram que a Endodontia Guiada apresenta elevado grau de precisão, com desvios geralmente inferiores a 0,6 mm entre os trajetos planejados e os acessos executados. Essas investigações contribuíram significativamente para a consolidação da técnica como uma alternativa previsível para o tratamento de dentes com canais obliterados e de difícil localização. Além disso, os valores observados fornecem informações relevantes para a compreensão dos limites operatórios da Endodontia Guiada, uma vez que pequenas variações entre o planejamento e a execução podem assumir importância clínica significativa em situações com reduzida espessura dentinária remanescente. Esses resultados sugerem que fatores anatômicos podem influenciar a precisão dos procedimentos guiados, indicando que a previsibilidade da técnica pode variar de acordo com o grupo dentário avaliado.

Apesar das vantagens proporcionadas pela utilização de planejamentos digitais e exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), trata-se de uma investigação *in silico* baseada em simulações virtuais, que não reproduz integralmente as condições clínicas encontradas durante a execução da Endodontia Guiada (SU et al., 2021; CHAVES et al., 2023). Embora estudos prévios tenham demonstrado elevada precisão da técnica, com desvios médios geralmente próximos de 0,5 mm entre o planejamento virtual e o desgaste executado (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016; CONNERT et al., 2017; SU et al., 2021; CHAVES et al., 2023), fatores clínicos como adaptação da guia, tolerâncias de fabricação, movimentação do paciente e limitações operatórias podem influenciar a precisão final do procedimento. Em revisão sistemática que reuniu 22 estudos sobre Endodontia Guiada, Moreno-Rabié et al. (2020) concluíram que a técnica apresenta elevada precisão e altas taxas de sucesso clínico, porém destacaram importantes limitações relacionadas à sua aplicação. Os autores ressaltaram que a técnica é mais indicada para porções retas dos canais radiculares, uma vez que as brocas utilizadas possuem trajetória linear e não

acompanham curvaturas acentuadas. Além disso, erros acumulativos podem ocorrer durante as etapas de aquisição de imagens, fusão dos arquivos digitais, planejamento virtual e confecção das guias, influenciando a precisão final do procedimento. Outro aspecto destacado foi a escassez de estudos clínicos com amostras maiores e metodologias padronizadas, o que limita a extrapolação dos resultados atualmente disponíveis. Dessa forma, embora a Endodontia Guiada seja considerada uma técnica previsível e promissora, sua aplicação deve considerar cuidadosamente as limitações anatômicas e tecnológicas envolvidas (MORENO-RABIÉ et al., 2020).

Além disso, a classificação de risco proposta no presente estudo foi baseada na relação entre a espessura mínima de dentina remanescente e os desvios médios previamente descritos para a Endodontia Guiada (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016; CONNERT et al., 2017; SU et al., 2021; CHAVES et al., 2023), não havendo validação clínica direta dos trajetos planejados. Outra limitação refere-se à utilização de uma amostra proveniente de um único centro, o que pode restringir a extrapolação dos resultados para populações com diferentes características anatômicas. Entretanto, assim como nos estudos experimentais e ex vivo utilizados como referência para a avaliação da precisão da Endodontia Guiada, o modelo empregado permitiu a obtenção de medidas padronizadas e reprodutíveis, possibilitando uma análise detalhada da influência da anatomia radicular sobre o risco potencial de perfuração durante o planejamento digital.

Nesse contexto, o presente estudo buscou complementar as evidências disponíveis na literatura ao avaliar a espessura dentinária remanescente em diferentes grupos dentários e terços radiculares, permitindo a aplicação de uma classificação de risco de perfuração associada aos planejamentos digitais para Endodontia Guiada. Os valores médios de desvio relatados nos estudos supracitados, geralmente próximos de 0,5 mm, são semelhantes aos limites utilizados para a classificação de risco proposta. Dessa forma, os resultados encontrados reforçam a importância da análise prévia da espessura dentinária remanescente, uma vez que pequenas variações entre o planejamento e a execução podem representar risco significativo de perfuração em regiões com reduzida quantidade de estrutura dentária.

Em relação ao risco de perfuração, o presente estudo demonstrou que o risco

aumentou progressivamente em direção ao terço apical, sendo essa região classificada como de alto risco em todos os grupos dentários avaliados. Esse achado pode estar relacionado à redução da espessura dentinária observada ao longo da raiz, resultando em menor margem de segurança para a execução da Endodontia Guiada, corroborando os achados de Ambu et al. (2023) que observaram que procedimentos guiados realizados em regiões mais apicais apresentam maior probabilidade de desvios da broca quando comparados a trajetos mais curtos (AMBU et al, 2023). Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a importância da avaliação prévia da anatomia radicular durante o planejamento digital, especialmente quando o acesso guiado envolve regiões próximas ao terço apical. O aumento do risco no terço apical pode ser explicado pela redução progressiva das dimensões radiculares em direção ao ápice (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2018), associada ao aumento da probabilidade de desvios em trajetos mais extensos durante a Endodontia Guiada (AMBU et al., 2023). Khedmat et al. (2015), ao avaliarem a espessura das paredes radiculares de incisivos inferiores, observaram que a espessura dentinária diminui progressivamente da região cervical em direção ao terço apical. Os autores destacaram que a reduzida espessura das paredes dentinárias na região apical exige maior cautela durante os procedimentos endodônticos, uma vez que essa condição aumenta a vulnerabilidade a acidentes operatórios.

Em relação aos grupos dentários avaliados no presente estudo, os caninos apresentaram os resultados mais favoráveis, sendo classificados como de baixo risco nos terços cervical e médio, enquanto os incisivos centrais e laterais apresentaram classificações desfavoráveis, com alto risco de perfuração, especialmente nos terços médio e apical. Os resultados encontrados podem estar relacionados às características anatômicas dos dentes avaliados. Os caninos inferiores apresentam raízes mais robustas e maiores dimensões radiculares quando comparados aos incisivos inferiores, o que pode proporcionar maior quantidade de estrutura dentária ao redor do trajeto planejado da broca (VERSIANI; PÉCORA; SOUSA-NETO, 2018), com maior distância entre a ponta da broca planejada e a superfície externa radicular. Em contrapartida, os incisivos inferiores apresentam raízes mais estreitas, especialmente no sentido vestibulo-lingual, resultando em menor espessura dentinária remanescente e,

consequentemente, menor margem de segurança para a realização dos acessos guiados. Arili-Öztürk e Büyükgöze-Dindar (2024) avaliaram a espessura dentinária radicular de incisivos, caninos e pré-molares em diferentes níveis radiculares e observaram uma redução significativa da espessura em direção ao terço apical. Os autores também verificaram que as superfícies medial e distal apresentaram menores espessuras dentinárias quando comparadas às superfícies vestibular e lingual, sendo consideradas potenciais zonas de risco para complicações durante procedimentos endodônticos.

Embora ambos pertençam ao mesmo grupo anatômico, pequenas diferenças nas dimensões radiculares podem influenciar diretamente a quantidade de estrutura dentária disponível ao redor do trajeto planejado da broca. Esses achados sugerem que mesmo dentes com anatomia semelhante podem apresentar diferentes níveis de risco para a realização da Endodontia Guiada, reforçando a necessidade de avaliação individualizada durante o planejamento digital.

A aplicação da Classificação de Risco de Perfuração Radicular representa uma ferramenta auxiliar para o planejamento da Endodontia Guiada. Embora a literatura tenha demonstrado elevados índices de precisão para a técnica (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016; CONNERT et al., 2017; SU et al., 2021; CHAVES et al., 2023), os resultados obtidos evidenciaram que a segurança do procedimento também depende das características anatômicas do dente e da profundidade do acesso planejado. Nesse contexto, a classificação de risco permite identificar previamente situações de maior vulnerabilidade à perfuração radicular, auxiliando o profissional na tomada de decisão clínica (BUCHGREITZ et al., 2016; ZEHNDER et al., 2016).

A proposta de classificação de risco adotada neste estudo encontra respaldo no conceito de zona de perigo (*danger zone*), descrito por Tabrizizadeh et al. (2010), segundo o qual regiões com menor espessura dentinária apresentam maior susceptibilidade à ocorrência de perfurações durante procedimentos endodônticos. Os autores enfatizam que o conhecimento da espessura dentinária radicular é fundamental para prevenir acidentes operatórios, reforçando a relevância da utilização de parâmetros objetivos para identificação prévia de áreas de maior vulnerabilidade. Entretanto, por se tratar de uma classificação recente, estudos futuros são necessários

para validar sua aplicabilidade clínica e sua capacidade de prever a ocorrência de perfurações durante os procedimentos guiados. Dessa forma, a utilização da Classificação de Risco de Perfurações na análise de dentes anteriores inferiores representa uma ferramenta complementar para o planejamento clínico de procedimentos guiados em endodontia, contribuindo para a identificação prévia de situações de maior vulnerabilidade e para a execução mais segura e previsível.

6 CONCLUSÃO

Foi possível concluir que, incisivos e caninos inferiores apresentaram alto risco de perfuração radicular quando os acessos foram planejados até o terço apical, evidenciando que essa região representa a área de maior risco para a realização da técnica. Nos incisivos inferiores, os terços cervical e médio apresentaram risco moderado de perfuração radicular, indicando a necessidade de maior cautela durante o planejamento e a execução clínica. Em contrapartida, os caninos inferiores apresentaram baixo risco de perfuração nos terços cervical e médio, demonstrando características anatômicas mais favoráveis para a aplicação da Endodontia Guiada. Dessa forma, a classificação de risco proposta mostrou-se capaz de identificar regiões com diferentes níveis de risco de perfuração radicular, podendo auxiliar no planejamento pré-operatório e na tomada de decisão clínica.

REFERÊNCIAS

- AHN, S. *et al.* Computer-aided design/computer-aided manufacturing-guided endodontic surgery: guided osteotomy and apex localization in a mandibular molar with a thick buccal bone plate. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 44, n. 4, p. 665-670, 2018.
- AMBU, E. *et al.* Influence of Calcified Canals Localization on the Accuracy of Guided Endodontic Therapy: A Case Series Study. *Dentistry Journal*, [s. l.], v. 11, n. 8, p. 183-195, 2023.
- ANDERSON, J.; WEALLEANS, J.; RAY, J. Endodontic applications of 3D printing. *International Endodontic Journal*, [s. l.], v. 51, n. 9, p. 1005-1018, 2018.
- ANDREASEN, F. M.; KAHLER, B. Diagnosis of acute dental trauma: the importance of standardized documentation: a review. *Dental Traumatology*, [s. l.], v. 31, p. 340-349, 2015.
- ARILI-ÖZTÜRK, Esra; BÜYÜKGÖZE-DINDAR, Mediha. Evaluation of radicular dentin thickness in maxillary and mandibular central incisor, canine, and premolar teeth. *Cureus*, Palo Alto, v. 16, n. 3, e56974, 2024.
- BERNARDINO, M. P. A. A. *Classificação de risco de perfuração radicular em planejamentos digitais para Endodontia Guiada*. 2024. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Odontologia) — Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2024.
- BORDONE, A.; CAUVRECHEL, C. Treatment of obliterated root canals using various guided endodontic techniques: a case series. *Giornale Italiano di Endodonzia*, Pavia, v. 34, n. 1, p. 23-34, 2020.
- BUCHGREITZ, J. *et al.* Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans — an ex vivo study. *International Endodontic Journal*, [s. l.], v. 49, n. 8, p. 790-795, 2016.
- BUENO, M. R. *et al.* Development of a new cone-beam computed tomography software for endodontic diagnosis. *Brazilian Dental Journal*, Ribeirão Preto, v. 29, n. 6, p. 517-529, 2018.
- BUENO, M. R.; ESTRELA, C. Impacto de um novo software de tomografia computadorizada de feixe cônico nas tomadas de decisões clínicas em Endodontia. *Dental Press Endodontics*, Maringá, v. 9, n. 3, p. 20-28, 2019.
- CHAVES, G. S. *et al.* Cone Beam Computed Tomography Assessment of the Volume of Dental Tissue Removed During Endodontic Access. *Iranian Endodontic Journal*, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 85-89, 2021.
- CHAVES, G. S. *et al.* Guided Access Cavity Preparation Using a New Simplified Digital Workflow. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 49, n. 1, p. 89-95, 2023.

CONNERT, T. *et al.* Microguided Endodontics: a method to achieve minimally invasive access cavity preparation and root canal location in mandibular incisors using a novel computer-guided technique. *International Endodontic Journal*, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 247-255, 2018.

CONNERT, T. *et al.* Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 43, n. 5, p. 787-790, 2017.

CUNHA, L. F. da *et al.* Management of a perforated maxillary central incisor with pulp canal obliteration after traumatic injury. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 35, n. 3, p. 434-437, 2009.

DĄBROWSKI, W. *et al.* Guided Endodontics as a Personalized Tool for Complicated 33 Clinical Cases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [s. l.], v. 19, n. 16, p. 9958, 2022.

ESTRELA, C. *et al.* Characterization of Successful Root Canal Treatment. *Brazilian Dental Journal*, Ribeirão Preto, v. 25, n. 1, p. 3-11, 2014.

KESHARANI, P. R.; *et al.* Evaluation of dentin thickness preservation and the efficiency of instrumentation between traditional and guided endodontic access in mandibular central incisors. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, v. 15, p. 749–756, 2025

KHEDMAT, Sedigheh; MOHAMADIAN, Sohayla; DIBAJI, Fatemeh; KHARRAZIFARD, Mohamad Javad. A digital stereomicroscopic study of the radicular wall thickness of two-canal mandibular incisors. *Journal of Dentistry (Tehran)*, Tehran, v. 12, n. 7, p. 485–490, 2015.

KRASTL, G. *et al.* Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dental Traumatology*, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 240-246, 2016.

LARA-MENDES, S. T. O. *et al.* Guided Endodontic Access in Maxillary Molars Using Cone-beam Computed Tomography and Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing System: A Case Report. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 44, n. 5, p. 875-879, 2018.

LI, J.; HU, Y.; MA, Z.; LIU, H.; CAO, L.; WEI, X. Accuracy of static-guided endodontics for access cavity preparation with pulp canal obliteration: a randomized controlled clinical trial. *BMC Oral Health*, Londres, v. 25, n. 933, 2025.

LOUREIRO, M. A. Z. *et al.* Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: a comparative study on substance loss using 3-dimensional-printed teeth. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 46, n. 3, p. 327-331, 2020.

LOUREIRO, M. A. Z. *et al.* Guided endodontics: the impact of new technologies on

complex case solution. *Australian Endodontic Journal*, [s. l.], v. 47, n. 3, p. 664-671, 2021.

MIRANDA, J. K. T. *et al.* Tomografia computadorizada em endodontia: revisão de literatura. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, [s. l.], n. 50, e3238-e3238, 2020.

MORENO-RABIÉ, C. *et al.* Clinical applications, accuracy and limitations of guided endodontics: a systematic review. *International Endodontic Journal*, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 214-231, 2020.

PATEL, S.; BROWN, J.; PIMENTEL, T.; KELLY, R. D.; ABELLA, F.; DURACK, C. Cone beam computed tomography in Endodontics: a review of the literature. *International Endodontic Journal*, Oxford, v. 52, n. 8, p. 1138-1152, 2019. DOI: 10.1111/iej.13115.

RIBEIRO, F. H. B. *et al.* Aspectos atuais da Endodontia guiada. *HU revista*, Juiz de Fora, v. 46, p. 1-7, 2020.

SOUSA, V. C. *et al.* Evaluation in the danger zone of mandibular molars after root canal preparation using novel CBCT software. *Brazilian Oral Research*, São Paulo, v. 36, e038, 2022.

SU, Y. *et al.* Guided Endodontics: Accuracy of Access Cavity Preparation and Discrimination of Angular and Linear Deviation on Canal Accessing Ability-an Ex Vivo Study. *BMC Oral Health*, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 606-615, 2021.

TABRIZIZADEH, M.; REUBEN, J.; KHALES, M.; MOUSAVINASAB, M.; EZABADI, M.K.G. Evaluation of Radicular Dentin Thickness of Danger Zone in Mandibular First Molars. *Journal of Dentistry*.v.7, n.4, 2010.

TORRES, A. *et al.* Guided endodontics: use of a sleeveless guide system on an upper premolar with pulp canal obliteration and apical periodontitis. *Journal of Endodontics*, Chicago, v. 47, n. 1, p. 133-139, 2021.

VAN DER MEER, W. J. *et al.* 3D computer aided treatment planning in endodontics. *Journal of Dentistry*, [s. l.], v. 45, p. 67-72, 2016.

VERSIANI, M. A.; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. *Root and Root Canal Morphology of Human Permanent Teeth*. 2. ed. Cham: Springer, 2018.

YANG, Y. *et al.* CBCT-Aided microscopic and ultrasonic treatment for upper or middle thirds calcified root canals. *Biomed Research International*, [s. l.], p. 1-9, 2016.

ZEHNDER, M. S. *et al.* Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, [s. l.], v. 49, n. 10, p. 966-972, 2015.

ZEHNDER, M. S.; CONNERT, T.; WEIGER, R.; KRASTL, G.; KUHL, S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *International Endodontic Journal*, v. 49, n. 10, p. 966-972, 2016.

ANEXOS

ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: APLICAÇÃO DO PLANEJAMENTO DIGITAL E IMPRESSÃO 3D NA OTIMIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS ENDODÔNTICOS

Pesquisador: MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 57359422.3.0000.5083

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.373.063

Apresentação do Projeto:

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada feixe cônico (TCFC) é um exame por imagem utilizado em várias áreas da odontologia, e tem se mostrado uma ferramenta acurada (Porto et al, 2020; D'haese et al, 2012; Estrela et al, 2008). A aplicação desse recurso possibilitou uma evolução expressiva no diagnóstico, no planejamento de casos complexos e na melhora do prognóstico.

Uma outra tecnologia que vem se tornando cada vez mais presente é a impressão tridimensional (3D). Esse método tem sido utilizado na engenharia há décadas e sua aplicação na saúde foi inicialmente descrita em 1986 (Duncan, 1986), mediante a usinagem de próteses ortopédicas, confeccionadas a partir do exame de tomografia médica de pacientes. Desde então, variados tipos de impressoras 3D têm sido aperfeiçoados, com diferentes técnicas de impressão, e possibilitaram sua aplicação em áreas da saúde, com ênfase na ortopedia, cirurgia geral e na cirurgia de cabeça e pescoço (Tack et al, 2016). Essas inovações na impressão 3D e também na TCFC trouxeram benefícios importantes na odontologia, estabelecendo novas possibilidades por meio de protótipos tridimensionais. Para a impressão 3D desses protótipos em odontologia, é necessário o escaneamento intra-oral, no qual uma câmera infravermelha captura imagens de estruturas bucais. Essas imagens obtidas são armazenadas e interpretadas por um software, que cria um modelo tridimensional virtual. As impressoras 3D atuais transformam essas imagens virtuais em modelos prototipados físicos, eliminando várias etapas laboratoriais, já que modelos

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

de gesso de pacientes podem ser substituídos por modelos digitais, sendo eventualmente impressos, mantendo sua acurácia clínica (Aly; Mohsen, 2020).

Essa técnica de impressão 3D também apresenta aplicações na educação em odontologia, visto que modelos impressos podem ser utilizados para simular situações clínicas reais, oferecendo uma alternativa realística no processo ensino-aprendizagem (Hanish et al, 2020; Decurcio et al, 2019). A implantodontia e periodontia também foram beneficiadas com esse sistema, já que se tornou possível a realização de cirurgias de implante guiadas (Lin et al, 2020; Walker-Finch; Ucer, 2020) e recentemente, de autotransplante dentário (Mena-Álvarez et al, 2020). Na endodontia, a aplicação dessas novas tecnologias se iniciou com a realização de acessos endodônticos guiados por dispositivos confeccionados em impressora 3D (Lara-Mendes et al, 2018) e posteriormente com cirurgias pararendodônticas guiadas (Tavares et al, 2020). Esse recurso permitiu e facilitou a resolução de casos complexos, como calcificações nos canais radiculares que dificultam o acesso e limitam o sucesso do caso (Lara-Mendes et al, 2018), e também nos casos de perfurações radiculares e desvios do canal, já que por meio das guias prototipadas, é possível a remoção seletiva e tridimensionalmente precisa de tecido dental (Casadei et al, 2019).

JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO PROJETO

As novas tecnologias de exames por imagem e impressão 3D revolucionaram a odontologia, na medida em que proporcionam maior qualidade no tratamento, maior conforto para o paciente, agilidade e precisão. A possibilidade de desenho virtual e impressão 3D dessas guias permitiu sua recente aplicação na endodontia, facilitando a resolução de casos complexos como calcificações do canal radicular e alterações de desenvolvimento dentário. Entretanto, por se tratar de um tema recente, poucos estudos avaliaram a precisão dessas guias prototipadas e as possíveis variações que podem sofrer devidas a diferentes exames e impressoras. A relevância do presente projeto está na avaliação detalhada do fluxo de confecção desses guias, permitindo maior compreensão da técnica, a detecção de fatores que podem contribuir para a ocorrência de falhas e a possível simplificação do processo.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto será submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás.

1 Seleção dos dentes

Serão utilizados 240 dentes humanos extraídos, divididos nos seguintes grupos: 150 dentes unirradiculares e 90 molares. Estes dentes serão cedidos por pacientes maiores de 18 anos, atendidos no serviço de Urgência da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás e

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

com indicação de exodontia por motivos diversos. Os dentes serão obtidos após a leitura, compreensão e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) pelo paciente, resguardando sigilo de identidade, a privacidade e confidencialidade. Não haverá qualquer tipo de constrangimento para a doação de dentes extraídos e o paciente pode desistir da doação a qualquer momento, mesmo após assinatura do Termo de Compromisso Livre e Esclarecido.

Os dentes extraídos serão imersos em hipoclorito de sódio 5% (Fitofarma, Lt. 20442, Goiânia, GO, Brasil) por 30 minutos para remoção de tecidos orgânicos, e posteriormente serão acondicionados em frasco contendo solução de timol 0,2%. Serão realizadas radiografias periapicais digitais de todos os dentes no intuito de verificar a adequação aos seguintes critérios de inclusão: ausência de reabsorções internas, ausência de tratamento endodôntico prévio e formação completa dos ápices radiculares.

Previamente a realização de cada experimento será realizado estudo piloto, contendo cinco amostras, posteriormente descartadas, para fins de calibragem e teste do modelo metodológico. Os resultados dos estudos piloto não serão considerados nos resultados dos experimentos.

2 Exame por imagens

Exames de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) serão conduzidos antes e após os procedimentos operatórios, possibilitando inicialmente o planejamento digital das guias e posteriormente, a análise da precisão operatória. Para realização da TCFC, os dentes serão posicionados em um suporte de silicone (Variotime® - Heraeus Kulzer, São Paulo, SP, Brasil) para padronização das imagens realizadas nos tempos operatórios. Os sistemas de TCFC utilizados serão:

Subprojetos 1, 3, 4, 5 e 6.

Para os subprojetos listados acima, será utilizado o tomógrafo Veraview X800 (J Morita, Belo Horizonte, Brasil) antes e após os procedimentos.

Subprojeto 2

Para o subprojeto 2, serão utilizados os aparelhos de TCFC:

- iCAT (Imaging Sciences, Hatfield, PA, USA)
- Eagle 3D (Dabi Atlante, Brazil)
- Veraview X800 (J Morita).
- CS 9600 (Carestream Dental);

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

3 Escaneamento das amostras

O escaneamento das amostras previamente ao planejamento digital das guias será realizado com um scanner intraoral TRIOS (3Shape, Copenhagen, Denmark). Os dentes serão posicionados em uma superfície plana e a digitalização será realizada por um operador treinado, de forma manual, até que toda a superfície de cada amostra seja visível no software do fabricante, em um computador com sistema operacional Windows 10 (Microsoft Corp., Redmond, WA, EUA), processador Intel Core i7 (Intel Corp., Santa Clara, CA, EUA), placa de vídeo NVIDIA GeForce 6200 turbo cache (NVIDIA Corporation, Santa Clara, CA, EUA), e monitor EIZO-Flexscan S2000, resolução 1600 × 1200 pixels (EIZO NANAO Corp., Hakusan, Japão).

4 Planejamento virtual e desenho das guias

Após a aquisição do exame de TCFC e do escaneamento, os arquivos obtidos serão carregados no software de planejamento digital para implantes coDiagnostiX (Dental Wings, Montreal, Canada). As guias serão desenhadas de forma a direcionar a posição tridimensional da broca por um orifício onde será encaixada uma anilha metálica de 1,5mm de diâmetro e 7,5mm de comprimento (Institut Straumann AG, Basel, Switzerland).

Para o subprojeto 4, será realizado somente o exame de TCFC, excluindo-se a etapa de escaneamento, para posterior verificação da influência dessa diferença no resultado final da guia.

4.5 Impressão dos guias

Subprojetos 1, 2, 4, 5 e 6.

Para os subprojetos listados acima, após o planejamento digital, os arquivos digitais serão exportados e as guias serão confeccionadas em resina líquida (Anycubic, Shenzhen, China), impressas em impressora 3D do tipo SLA/DLP Anycubic Photon (Anycubic, Shenzhen, China). Todas as guias passarão por procedimentos de pós-tratamento após a impressão, envolvendo 2 banhos em álcool isopropílico 100% (AlphaDruck, Brazil) em cuba ultrassônica (Cristófoli, Brazil) por 5 minutos, seguido de polimerização adicional em forno fotopolimerizável para resina (Essence Dental, Brazil) por 30 minutos.

Subprojeto 3

Para o subprojeto 3, as guias serão planejadas da mesma forma e serão utilizados diferentes dispositivos para impressão, incluindo a impressora Anycubic Photon (Anycubic, Shenzhen, China) citada anteriormente, além das seguintes impressoras:

- Impressora 3D por adição do tipo multifilamento (MegaX, Anycubic, Shenzhen, China): após o planejamento, o arquivo exportado será carregado na impressora e a impressão será realizada nas

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

configurações automáticas do equipamento, segundo a recomendação do fabricante. As guias não passarão por nenhum tipo de pós-tratamento.

- Impressora 3D por redução do tipo fresagem (Ceramill Matik CAD/CAM System, AmannGirrbach, Germany): após o planejamento, a guia será fresada a partir de um bloco de resina acrílica do tipo polimetilmetacrilato (PMMA) (AmannGirrbach, Germany), sob refrigeração a água. O pós-tratamento será realizado apenas com polimento com escova em baixa-rotação em peça reta, para remoção de possíveis resíduos da fresagem.

6 Acesso endodôntico e remoção de pinos

Subprojetos 1, 2, 3 e 4.

Será utilizada a seguinte amostra para cada um dos subprojetos:

1- 30 dentes anteriores;

2- 60 dentes anteriores que serão divididos aleatoriamente em 4 grupos, dos diferentes tomógrafos.

3- 45 dentes anteriores que serão divididos aleatoriamente em 3 grupos, de acordo com a impressora que será utilizada para a impressão do guia endodôntico.

4- 30 molares.

Após a confecção da guia, elas serão posicionadas sobre os espécimes, já montados em blocos de resina acrílica (Duralay, Reliance, EUA). Os dentes serão acessados através da anilha metálica, com broca específica (Institut Straumann AG, Basel, Switzerland), de 1,3mm de diâmetro e 20mm de comprimento. A broca será utilizada em contra-ângulo e motor elétrico (EM12-L, W&H, Áustria) sob 800RPM de rotação e 30N.cm de torque, sob refrigeração a água.

Subprojeto 5

No subprojeto em questão, 30 molares serão tratados endodonticamente, seguidos da cimentação de pinos de fibra. As aberturas coronárias com pontas diamantadas (KG Sorensen, Barueri, SP, Brasil) esféricas n. 1012HL, cônicas n. 3195 e 2200 e broca do tipo Endo-Z, sob refrigeração e em alta rotação. Cada broca será utilizada por até 5 vezes.

O comprimento de trabalho será determinado com o uso de limas tipo K-Flexofile n. 10 e n.15 (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) introduzidas em todos os canais radiculares até serem visualizadas no forame apical. O comprimento de trabalho será estabelecido a 1 mm aquém do forame apical.

O preparo dos canais radiculares será realizado por endodontista com experiência prévia com os

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

instrumentos de NiTi WaveOne Gold™ (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça). A técnica operatória para o preparo do canal radicular seguirá a recomendação do fabricante e serão acionados pelo motor X-Smart Plus IQ® (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça). Concluído o preparo, todos os canais radiculares serão secos com ponta de papel absorvente esterilizada e receberão irrigação final de 3 mL de EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiporã, PR, Brasil) durante 3 minutos para remoção da smear layer, sendo posteriormente irrigados com 3 mL de NaOCl 2,5% (Fitofarma Lt. 20553, Goiânia, GO, Brasil). Os canais serão novamente secos e obturados pela técnica da condensação lateral a frio, com cones de guta-percha (Dentsply/Maillefer, Ballaigues, Suíça) e cimento endodôntico (AH Plus, Dentsply), que será manipulado de acordo com as instruções do fabricante. O excesso de guta-percha e cimento endodôntico serão removidos com um instrumento aquecido.

Para a instalação dos pinos de fibra, os canais preparados conservando um remanescente de no mínimo 3mm de material obturador. O preparo será iniciado com brocas de Gates-Glidden e Largo, e concluídos com a broca correspondente ao pino 0,5 (WhitePost, FGM, Brasil). O conduto será novamente irrigado com 3 mL de NaOCl 2,5% para remoção dos resíduos e seco com cones de papel absorvente. Os pinos de fibra serão condicionados por 1 min com peróxido de hidrogênio 20% seguido de lavagem abundante com seringa triplice por 30 segundos. Após secagem com jato de ar, o silano (Silane, Ultradent, EUA) será aplicado no pino por 1 minuto. O cimento resinoso autoadesivo (RelyX U200, 3M ESPE, EUA) será aplicado no conduto com o auxílio de pontas automisturadoras (RelyX U200, 3M ESPE, EUA) específicas para esse fim, e o pino será posicionado. Os excessos de cimento serão removidos com pincel e a fotopolimerização (Valo, Ultradent, EUA) será realizada por 40 segundos em quatro incidências (correspondentes à cada face dental). Após a cimentação, o comprimento excedente do pino será seccionado com ponta diamantada sob refrigeração.

Os procedimentos de tomografia computadorizada e escaneamento para fabricação da guia serão conduzidos após a cimentação dos pinos, como descrito anteriormente. Para a remoção dos pinos, metade (n=15) dos dentes serão designados a um grupo para serem removidos com o auxílio das guias. Em metade dos espécimes (n=15), os pinos serão removidos sem o auxílio das guias, por um endodontista com mais de 5 anos de experiência.

Subprojeto 6

Para o subprojeto em questão, 30 molares serão divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=15), e os procedimentos de confecção das guias seguirão o protocolo já descrito. Os pinos serão removidos com o auxílio das guias prototipadas, com diferentes operadores em cada grupo: um acadêmico de Odontologia do último ano e um especialista em Endodontia com mais de 5 anos de

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

experiência.

7 Análise de precisão

Após a realização dos procedimentos operatórios correspondentes a cada subprojeto, os espécimes serão submetidos um novo exame de TCFC, conforme já descrito, para análise da precisão das guias. Esses segundos exames serão carregados no mesmo software de planejamento, seguindo o mesmo fluxo digital. O planejamento digital que foi realizado no início será novamente carregado, possibilitando uma comparação entre o procedimento planejado e o procedimento efetivamente realizado nos espécimes. A diferença será mensurada no software, em milímetros e oportunamente em graus, fornecendo numericamente as informações de precisão.

4.8 Análise estatística

A média e o desvio padrão das variáveis serão obtidos. A normalidade dos dados será avaliada pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov. A diferença entre duas variáveis independentes será avaliada pelo Teste-t para amostras independentes ou pelo Teste de Mann-Whitney. A diferença entre três ou mais variáveis independentes será avaliada pelo Teste ANOVA post hoc Tukey ou pelo Teste de Kruskal-Wallis. Serão considerados significativos valores de $p < 0,05$. A análise estatística será realizada utilizando o software Statistical Package for the Social Sciences, versão 20 (SPSS, Chicago, IL).

10 Tratamento das amostras após o experimento

Após a realização dos experimentos, os fragmentos dentários restantes serão descartados em recipientes para descarte de material biológico da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás. Já os dentes que não forem fragmentados durante o experimento serão utilizados para treinamento laboratorial e, quando não forem mais úteis, serão descartados da mesma forma que os fragmentos dentários. Os dentes e os fragmentos, por se tratarem de peças que se enquadram no grupo A4 de descarte de resíduos, serão eliminados de acordo com as normas do Plano de Gerenciamento de Resíduos em Serviços de Saúde – PGRSS/2007, em conformidade com as resoluções 306/2004 (MS-ANVISA) e 358/2005 (MMA-CONAMA). Os instrumentos endodônticos e brocas utilizadas serão descartados em recipiente próprio de descarte de perfurocortantes da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás de acordo com as normas do PGRSS/2007.

RESULTADOS ESPERADOS

Social

A tecnologia atual permite um avanço significativo no tratamento endodôntico, por meio do uso de

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 5.373.063

equipamentos e técnicas cada vez mais modernos. No entanto, poucos estudos abordaram as tecnologias de guias prototipados confeccionados em impressoras 3D.

O presente projeto visa avaliar vários procedimentos, com o objetivo de fornecer um conhecimento mais detalhado de todas as etapas no fluxo de produção dessas guias, o que pode auxiliar na possível simplificação da produção, ampliar suas aplicações e melhorar o prognóstico de casos complexos.

Técnico-Científico

Com o presente trabalho, espera-se a elaboração de duas teses de doutorado, uma dissertação de mestrado, apresentações de trabalhos em eventos científicos, além de artigos científicos para publicação em periódicos da área.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVOS

1 Objetivo Geral

Avaliar a precisão das guias cirúrgicas prototipadas para acesso endodôntico.

2 Objetivos Específicos

Subprojeto 1) Determinar a diferença, em milímetros, entre o desgaste simulado no software de planejamento e o desgaste executado após a impressão 3D da guia planejada, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 2) Avaliar a diferença, em milímetros, entre os desgastes realizados com o uso de guias confeccionadas com tomografias de diferentes aparelhos, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 3) Avaliar a diferença, em milímetros, entre os desgastes realizados com o uso de guias confeccionadas com impressões 3D de diferentes aparelhos, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 4) Comparar, em milímetros, a precisão de guias de acesso endodôntico confeccionadas apenas com exame de tomografia computadorizada de feixe cônico, quando comparadas com guias confeccionadas pelo fluxo convencional, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 5) Comparar, em mm³, o volume de tecido dental desgastado durante a remoção de pinos de fibra de vidro com e sem a utilização de guias prototipadas, em dentes humanos extraídos.

Subprojeto 6) Comparar, em mm³, o volume de tecido dental desgastado durante a remoção de pinos de fibra de vidro com guias prototipadas, por diferentes operadores, em dentes humanos extraídos.

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



Continuação do Parecer: 5.373.063

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos e benefícios

Os dentes serão extraídos, independente da realização desta pesquisa, por finalidade periodontal ou protética após definição criteriosa do diagnóstico e plano de tratamento. O procedimento cirúrgico seguirá o protocolo definido pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás. Após a extração, serão dadas as orientações pós-operatórias bem como a terapêutica medicamentosa proposta pela disciplina de Urgência (Paracetamol 750mg 3 vezes ao dia por 48 horas, e em casos de infecção Amoxicilina 500 mg 3 vezes ao dia por 7 dias). Em caso de dúvida, o paciente poderá entrar em contato com o pesquisador responsável (inclusive a cobrar) pelo telefone que consta no Termo de Compromisso Livre e Esclarecido. Após o período de 7 dias, verificada a evolução satisfatória da cicatrização da ferida cirúrgica, será realizada a remoção da sutura e alta clínica do paciente, orientando-o a entrar em contato no caso de qualquer sinal ou sintoma clínico pós-cirúrgico. Caso seja um paciente regulado da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás, o mesmo terá seu tratamento odontológico continuado nas clínicas de reabilitação. O paciente que não for regulado será encaminhado ao atendimento na rede de atenção básica do serviço público de saúde.

O paciente não terá benefício direto com a realização da pesquisa, uma vez que seu tratamento será realizado independente da sua participação neste estudo. No entanto, ele poderá cooperar para obtenção de dados importantes que possam direcionar para aumentar os conhecimentos acerca do tratamento endodôntico. Não haverá qualquer tipo de compensação financeira. O paciente terá seu direito de indenização garantido caso haja algum dano decorrente do tratamento cirúrgico.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores pretendem avaliar a precisão das guias cirúrgicas prototipadas para acesso endodôntico e usarão dentes doados.

O TCLE será apresentado para participantes da pesquisa que possam realizar a doação do dente desde que tenham como tratamento indicado a extração, visando a melhora da saúde da boca; a linguagem do TCLE é clara e adequada e apresenta todos os elementos essenciais.

Os possíveis riscos são inferiores aos benefícios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram adequadamente apresentados: termo de anuência do Diretor da Faculdade de Odontologia da UFG, termo de compromisso assinado por todos os pesquisadores e folha de rosto datada e

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

assinada pelo diretor da Faculdade de Odontologia.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Este estudo não apresenta óbices éticos.

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO. O mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG os relatórios parciais e o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para dezembro 2026.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1907605.pdf	24/03/2022 12:09:39		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	24/03/2022 12:08:43	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	24/03/2022 12:04:49	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Declaração de Pesquisadores	COMPROMISSO.pdf	24/03/2022 12:03:37	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	ANUENCIA.pdf	24/03/2022 12:03:13	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto.pdf	08/03/2022 18:39:17	MARCO ANTONIO ZAIDEN LOUREIRO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambala, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br



UFG - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



Continuação do Parecer: 5.373.063

GOIANIA, 27 de Abril de 2022

Assinado por:
Rosana de Moraes Borges Marques
(Coordenador(a))

Endereço: Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2, sala 110

Bairro: Campus Samambaia, UFG

CEP: 74.690-970

UF: GO

Município: GOIANIA

Telefone: (62)3521-1215

E-mail: cep.prpi@ufg.br