



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
CURSO DE ODONTOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

PROJETO DE PESQUISA

Projeto de pesquisa apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa para apreciação ética.

**AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DIAGNÓSTICA DA TERMOGRAFIA INFRATERMELHA
UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA RASTREAMENTO DAS PATOLOGIAS
PULPARES E PERIAPICAIS**

Pesquisadora proponente: Prof^ª Dr^ª Soraia de Fátima Carvalho Souza

São Luís

2026

IDENTIFICAÇÃO DO PROPONENTE E DA EQUIPE EXECUTORA

Profª Drª Soraia de Fátima Carvalho Souza (PROponente)

- Titulação: Doutora em Odontologia pela USP/SP (2007). Mestre em Endodontia pela UNICAMP (2000). Especialista em Endodontia pela USP/SP (1991). Graduada em Odontologia pela UFMA (1988).
- Instituição de Vínculo: Professora Titular do Curso Odontologia da UFMA. Professora Permanente do Programa de Pós-graduação em Odontologia.
- E-mail: endosoraia@gmail.com

Prof Dr Aristófaes Corrêa Silva

- Titulação: Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004). Mestre em Engenharia de Eletricidade pela UFMA (1997). Graduado em Ciências da Computação pela UFMA (1995).
- Instituição de Vínculo: Professor Titular do Curso de Engenharia Elétrica da UFMA. Professor Permanente dos Programas de Pós-Graduação em Ciência da Computação e Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Coordenador do Núcleo de Computação Aplicada (NCA|UFMA).
- E-mail: ac.silva@ufma.br

Prof Dr Anselmo Cardoso de Paiva

- Titulação: Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2001). Mestre em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1993). Graduado em Engenharia Civil pela UEMA (1990).
- Instituição de Vínculo: Professor Titular do Curso de Informática da UFMA. Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Coordenador do Núcleo de Computação Aplicada (NCA|UFMA).
- E-mail: paiva@nca.ufma.br

Prof Dr Henrique Manoel de Araújo Martins Filho

- Titulação: Mestre e Doutor em Engenharia Biomédica pela Universidade Anhembi Morumbi/SP (2020/2024). Especialista em Termografia do Movimento pela Associação Brasileira de Termografia (2016). Especialista em Acupuntura pela Faculdade Atenas Maranhense (2008). Graduado em Engenharia Química pela UFRJ (1993).
- Instituição de Vínculo: Professor do Curso de Especialização em Acupuntura da ALCHEMIA ESPAÇO HOLÍSTICO.
- E-mail: henriquealchimia@hotmail.com

Profª Drª Erika Bárbara Abreu Fonseca Thomaz

- Titulação: Doutora em Saúde Pública pela UFBA (2007). Mestre em Odontologia pela UFPB (2001). Graduada em Odontologia pela UFMA (2000).

- Instituição de Vínculo: Professora Associada Coordenação de Saúde Pública da UFMA. Professora Permanente nos Programas de Pós-Graduação em Odontologia e Saúde Coletiva da UFMA.
- **E-mail:** erika.barbara@ufma.br

Ana Paula Nóbrega Caetano da Silva

- Titulação: Mestre em Odontologia pela UFMA (2026). Graduação em Odontologia pela UNDB (2023).
- Instituição de Vínculo: Aluna do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (nível Doutorado) da UFMA.
- **E-mail:** ap.nobrega29@gmail.com

Randerson Silva Araújo

- Titulação: Mestre em Odontologia pela UFMA (2023). Graduação em Odontologia pela UFMA (2016).
- Instituição de Vínculo: Aluno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (nível Doutorado) da UFMA.
- **E-mail:** randerson.araujo@outlook.com

Marcos Diniz da Silva

- Titulação: Graduação em Odontologia pela UNINASSAU (2024).
- Instituição de Vínculo: Aluno do Programa de Pós-Graduação em Odontologia (nível Mestrado) da UFMA.
- **E-mail:** marcos.ds@discente.ufma.br

Maxwell Pires Silva

- Titulação: Graduação em Ciência da Computação pela UFMA (2026).
- Instituição de Vínculo: Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (nível Mestrado) da UFMA.
- **E-mail:** maxwell.pires@nca.ufma.br

Leandro Iglesias Moura de Freitas

- Titulação: Graduado em Ciência da Computação pela UFMA (2025).
- Instituição de Vínculo: Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (nível Mestrado) da UFMA.
- **E-mail:** leandro.iglesias@nca.ufma.br

Sara Luanda Ferreira Sousa

- Titulação: Graduanda em Odontologia pela UFMA.
- Instituição de Vínculo: Aluna de graduação da UFMA.

- **E-mail:** sara.luanda@discente.ufma.br

Evellyn Raquel Veloso Ricarte

- Titulação: Graduanda em Odontologia pela UFMA.
- Instituição de Vínculo: Aluna de graduação da UFMA.
- **E-mail:** evellyn.veloso@discente.ufma.br

ÁREA DE ATUAÇÃO DA EQUIPE EXECUTORA NO PROJETO

Nome	Função	Atividades a serem desenvolvidas
Soraia de Fátima Carvalho Souza	Coordenadora	Execução do Projeto de Pesquisa, análise e interpretação dos resultados, redação e submissão dos manuscritos
Aristófanês Correa Silva	Vice coordenador	Execução do Projeto de Pesquisa, análise e interpretação dos resultados
Anselmo Cardoso de Paiva	Colaborador	Análise e interpretação dos resultados
Henrique Manoel de Araújo Martins Filho	Colaborador	Coleta de dados das imagens termográficas, avaliação e interpretação dos resultados
Erika Bárbara Abreu Fonseca Thomaz	Colaboradora	Análise e interpretação dos resultados
Ana Paula Nóbrega Caetano da Silva	Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Odontologia	Coleta e tabulação dos dados das avaliações clínica odontológica, radiográfica e termográfica, análise e interpretação dos resultados e redação dos manuscritos
Marcos Diniz da Silva	Mestrando do Programa de Pós-graduação em Odontologia	Coleta e tabulação dos dados das avaliações clínica odontológica, radiográfica e termográfica, análise e interpretação dos resultados e redação dos manuscritos
Randerson Silva Araújo	Doutorando do Programa de Pós-graduação em Odontologia	Coleta dos dados das avaliações clínica odontológica e radiográfica
Maxwell Pires Silva	Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica	Responsável por integrar a termografia infravermelha à algoritmos de Inteligências Artificiais, com a utilização da arquitetura YOLO para detecção da temperatura superficial da coroa dental e da região periapical
Leandro Iglesias Moura de Freitas	Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica	Responsável por integrar a termografia infravermelha à algoritmos de Inteligências Artificiais, com a utilização da arquitetura YOLO para detecção da temperatura superficial da coroa dental e da região periapical
Sara Luanda Ferreira Sousa	Aluna de graduação da UFMA.	Tabulação dos dados das avaliações radiográficas e termográficas.
Evellyn Raquel Veloso	Aluna de graduação da UFMA.	Tabulação dos dados das

Ricarte		avaliações radiográficas e termográficas.
---------	--	---

RESUMO

Introdução: Na prática endodôntica, o dentista enfrenta o desafio constante de obter diagnósticos precisos da condição pulpar e periapical com o uso de testes e métodos convencionais subjetivos que apresentam limitações significativas. Nesse contexto, a termografia infravermelha emerge como uma ferramenta capaz de minimizar essa subjetividade, uma vez que faz a mensuração térmica direta da microcirculação e da atividade inflamatória da polpa dentária e região apical em tempo real. **Objetivo:** Este estudo propõe-se a avaliar a acurácia diagnóstica da termografia infravermelha integrada a algoritmos de inteligência artificial no rastreamento e classificação das patologias pulpares e periapicais. **Metodologia:** Trata-se de um estudo observacional transversal de acurácia diagnóstica em Endodontia. Serão selecionados 356 voluntários de ambos os sexos com idade entre 19 e 70 anos, com pelo menos 20 dentes ($n=7120$), para avaliação da condição pulpar e periapical, por meio do teste de sensibilidade pulpar térmico ao frio, do percentual de saturação de oxigênio arterial pulpar, dos testes semiotécnicos de palpação dígito-apical e percussão vertical, de radiografias digitais periapicais e imagens termográficas. Para avaliar a capacidade da termografia infravermelha em detectar alterações metabólicas e inflamatórias pulpares e periapicais em tempo real, serão caracterizadas as assinaturas térmicas de cada condição e determinados os seus respectivos “pontos de corte” na escala de temperatura para diferenciar a normalidade das alterações patológicas. A unidade amostral será o dente. Serão estimados a sensibilidade, especificidade, valor preditivo negativo, valor preditivo positivo e acurácia empregando-se o *software* STATA 17.0. O nível de significância estabelecido será de 5%. **Resultados esperados:** Os resultados deste estudo poderão subsidiar a padronização de um novo protocolo de diagnóstico em Endodontia, por meio da inclusão da termografia infravermelha assistida por inteligência artificial, uma tecnologia potencialmente capaz de mapear assinaturas térmicas para diagnosticar de forma objetiva as alterações metabólicas da polpa dentária e da região periapical. Para além disso, poderão impactar positivamente a formação acadêmica e a prática clínica do dentista, alinhando-se às demandas atuais da Endodontia que buscam minimizar a subjetividade intrínseca do diagnóstico da condição pulpar e periapical.

Palavras-chave: Termografia; Teste da Polpa Dentária; Endodontia; Doenças da Polpa Dentária; Doenças Periapicais; Tecido Periapical; Acurácia dos Dados; Inteligência Artificial.

1. INTRODUÇÃO:

Na prática endodôntica, o dentista enfrenta o desafio constante de obter diagnósticos precisos da condição pulpar e periapical com o uso de testes e métodos convencionais que apresentam limitações significativas. Os testes de sensibilidade térmico e elétrico, embora amplamente utilizados, avaliam apenas a resposta sensorial neural pulpar e não o suprimento vascular — o verdadeiro indicador de vitalidade pulpar. Essa dependência da resposta sensorial gera uma incerteza clínica que pode levar a diagnósticos endodônticos equivocados, especialmente em dentes traumatizados, dentes permanentes imaturos ou em situações de diagnóstico limítrofe entre a inflamação pulpar reversível e irreversível (Newton *et al.*, 2009; Mejare *et al.*, 2012; Donnermeyer *et al.*, 2022).

Atualmente, essa classificação dicotômica da inflamação pulpar está sendo reformulada pela *American Association of Endodontists* (AAE) e *European Society of Endodontology* (ESE) (2025), que propõem substituir o termo "pulpite irreversível" por categorias baseadas na gravidade da inflamação (pulpite leve, moderada ou grave), reconhecendo o potencial de reparo tecidual da inflamação pulpar irreversível perante as novas terapias conservadoras da polpa dental. Entretanto, acreditamos que a transição para essa nova classificação exige ferramentas capazes de superar a subjetividade atual da percepção do paciente e do dentista aos métodos de diagnóstico endodôntico vigentes. Para isso, já existem ferramentas objetivas, como a oximetria de pulso adaptada a Odontologia, que atinge sensibilidade de até 97% para a detecção da vitalidade pulpar ao medir o percentual da saturação de oxigênio arterial pulpar, eliminando assim o viés sensorial (Anusha *et al.*, 2017; Mainkar; Kim, 2018). Avanços recentes demonstram, inclusive, a evolução dessa tecnologia para plataformas acessíveis via *smartphones*, mantendo a acurácia diagnóstica para diferenciar polpas híidas de pulpites reversíveis e irreversíveis e da necrose pulpar (Caldeira *et al.*, 2025).

Para o rastreamento das patologias periapicais consequente da necrose pulpar, além dos testes semiotécnicos convencionais (palpação dígito-apical e percussão vertical), as radiografias intrabucal (periapical) e extrabucal (panorâmica) permanecem como principais métodos auxiliares de diagnóstico destas condições. Entretanto, devido a natureza bidimensional dessas radiografias, as lesões em estágios iniciais não são detectadas, uma vez que só se tornam visíveis após desmineralização significativa, estimada entre 30% e 50% de perda mineral óssea (Bender; Seltzer, 1961). Para suprir essa deficiência, a Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC) consolidou-se como o exame padrão-ouro para a visualização tridimensional de lesões periapicais incipientes e calcificações do sistema de

canais radiculares (AAE/AAOMR, 2025). Contudo, tanto a radiografia convencional quanto a TCFC são ferramentas incapazes de fornecer informações fisiológicas da microcirculação pulpar ou a atividade metabólica inflamatória da região periapical em tempo real (Setzer; Lee, 2021; AAE/ESE, 2025).

Neste cenário, a termografia infravermelha emerge como uma tecnologia não invasiva e não ionizante, capaz de mapear a radiação infravermelha emitida pelo corpo e avaliar a microcirculação fisiológica e atividade metabólica inflamatória pulpar e periapical em tempo real (Kumar; Subramani; Natarajan, 2025). A acurácia da termografia infravermelha fundamenta-se na detecção de assimetrias térmicas, por exemplo, dentes com necrose pulpar apresentam temperaturas inferiores quando comparados aos seus homólogos vitais no mesmo indivíduo, validando a técnica como uma promissora ferramenta de triagem e diagnóstico endodôntico (Kells *et al.*, 2000a, 2000b; Paredes *et al.*, 2018; Mendes *et al.*, 2020). Essa tecnologia também já demonstrou eficácia para distinguir patologias periapicais de tecidos normais, indicando temperaturas superficiais médias significativamente distintas para abscesso periapical agudo ($37,26 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$), pulpíte aguda com periodontite apical ($36,07 \pm 0,45^{\circ}\text{C}$) e abscesso periapical crônico ($35,03 \pm 0,63^{\circ}\text{C}$) (Aboushady *et al.*, 2021).

Entretanto, apesar desse potencial promissor, há duas importantes lacunas do conhecimento na literatura: (1^a) ausência de definição de protocolos padronizados de aquisição e interpretação das imagens termográficas para a coroa dental e região apical, especialmente em dentes posteriores, onde a maior espessura dos tecidos mineralizados dos dentes impõem desafios à leitura térmica superficial da coroa dental e na região apical, devido a interferência de elementos anatômicos, e (2^a) ausência de determinação dos gradientes térmicos da superfície da coroa dental e da região periapical para as diferentes patologias pulpares e periapicais a fim de se estabelecer um padrão de comportamento térmico para cada uma dessas condições.

Esse padrão de comportamento, denominado assinatura térmica, funciona como uma "impressão digital" dinâmica e característica dos tecidos pulpares e periapicais normais e com alterações metabólicas (Kells *et al.*, 2000b; Jafarzadeh *et al.*, 2008). A assinatura térmica é uma identidade definida por três pilares: a distribuição geográfica do calor ao longo do dente (gradientes espaciais), a capacidade de retenção ou perda de temperatura frente ao ambiente clínico ao longo do tempo (variação temporal ou inércia térmica), e o desequilíbrio térmico em relação ao dente vizinho saudável (assimetria térmica). Somado a isso, as evidências disponíveis apresentam limitações metodológicas, como amostras reduzidas e restrição da avaliação, quase exclusiva, da vitalidade pulpar de dentes anteriores, e apenas dois estudos

investigaram a condição periapical (Aboushady *et al.*, 2021; Wziątek-Kuczmik *et al.*, 2022), o que limita a validade dos achados.

Uma limitação adicional dessa tecnologia reside na interpretação das imagens, que pode ser influenciada pela subjetividade e pela experiência do examinador, comprometendo sua aplicabilidade clínica. Como alternativa para reduzir esse viés, propõe-se a integração da termografia infravermelha à inteligência artificial, por meio de abordagens capazes de identificar e analisar automaticamente as assinaturas térmicas da superfície da coroa dental e da região periapical, analisando sua dinâmica ao longo do tempo, tornando o processo diagnóstico mais objetivo, padronizado e reprodutível.

Assim, este estudo se propõe a responder a seguinte questão de pesquisa: *Qual a acurácia diagnóstica da termografia infravermelha, assistida por modelos de inteligência artificial, na identificação e classificação das patologias pulpare e periapicais quando comparada aos métodos de diagnóstico endodôntico convencionais?*

2. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O diagnóstico preciso da condição pulpar e apical representa um dos pilares para o sucesso do tratamento endodôntico (Levin, 2013). No entanto, a prática clínica atual ainda permanece dependente de métodos de diagnóstico limitados. Os testes de sensibilidade pulpar térmico e elétrico apresentam natureza subjetiva por dependerem da resposta sensorial do paciente, uma avaliação indireta da integridade das fibras nervosas, que pode estar dissociada da real condição vascular do tecido pulpar (Jafarzadeh *et al.*, 2008; Patro *et al.*, 2022). Essa imprecisão do diagnóstico endodôntico é particularmente crítica em casos de dentes traumatizados, onde a ausência de resposta neural não necessariamente indica necrose pulpar, mas pode induzir o dentista a realizar intervenções endodônticas desnecessárias (Mejàre *et al.*, 2012; Mainkar; Kim, 2018; Donnermeyer *et al.*, 2022).

Somado a isso, os exames imaginológicos, como a radiografia periapical e a TCFC, embora essenciais, impõem ao paciente a exposição à radiação ionizante. Seguindo o princípio *ALADA* (*As Low As Diagnostically Acceptable*) (Widmann *et al.*, 2023), a busca por ferramentas não ionizantes tem sido uma prioridade na Odontologia moderna. Esses exames são estritamente estruturais e, muitas vezes, só detectam alterações periapicais após desmineralização óssea significativa, falhando no diagnóstico de estágios inflamatórios iniciais (Setzer; Lee, 2021; AAE; AAOMR, 2025). Nesse contexto, a termografia infravermelha emerge como uma alternativa promissora para mapear os gradientes térmicos e a assinatura térmica superficiais da coroa dental e da região periapical, refletindo a

microcirculação e atividade metabólica tecidual. Essa tecnologia permite identificar processos inflamatórios pulpare e alterações metabólicas periapicais em estágios precoces, em tempo real e de forma não invasiva, muitas vezes antes de serem detectáveis radiograficamente (Mendes *et al.*, 2020; Aboushady *et al.*, 2021; Wziątek-Kuczmik *et al.*, 2022).

Além disso, o presente estudo propõe integrar a termografia infravermelha à inteligência artificial com o objetivo de automatizar a detecção das assinaturas térmicas para as diferentes patologias pulpare e periapicais, servindo de base para estabelecer “pontos de corte” numéricos, buscando reduzir o viés interpretativo humano e promover a padronização do diagnóstico endodôntico.

3. OBJETO DO ESTUDO

A acurácia diagnóstica das assinaturas térmicas obtidas por termografia infravermelha, assistida por inteligência artificial, na classificação das patologias pulpare e periapicais.

4. OBJETIVOS

4.1 Geral:

Avaliar a acurácia diagnóstica da termografia infravermelha, associada à inteligência artificial, no rastreamento e classificação das patologias pulpare e periapicais em comparação aos métodos diagnósticos convencionais, bem como estabelecer parâmetros padronizados de aquisição e interpretação das imagens termográficas.

4.2 Específicos:

- Estabelecer protocolos padronizados de aquisição e interpretação das imagens termográficas para os diferentes grupos dentais, definindo parâmetros operacionais que assegurem a reprodutibilidade das medidas;
- Identificar e caracterizar as assinaturas térmicas da coroa dental e da região periapical de cada elemento dental, associando-a aos tecidos normais ou às diferentes patologias pulpare e periapicais;
- Determinar “pontos de corte” de temperatura que permitam a discriminação entre tecidos normais e as condições patológicas pulpare e periapicais;
- Avaliar a capacidade da termografia infravermelha assistida por inteligência artificial em detectar e classificar as alterações pulpare e periapicais;

- Comparar a acurácia diagnóstica da termografia infravermelha com métodos convencionais de avaliação das condições patológicas pulpare e periapicais;
- Avaliar a correlação entre as assinaturas térmicas e os achados clínicos e radiográficos, investigando sua aplicabilidade no diagnóstico endodôntico;
- Analisar a reprodutibilidade e consistência das medidas térmicas obtidas;
- Construir um banco de imagens termográficas para suporte ao desenvolvimento e validação de modelos computacionais aplicados ao diagnóstico endodôntico;
- Desenvolver e validar um fluxo automatizado de análise para suporte à tomada de decisão clínica.

5. HIPÓTESE

Existe diferença significativa na acurácia diagnóstica da termografia infravermelha integrada à inteligência artificial, em comparação aos métodos convencionais, no rastreamento e classificação das patologias pulpare e periapicais.

6. DESFECHO PRIMÁRIO

Necrose pulpar

7. DESFECHO SECUNDÁRIO

Patologias periapicais

8. METODOLOGIA

8.1 Aspectos Éticos

Este projeto será encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão (CEP-UFMA) para apreciação ética. A coleta dos dados será iniciada após aprovação do CEP-UFMA, conforme o disposto na Resolução nº 466/12 e na Resolução nº 510/16 do Conselho Nacional de Saúde. Só serão incluídos neste estudo os indivíduos que receberem as informações detalhadas sobre os procedimentos a que serão submetidos e manifestarem sua concordância voluntária em participar da pesquisa por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Para garantir a transparência e reprodutibilidade do estudo este protocolo de pesquisa será registrado no ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos).

8.2 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo observacional, analítico e transversal de acurácia diagnóstica. O presente estudo seguirá as diretrizes PRIDASE (*Preferred Reporting Items for Diagnostic Accuracy Studies in Endodontics*), que consistem em uma adaptação baseada em consenso das diretrizes STARD (*Standards for Reporting Diagnostic Accuracy*) especificamente para estudos de acurácia diagnóstica em Endodontia (Nagendrababu *et al.*, 2024).

8.3 Cálculo Amostral

O tamanho da amostra foi estimado para estudos de acurácia diagnóstica, com o objetivo de garantir precisão adequada das estimativas de sensibilidade e especificidade, conforme a formulação proposta por Buderer (1996). Na equação utilizada, n representa o tamanho da amostra (número de dentes), Z corresponde ao valor crítico da distribuição normal para o nível de confiança de 95% ($Z = 1,96$), P representa a proporção esperada do parâmetro de interesse, neste estudo sensibilidade e especificidade esperadas de 0,90, e $(1 - P)$ indica a variabilidade associada a essa estimativa. O termo L refere-se ao erro amostral absoluto admitido ($L = 0,045$), que define a precisão desejada das estimativas. A prevalência da condição de interesse (***Prev***) foi incorporada ao modelo, sendo de 52% ao nível de indivíduos e 5% ao nível de dentes, conforme descrito por Tibúrcio-Machado et al. (2021). O tamanho amostral foi calculado separadamente para sensibilidade, utilizando ***Prev***, e para especificidade, utilizando $(1 - \text{Prev})$, sendo adotado o maior valor obtido, de modo a assegurar precisão adequada para ambos os parâmetros.

$$N_{Se} = \frac{Z^2 \cdot Se(1 - Se)}{d^2 \cdot Prev} \quad ; \quad N_{Sp} = \frac{Z^2 \cdot Sp(1 - Sp)}{d^2 \cdot (1 - Prev)}$$

Adotou-se como tamanho amostral final o maior valor obtido entre as duas estimativas. Assim, serão necessários 356 indivíduos, estimando-se 7120 dentes, para o pior cenário (20 dentes/indivíduo) e 9968 dentes para o melhor cenário (28 dentes/indivíduo). O dente será considerado a unidade amostral.

8.4 Seleção da Amostra e Critérios de Elegibilidade

Serão convidados para participar deste estudo os pacientes que procurarem as clínicas do Curso de Odontologia da UFMA para iniciar tratamento odontológico.

Serão incluídos no estudo indivíduos de ambos os sexos, com idade entre 19 e 70 anos, que tenham pelo menos 20 dentes, incluindo pelo menos um dente com suspeita de alteração pulpar ou periapical (pulpites, necroses e abscessos), ou dentes com calcificação da polpa dental ou com tratamento endodôntico. O dente homólogo hígido será utilizado como

padrão de simetria térmica, servindo de controle para a identificação de possíveis assimetrias térmicas decorrentes dos processos inflamatórios ou necróticos no dente acometido.

Serão excluídos do estudo indivíduos edêntulos, que usem aparelho ortodôntico fixo, próteses fixas extensas ou restaurações metálicas que recubram mais de um terço da coroa dental, devido à alta refletividade dos componentes metálicos que podem comprometer a leitura de emissividade do esmalte dental. Também serão excluídos os indivíduos que tenham feito uso de fármacos que alterem a termorregulação ou a microcirculação periférica, como analgésicos e anti-inflamatórios, nas 48 horas que antecederem ao exame. Além disso, a presença de doenças periodontais (gengivite ou periodontite) será considerada um critério de exclusão, para evitar que o calor superficial dos tecidos periodontais interfira na assinatura térmica pulpar ou periapical.

8.5 Coleta de dados e Local do estudo

A coleta de dados incluirá a aplicação de questionário sociodemográfico e da condição de saúde, exame clínico odontológico, avaliação clínica periodontal, avaliação da vitalidade e sensibilidade pulpar, avaliação clínica e radiográfica da região periapical de todos os dentes dos participantes do estudo. Todas as etapas da pesquisa serão realizadas nas dependências físicas das clínicas do Curso de Odontologia da UFMA.

8.5.1 Questionário sociodemográfico e da condição de saúde

Serão coletados os dados de identificação pessoal e sociodemográficos tais como escolaridade (anos de estudo), renda familiar (em reais), classe socioeconômica, cor da pele autorreferida, além de informações da história médica (uso de medicamentos), hábitos de vida e de higiene bucal, bem como o acesso aos serviços odontológicos.

8.5.2 Exame clínico odontológico e avaliação clínica periodontal

Todos os voluntários serão submetidos ao exame clínico odontológico realizado por dois avaliadores previamente treinados e calibrados. Serão avaliados o número de dentes, a condição periodontal, a experiência de cárie, bem como as consequências da cárie não tratada (condição pulpar e periapical).

A condição periodontal será avaliada por meio dos parâmetros clínicos periodontais, considerando-se seis sítios por dente, sendo eles: índice gengival (IG) (Løe; Silness, 1963), índice de placa (IP) (Silness; Løe, 1964), nível gengival (NG), profundidade de sondagem (PS) e nível de inserção clínica (NIC) (Lindhe; Karring; Lang, 2010), em todos os dentes superiores e inferiores, exceto os terceiros molares. Serão considerados com periodontite os sítios com presença de sangramento à sondagem, sítios com profundidade clínica de

sondagem de 4 mm e sítios com perda de inserção clínica a partir de 1 mm (Hujoel *et al.*, 2006).

8.5.3 Avaliação da vitalidade e sensibilidade pulpar

A vitalidade pulpar será avaliada por meio do percentual de saturação de oxigênio arterial pulpar (%SpO₂), empregando-se um oxímetro de pulso adaptada a Odontologia (Oxímetro de Pulso Portátil UT-100, Utech Co., Ltd., Shenzhen, China). O sensor do oxímetro com dois diodos (emissor e receptor) serão adaptados no centro das faces vestibular e palatina/lingual dos dentes para a mensuração do %SpO₂ e serão mantidos paralelos entre si até a obtenção da leitura. As mensurações serão realizadas em triplicata. Será utilizada a mediana dos três valores. Para não influenciar a leitura do oxímetro no momento da mensuração, a luz do refletor será desligada e o indivíduo será orientado a manter a cabeça imóvel (Souza; Thomaz; Costa, 2017). Os dentes serão considerados com polpa normal quando apresentarem mediana do %SpO₂ pulpar $\geq 91,89\%$; inflamação pulpar reversível quando os valores situarem-se na faixa de $< 91,89\%$ a $\geq 87,7\%$; inflamação pulpar irreversível quando a saturação estiver na faixa de $< 87,7\%$ a $\geq 80,5\%$; e necrose pulpar quando os níveis forem $\leq 73,2\%$ (Caldeira *et al.*, 2025). O %SpO₂ corporal será obtido para assegurar que o voluntário apresente nível de oxigenação basal normal.

Na sequência, será realizado o teste de sensibilidade pulpar ao frio empregando o gás diclorodifluormetano (-50°C) (Pulp Vitality Spray, Henry Schein, Inc., Melville, NY, EUA) aplicado com o auxílio de hastes flexíveis com ponta de algodão no centro da face vestibular do dente. O voluntário será orientado a levantar o antebraço e a mão esquerda imediatamente após apresentar sensibilidade ao teste (resposta positiva). A polpa dental será considerada *normal* quando a resposta ao teste térmico for uma dor que surge rápido e que cessa imediatamente após a remoção do estímulo. A *necrose pulpar* será constatada quando o paciente não apresentar sensibilidade ao teste (resposta negativa). Será considerada *inflamação pulpar reversível* quando a resposta ao frio for uma dor provocada aguda e rápida, que cessa após alguns segundos da remoção do estímulo. Será considerada *inflamação pulpar irreversível* quando a dor for exacerbada pelo frio e prolongada por mais de 30 segundos após remoção do estímulo.

8.5.4 Avaliação clínica e radiográfica da coroa dental

Inicialmente serão executados os testes semiotécnicos de palpação dígito-apical e percussão vertical de todos os dentes com o dedo indicador.

A seguir será realizado o exame radiográfico periapical completo (boca toda) de cada voluntário, utilizando um aparelho de Raios-X portátil DIOX de baixa emissão de radiação (MicroImagem®, Indaiatuba, SP, Brasil) e sensor digital de alta resolução SAEVO, tamanho 2 (Alliage S/A, Ribeirão Preto, SP, Brasil). Para garantir a padronização das imagens, todas as tomadas radiográficas serão realizadas com o auxílio de posicionadores radiográficos específicos para a técnica do paralelismo. Em conformidade com as normas vigentes de radioproteção, tanto os voluntários quanto o operador, utilizarão avental de chumbo e protetor de tireoide durante todo o procedimento. Adicionalmente, o operador utilizará um dosímetro individual termoluminescente (TLD) para monitoramento mensal da dose de radiação ionizante acumulada, garantindo que os níveis de exposição permaneçam dentro dos limites de segurança estabelecidos.

A cárie dentária nas imagens radiográficas periapicais será avaliada de forma qualitativa por meio da análise visual da profundidade das lesões. Serão adotados os critérios estabelecidos pelo International Caries Classification and Management System (ICCMSTTM) (Ismail et al., 2015), categorizando-as em: Escore 0: sem imagem radiolúcida no esmalte; Escore 1: radiolucidez em metade externa do esmalte; Escore 2: radiolucidez em metade interna do esmalte; Escore 3: radiolucidez atingindo o terço externo da dentina; Escore 4: radiolucidez atingindo o terço médio da dentina; Escore 5: radiolucidez no terço interno da dentina; e Escore 6: radiolucidez com invasão evidente do tecido pulpar. Adicionalmente serão registradas a presença de metamorfose cálcica da polpa como: calcificação pulpar total ou parcial e nódulos pulpares.

A avaliação do estado de conservação e da interface das restaurações de resina composta ou metálica será realizada de forma qualitativa por meio da análise visual direta das imagens radiográficas periapicais. Para fins de viabilidade e padronização da leitura em larga escala, foi desenvolvida uma categorização de triagem rápida e cada superfície restaurada será classificada em um dos quatro escores, sendo definidos como: Escore 0: restauração intacta, apresentando interface dente-restauração harmônica, com contorno anatômico preservado, sem evidência visual de fendas, degraus ou imagens radiolúcidas adjacentes; Escore 1: desajuste marginal leve, caracterizado pela presença visual de um pequeno degrau ou excesso de material restaurador na região cervical ou interproximal, porém de caráter superficial e sem envolvimento de dentina; Escore 2: cárie secundária ou defeito severo, caracterizado pela presença de imagem radiolúcida nítida com características de processo carioso contígua à margem da restauração, ou desajuste marginal severo com nítida exposição de dentina ou da base cavitária; e Escore 3: falha estrutural catastrófica, demonstrando restauração severamente

fraturada, deslocada do sítio original ou com perda parcial ou total do material restaurador visível na imagem.

Todas as avaliações radiográficas serão realizadas por dois examinadores treinados e calibrados. Para verificar a concordância entre examinadores, 140 radiografias periapicais (série completa da boca de dez pacientes) serão avaliadas previamente ao estudo.

8.5.5 Diagnóstico clínico-radiográfico endodôntico

Após a avaliação clínico-radiográfica pulpar e apical de todos os dentes ($n = 7120$), os dados obtidos serão registrados em Ficha Clínica elaborada para esse estudo. Os dentes serão categorizados de acordo com a classificação do diagnóstico endodôntico aprovada em reunião de consenso pela *American Association of Endodontists* (AAE) e a *American Board of Endodontics* (ABE) em 2009.

O diagnóstico endodôntico clínico-radiográfico provável estabelecido de cada dente será revisado por um especialista em Endodontia, com mais de 30 anos de experiência. Os dentes serão classificados em 3 grupos:

(1) Dentes com Polpa Normal (Grupo Controle): composto por dentes sem sintomatologia, responde normal ao teste térmico do frio, com declínio da dor logo após remoção do estímulo.

(2) Dentes com diagnóstico pulpar: (dividido em 7 subgrupos)

- **Pulpite Reversível** – sem relato de dor espontânea, responde normal ao teste térmico do frio, a dor desaparece em poucos segundos após a remoção do estímulo. Não há alterações radiográficas significativas na região periapical do dente;
- **Pulpite Irreversível Sintomática** – relato de dor espontânea e referida, uso de analgésico ineficaz, responde com dor aguda e persistente ao teste térmico do frio, permanecendo por um período maior que 30 segundos após a remoção do estímulo;
- **Pulpite Irreversível Assintomática** – sem sintomatologia, e geralmente responde normal ao teste térmico do frio, mas pode ter cáries profundas que provavelmente resultariam em exposição após a remoção do tecido cariado;
- **Necrose Pulpar** – assintomática e não responde ao teste térmico do frio;
- **Dentes tratados previamente** – não respondem ao teste térmico do frio porque os canais estão preenchidos com material de obturação endodôntica;
- **Terapia iniciada previamente** – não responde ao teste térmico do frio porque o dente já foi submetido à terapia endodôntica parcial, como pulpotomia ou pulpectomia.
- **Metamorfose Cálcica da Polpa:** resposta negativa ao teste térmico do frio. Radiograficamente observa-se redução ou ausência total de luz da câmara pulpar e/ou

condutos radiculares. Essa categoria, embora não esteja na Classificação da AAE foi incluída neste estudo para identificar os casos de calcificação pulpar total ou parcial.

(3) Dentes com Diagnóstico apical: (dividido em 6 subgrupos)

- **Tecido Apical Normal** – não responde aos testes de palpação dígito-apical e percussão vertical. Radiograficamente, lâmina dura intacta e espaço do ligamento periodontal uniforme.
- **Periodontite Apical Sintomática** – resposta dolorosa aos testes de palpação dígito-apical e percussão vertical; pode ou não ser acompanhado por alterações radiográficas (ou seja, dependendo do estágio da doença, pode haver espaço normal do ligamento periodontal ou pode haver uma radiolucência apical).
- **Periodontite Apical Assintomática** – não responde aos testes de palpação dígito-apical e percussão vertical, mas, é caracterizada por uma radiolucência apical.
- **Abscesso Apical Crônico** – pouco ou nenhum desconforto aos testes de palpação dígito-apical e percussão vertical, drenagem intermitente de pus por um trajeto fistuloso, e presença de radiolucência apical.
- **Abscesso Apical Agudo** – dor espontânea, edema local, extrema sensibilidade aos testes de palpação dígito-apical e percussão vertical. Pode ou não apresentar radiolucência apical.
- **Osteíte Condensante** – é uma lesão radiopaca difusa que representa uma reação óssea localizada a um estímulo inflamatório de baixo grau. Pode estar associada a pulpite irreversível ou à necrose pulpar, portanto, pode responder ao teste térmico do frio (pulpite irreversível).

8.5.6 Avaliação da polpa dental e região apical com o uso da termografia infravermelha

Inicialmente a temperatura cerebral será obtida de forma não invasiva pela obtenção da temperatura do “túnel do cérebro” - *Brain Thermal Tunnel* (BTT) por meio da captura da imagem termográfica da região supero medial da órbita ocular (canto interno do olho) de cada participante, com o objetivo de estimar indiretamente a temperatura corporal e analisar sua correlação com os parâmetros clínicos e fisiológicos das condições pulpares e periapicais.

O diagnóstico pulpar e apical já estabelecido anteriormente será correlacionado com as imagens termográficas da superfície da coroa dental e da região apical, uma medida indireta da microcirculação pulpar normal, necrose pulpar e das alterações metabólicas inflamatórias da polpa e da região apical em tempo real, representada pelo perfil térmico característico de distribuição de calor de cada condição (Mendes *et al.*, 2020; Aboushady, *et al.*, 2021).

As imagens termográficas, tanto da coroa dental quanto da região apical de cada voluntário serão obtidas utilizando uma câmera térmica de alta resolução FLIR T650sc (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA). Para isso, serão definidos os protocolos de aquisição e processamento das imagens termográficas a fim de identificar as assinaturas térmicas da coroa dental e da região apical, servindo de base para se estabelecer os "pontos de corte" de temperatura para correlacionar com as diferentes patologias pulpares e periapicais.

8.5.7 Protocolo de aquisição das imagens termográficas

Para garantir a fidedignidade dos dados, a câmera será posicionada a uma distância padronizada de 20 a 30 cm entre a lente e a face do indivíduo. A realização do exame ocorrerá em ambiente com temperatura mantida a 23 °C e umidade relativa do ar controlada na faixa de 45% a 55%. Ambas as variáveis serão monitoradas continuamente por um termohigrômetro digital (modelo FEPRO-MUT600S, EXBOOM, Shenzhen, China) para assegurar a estabilidade térmica e higrométrica do ambiente durante todo o período de aquisição.

Antes da captura das imagens, o participante será submetido a um período de aclimatização de 15 minutos no ambiente com temperatura controlada a 23 °C, visando manter o equilíbrio térmico da superfície da coroa dental (Kells *et al.*, 2000a). Além disso, deverá abster-se de comer e beber por um período de 120 minutos antes do exame. Para garantir a estabilização do microclima intraoral e a redução de umidade excessiva sem gerar artefatos térmicos, o participante permanecerá com a boca aberta e em repouso por 1 minuto imediatamente antes da aquisição das imagens, sem a necessidade de secagem mecânica ou por jato de ar da superfície dental.

Para assegurar a reprodutibilidade dos achados térmicos, será adotado um protocolo de captura sequencial das imagens: para cada captura térmica serão realizadas três tomadas consecutivas na mesma posição, com um intervalo fixo de 15 segundos entre elas. Essa medida visa manter a estabilidade térmica superficial da coroa dental, gengiva e mucosa bucal, minimizando o erro experimental. Esse rigor metodológico segue a lógica de protocolos de monitoramento temporal de longa exposição descritos por Aboushady *et al.* (2021).

8.5.8 Protocolo de processamento de imagens termográficas e inteligência artificial (IA)

Para garantir a precisão e a reprodutibilidade da análise térmica dos dados obtidos será definido um fluxo de trabalho automatizado baseado em visão computacional, dividido em três etapas principais:

1ª) Anotação e estabelecimento do *ground truth*:

As imagens digitais e térmicas coletadas serão submetidas a um processo de rotulagem (*labeling*). Será utilizado o *software* de código aberto *LabelImg*, versão 1.8.1 (HumanSignal Inc., São Francisco, CA, EUA), para realizar a demarcação manual das Regiões de Interesse (ROI) correspondentes à coroa dental, ao terço cervical da raiz e a região apical de cada elemento dental. Esse processo é fundamental para criar o padrão de referência (*ground truth*) que será utilizado para treinar os algoritmos.

2a) Detecção automática:

Com base nas marcações manuais previamente realizadas nas imagens digitais, será conduzida a etapa de detecção automática das estruturas de interesse por meio de abordagem baseada em inteligência artificial. O modelo será treinado para localizar, de forma automatizada, a coroa dental, o terço cervical da raiz e a região apical nas imagens, tendo seu desempenho avaliado por métricas de precisão e recall, destinadas a mensurar a exatidão das detecções, além de medidas agregadas que permitem analisar a qualidade do modelo em diferentes níveis de confiança. Adicionalmente, será empregado um índice de similaridade espacial para quantificar a concordância entre as regiões de referência e aquelas identificadas automaticamente, assegurando o rigor técnico da etapa de segmentação e a fidedignidade dos dados que serão utilizados na análise térmica.

3ª) Mapeamento térmico e classificação final:

Após a detecção automática nas imagens digitais, considerando que a câmera térmica utilizada produz simultaneamente uma imagem no espectro visível (digital) e uma imagem termográfica (mapa de calor), as coordenadas das regiões demarcadas na imagem digital serão transferidas para as respectivas imagens térmicas por meio de procedimentos de registro de imagem. Esse processo assegura que a análise de temperatura seja realizada exatamente nas mesmas regiões anatômicas identificadas na imagem visível, restringindo-se ao tecido dental ou à região apical e minimizando interferências de tecidos moles adjacentes ou ruídos de fundo. Por fim, os dados térmicos extraídos dessas áreas específicas serão processados para caracterizar a assinatura térmica de cada elemento dental examinado, permitindo o estabelecimento de pontos de cortes necessários para fundamentar e automatizar o diagnóstico objetivo da condição pulpar e da região apical por meio de modelos computacionais.

8.5.9 Análise Estatística

Inicialmente os dados serão analisados de forma descritiva, com apresentação de frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas e medidas de tendência central e dispersão para variáveis contínuas. A análise de normalidade será avaliada pelo teste de Shapiro–Wilk.

A análise de concordância entre os dois examinadores será realizada por meio de testes estatísticos específicos para a natureza de cada variável. Para todas as variáveis categóricas ou dicotômicas será aplicado o teste *Kappa* para analisar a concordância inter-examinador e para as variáveis cujos valores sejam numéricos contínuos, será aplicado o Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC).

Para testar nossa hipótese serão calculados os índices de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN), acurácia global e área sob a curva ROC (AUC) utilizando como padrões-ouro para o diagnóstico pulpar - o teste de sensibilidade térmica ao frio e o percentual de saturação do oxigênio arterial pulpar; e para o diagnóstico apical – os testes de palpação dígito-apical, percussão vertical e exame radiográfico periapical. As assinaturas térmicas quantificadas (compostas pelos gradientes espaciais e temporal extraídos via software FLIR) serão correlacionados aos diagnósticos das patologias pulpares e periapicais. Os dados obtidos serão submetidos aos testes de *Pearson* ou *Spearman* adotando-se o nível de significância estabelecido de 5%. Todas as análises serão realizadas no programa STATA, versão 17.0 (StataCorp LLC, College Station, Texas, USA) e MPlus, versão 7.0 (Muthén & Muthén, Los Angeles, CA, USA).

9. FONTE DE FINANCIAMENTO

A infraestrutura tecnológica necessária para a execução desta pesquisa é proveniente de projetos de pesquisa realizados na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), aprovados por agências de fomento.

A aquisição do aparelho de raios-x portátil DIOX (MicroImagem®, Indaiatuba, SP, Brasil) e do sensor digital intraoral SAEVO, tamanho 2 (Alliage S/A, Ribeirão Preto, SP, Brasil) foi viabilizada pelo financiamento concedido pela Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) por meio do Edital Universal FAPEMA N° 040/2015, Termo de Outorga N° 01451/16, sob coordenação da Profª Drª Soraia de Fátima Carvalho Souza.

A câmera termográfica de alta resolução FLIR T650sc (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA) foi adquirida com recursos de capital oriundos do auxílio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 552108/2011-1, vinculado à Chamada Pública MCT/CNPq/MEC/CAPES - Casadinho/PROCAD, sob coordenação do Prof Dr Aristófanes Corrêa Silva.

Adicionalmente, este estudo é um subprojeto que integra a proposta institucional da UFMA submetida à Chamada Pública MCTI/FINEP/FNDCT – Infraestrutura para a Amazônia Legal (PRÓ-AMAZÔNIA 2025), atualmente sob apreciação.

Os materiais de consumo e demais despesas operacionais serão custeadas com recursos próprios dos pesquisadores e suporte das clínicas do Curso de Odontologia da UFMA.

10. RISCOS E BENEFÍCIOS:

Os riscos associados à participação nesta pesquisa são considerados mínimos, uma vez que a tecnologia que será avaliada é de natureza não invasiva e não emite radiação ionizante. No entanto, para testar nossa hipótese de estudo serão realizados exames radiográficos intrabucais periapicais de boca toda, cujos achados serão correlacionados com a termografia infravermelha. O risco inerente a esse procedimento refere-se à exposição à radiação ionizante, a qual será mitigada pelo uso estrito de equipamentos de proteção individual (avental de chumbo e protetor de tireoide), visando expor os participantes da pesquisa a uma menor dose de exposição à radiação. Além disso, poderão experimentar um desconforto doloroso transitório durante a realização do teste de sensibilidade pulpar térmica ao frio e fadiga postural durante o período de realização dos exames e testes de avaliação da condição pulpar e apical. No âmbito da privacidade, o risco mínimo de quebra de sigilo será controlado pela codificação anônima dos dados em banco de dados restrito aos pesquisadores.

Os benefícios diretos para os participantes deste estudo incluem o acesso a métodos diagnósticos empregando novas tecnologias, não invasivas e altamente precisas, que podem oferecer um melhor detalhamento da sua condição de saúde bucal. Como resultado desta pesquisa a utilização da termografia infravermelha poderá ser incluída na rotina diária do dentista, o que proporcionará um diagnóstico objetivo da vitalidade pulpar, reduzindo a dependência de testes térmicos que provocam desconforto ou dor momentânea. Além disso, a termografia infravermelha tem o potencial de detectar reações inflamatórias em estágios pré-clínicos, mesmo antes de serem visualizadas radiograficamente, permitindo intervenções precoces, assim evitando a progressão das patologias pulpares ou periapicais. Para a comunidade científica e a sociedade, o benefício reside na padronização de protocolos que reduzem a necessidade de exames radiográficos ionizantes, na redução da indicação de tratamentos endodônticos desnecessários, como nos casos de dentes traumatizados ou nos estágios limítrofes de inflamação pulpar reversível e irreversível, e por fim, na

democratização de tecnologias integradas a Inteligência Artificial que poderão tornar o diagnóstico endodôntico mais seguro, previsível e indolor.

11. RESULTADOS ESPERADOS

Para além de contribuir com o avanço da fronteira do conhecimento nesta área, os resultados deste projeto de pesquisa poderão impactar positivamente a formação acadêmica e a prática clínica do dentista, alinhando-se às demandas atuais da Endodontia por maior precisão e previsibilidade de sucesso dos tratamentos. Espera-se que os resultados obtidos possam subsidiar a padronização de novos protocolos de diagnóstico endodôntico, fundamentados na validação da termografia infravermelha como um método com sensibilidade e especificidade superiores aos testes convencionais. Espera-se confirmar que a termografia infravermelha atinja alto índice de acurácia na detecção da vitalidade pulpar e de processos metabólicos inflamatórios pulpar e periapical em fases subclínicas, por meio do mapeamento da assinatura térmica de cada patologia pulpar e periapical.

Ademais, espera-se que a criação de um banco de imagens térmicas estruturado e padronizado constitua uma base de dados robusta, passível de utilização por diferentes pesquisadores e grupos de pesquisa, favorecendo a reprodutibilidade dos estudos e a comparação de resultados em distintos contextos. Esse repositório poderá subsidiar o desenvolvimento e a validação de novas abordagens computacionais voltadas à interpretação diagnóstica, contribuindo para a redução da subjetividade profissional. Com o avanço dessas aplicações e seu potencial de translação para o ambiente clínico, vislumbra-se ainda a otimização do tempo e dos custos operacionais, possibilitando a obtenção de diagnósticos endodônticos de forma mais segura, padronizada e eficiente.

12. MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE RESULTADOS

- Publicações dos resultados em revistas científicas;
- Participação em congressos e eventos da área;
- Disponibilização online dos resultados alcançados;
- Disponibilização dos resultados para os participantes da pesquisa.

13. CRITÉRIOS PARA SUSPENDER A PESQUISA

A pesquisa será imediatamente suspensa, se os participantes retirarem o seu consentimento para participar da pesquisa (TCLE) ou se for detectado algum risco não previsto anteriormente.

14. RETORNO DOS BENEFÍCIOS PARA A POPULAÇÃO ENVOLVIDA

O pesquisador principal se compromete a apresentar os resultados dos exames aos participantes da pesquisa. Caso sejam detectadas alterações patológicas pulpar ou periapical que necessitem de intervenção imediata, serão encaminhados às clínicas especializadas do Curso de Odontologia da UFMA para o devido tratamento, garantindo assim aos voluntários da pesquisa o direito à informação e ao cuidado com a saúde.

15. INFRAESTRUTURA DISPONÍVEL PARA DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A execução desta pesquisa ocorrerá nas dependências do Curso de Odontologia da UFMA, utilizando a infraestrutura física das clínicas odontológicas e dos laboratórios de pesquisa vinculados ao programa de pós-graduação em Odontologia (PPGO). Infraestrutura disponível para realização da pesquisa:

- **Câmera Termográfica de Alta Resolução FLIR T650sc** (FLIR Systems, Wilsonville, OR, USA): Equipamento de nível metrológico com sensibilidade térmica $< 0,03^{\circ}\text{C}$, montado em tripé profissional para estabilização de capturas;
- **Sistema de Radiografia Digital Portátil:** Aparelho de Raios-X portátil DIOX (MicroImagem®, Indaiatuba, SP, Brasil) e sensor digital intraoral SAEVO, tamanho 2 (Alliage S/A, Ribeirão Preto, SP, Brasil), integrados a computador para análise imediata;
- **Posicionadores Radiográficos:** Conjunto completo de posicionadores para técnica do paralelismo;
- **Conjunto de barreiras de proteção radiológica:** incluindo aventais de chumbo e protetores de tireoide para pacientes e operadores e uso de dosímetros radiológicos pela equipe executora da pesquisa;
- **Oxímetro de Pulso Adaptado a Odontologia:** Dispositivo (Oxímetro de Pulso Portátil UT-100, Utech Co., Ltd., Shenzhen, China) com sensor customizado para se adaptar aos elementos dentais, permitindo a leitura da saturação de oxigênio arterial pulpar.
- **Termo-higrômetro digital** (Modelo FEPRO-MUT60OS, Exboom, Shenzhen, China) para controle contínuo da temperatura (fixada em 23°C) e umidade da sala de exames;

Materiais e instrumentais para o atendimento clínico: Afastadores labiais, rolos de algodão, gaze estéril e kit de diagnóstico clínico (espelho, pinça clínica e sonda periodontal).

16. ORÇAMENTO

Item	Descrição do Produto	Qtd	Valor Unitário	Valor Total
01	Oxímetro de Pulso Portátil UT-100 - MD: Tecnologia digital para leitura de SpO ₂	03	R\$ 2.100,00	R\$ 6.300,00
02	Sensor De Oximetria Reutilizável Tipo Clip Pediátrico - MD	02	R\$ 470,00	R\$ 940,00
03	Sensor de Oximetria NEO UT100 - MD	02	R\$ 470,00	R\$ 940,00
			Valor Total	R\$ 8.180,00

CRONOGRAMA

Atividades / Meses	Jan- Mar/26	Abr-Jun/ 26	Jul- Set/ 26	Out- Dez/26	Jan- Mar/27	Abr-J un/27	Jul- Set/ 27	Out- Dez/27
1. Planejamento e preparação	X	X	X					
1.1 Revisão da literatura e protocolo	X	X						
1.2 Submissão e aprovação pelo CEP		X	X					
1.3 Treinamento e padronização dos avaliadores			X					
2. Aquisição e organização de dados				X	X	X	X	
2.1 Coleta de dados Clínicos, Radiográficos e Aquisição de imagens termográficas				X	X	X	X	
2.2 Marcação manual de ROIs				X	X	X	X	
2.3 Estruturação do banco de dados				X	X	X	X	
3. Desenvolvimento computacional				X	X	X	X	
3.1 Treinamento da IA				X	X	X	X	
3.2 Implementação da detecção automática				X	X	X	X	
3.3 Transferência para imagens térmicas				X	X	X	X	
4. Processamento e análise de dados					X	X	X	
4.1 Extração dos dados térmicos					X	X	X	
4.2 Análise estatística e acurácia					X	X	X	
5. Integração e validação						X	X	X
5.1 Integração e interpretação						X	X	X
5.2 Validação e consolidação (Escrita)						X	X	X

Referências

- ABOUSHADY, M. A. et al. Thermography as a non-ionizing quantitative tool for diagnosing periapical inflammatory lesions. **BMC Oral Health**, v. 21, n. 260, p. 1-7, 2021.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. AAE Consensus Conference Recommended Diagnostic Terminology. **Journal of Endodontics**, [s. l.], v. 35, n. 12, p. 1634, Dec. 2009.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS. **Glossary of Endodontic terms**. 8. ed. Chicago: AAE, 2012.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS; AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone-Beam Computed Tomography in Endodontics 2025 Update. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology**, [s. l.], v. 141, n. 1, p. 126-135, jan. 2026.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS; EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY. **Diagnostic Terminology Proposal Document**: Steering committee background and process. Chicago/Brussels: AAE/ESE, 2025.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS; EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY. **Pulpal and Pulp Space Diagnoses**: Proposed clinical diagnostic terminology. Chicago/Brussels: AAE/ESE, 2025.
- AMERICAN ASSOCIATION OF ENDODONTISTS; EUROPEAN SOCIETY OF ENDODONTOLOGY. **Periapical Diagnoses**: Proposed clinical diagnostic terminology. Chicago/Brussels: AAE/ESE, 2025.
- ALMUDEVER-GARCIA, A. et al. Pulse Oximetry as a Diagnostic Tool to Determine Pulp Vitality: A Systematic Review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 2747, p. 1-15, 2021.
- ANUSHA, B. et al. Assessment of Pulp Oxygen Saturation Levels by Pulse Oximetry for Pulpal Diseases - A Diagnostic Study. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, v. 11, n. 9, p. ZC36-ZC39, 2017.
- BALEVI, B. Cold pulp testing is the simplest and most accurate of all dental pulp sensibility tests. **Evidence-Based Dentistry**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 20-21, mar. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41432-019-0004-y>.
- BENDER, I. B.; SELTZER, S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: II. **Journal of the American Dental Association**, Chicago, v. 62, n. 6, p. 708-716, jun. 1961.
- BUDERER, N. M. Statistical tests for the assessment of diagnostic test accuracy. **Academic Emergency Medicine**, [s. l.], v. 3, n. 9, p. 895-900, set. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.1996.tb03538.x>.
- CALDEIRA, C. L. et al. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. **Dental Traumatology**, p. 1-5, 2016.
- CALDEIRA, Celso Luiz et al. Clinical Validation of Smartphone-Enabled Pulse Oximetry for Objective Pulp Vitality Assessment: A Diagnostic Accuracy Study. **Journal of Endodontics**, [s. l.], v. 51, n. 1, p. 1-7, jan. 2025.
- DONNERMEYER, David et al. The Accuracy of Different Pulp Vitality Tests—A Systematic Review. **Journal of Clinical Medicine**, [s. l.], v. 11, n. 18, p. 5439, set. 2022.
- ELBORAY, S. N. et al. Evaluation of the Accuracy of Infrared Thermographic Imaging for the Diagnosis of Periodontal Diseases: A Cross-Sectional Study. **Journal of Clinical Periodontology**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 498-507, abr. 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jcpe.70066>.

HUJOEL, Philippe P. et al. Selective Probing and Periodontal Disease Classification. **Journal of Periodontology**, [s. l.], v. 77, n. 8, p. 1316-1321, ago. 2006.

ISMAIL, A. I. et al. The International Caries Classification and Management System (ICCMS™) an example of a Caries Management Pathway. **BMC Oral Health**, v. 15, n. Suppl 1, p. S9, set. 2015. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/1472-6831/15/S1/S9>. Acesso em: 5 jun. 2026.

JAFARZADEH, H. et al. The Application of Tooth Temperature Measurement in Endodontic Diagnosis: A Review. **Journal of Endodontics**, Chicago, v. 34, n. 12, p. 1435-1440, dez. 2008.

KELLS, B. E. et al. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: Part 1. A protocol for thermal imaging of human teeth. **International Endodontic Journal**, v. 33, p. 442-447, 2000a.

KELLS, B. E. et al. Computerized infrared thermographic imaging and pulpal blood flow: Part 2. Rewarming of healthy human teeth following a controlled cold stimulus. **International Endodontic Journal**, v. 33, n. 5, p. 448-462, 2000b.

KUMAR, P. R.; SUBRAMANI, A. K.; NATARAJAN, M. V. Thermography in dentistry: principles, applications, and future directions. **Medical and Health Sciences Research Journal**, v. 13, n. 4, p. 81-90, 2025.

LINDHE, Jan; LANG, Niklaus P.; KARRING, Thorkild. **Tratado de periodontia clínica e implantologia oral**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

LÖE, Harald; SILNESS, John. Periodontal Disease in Pregnancy. I. Prevalence and Severity. **Acta Odontologica Scandinavica**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 533-551, 1963.

MAINKAR, Akshay; KIM, Syngcuk G. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis. **Journal of Endodontics**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 695-702, maio 2018.

MEJÅRE, Ingegerd A. et al. Diagnosis of the condition of the dental pulp: a systematic review. **International Endodontic Journal**, [s. l.], v. 45, n. 7, p. 597-613, jul. 2012.

MENDES, S. et al. Thermographic assessment of vital and non-vital anterior teeth: A comparative study. **Infrared Physics & Technology**, v. 106, 103232, 2020.

NAGENDRABABU, V. et al. PRIDASE 2024 guidelines for reporting diagnostic accuracy studies in endodontics: A consensus-based development. **International Endodontic Journal**, [s. l.], v. 57, n. 8, p. 1005-1014, ago. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.14075>.

NEWTON, C. W. et al. Identify and Determine the Metrics, Hierarchy, and Predictive Value of All the Parameters and/or Methods Used During Endodontic Diagnosis. **Journal of Endodontics**, Chicago, v. 35, n. 12, p. 1635-1644, dez. 2009.

ØRSTAVIK, D.; KEREKES, K.; ERIKSEN, H. M. The periapical index: A scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. **Endodontics & Dental Traumatology**, v. 2, n. 1, p. 20-34, 1986.

PAREDES, A. et al. Thermographic Analysis of Tooth Vascularization Using Thermal Stimulation. **European Endodontic Journal**, v. 3, n. 2, p. 73-76, 2018.

PATRO, S. et al. Diagnostic Accuracy of Pulp Vitality Tests and Pulp Sensibility Tests for Assessing Pulpal Health in Permanent Teeth: A Systematic Review and Meta-Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 15, p. 9599, ago. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph19159599>.

PITTS, N. B. Systems for grading approximal carious lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs. Proposals for future standardization. **Community Dentistry and Oral Epidemiology**, v. 12, n. 2, p. 114-122, Apr. 1984.

POGREL, M. A.; YEN, C. K.; TAYLOR, R. C. Studies in tooth crown temperature gradients with the use of infrared thermography. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology**, v. 67, n. 5, p. 583-587, 1989.

SETZER, Frank C.; LEE, Su-Min. Radiology in Endodontics. **Dental Clinics of North America**, Philadelphia, v. 65, n. 3, p. 475-505, jul. 2021.

SILNESS, John; LÖE, Harald. Periodontal Disease in Pregnancy. II. Correlation Between Oral Hygiene and Periodontal Condition. **Acta Odontologica Scandinavica**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 121-135, 1964.

SOUZA, S. F. C.; THOMAZ, E. B. A. F.; COSTA, C. P. S. Healthy Dental Pulp Oxygen Saturation Rates in Subjects with Homozygous Sickle Cell Anemia: A Cross-Sectional Study Nested in a Cohort. **Journal of Endodontics**, v. 43, n. 9, p. 1437-1443, 2017.

TIBÚRCIO-MACHADO, C. S. et al. The prevalence of apical periodontitis: A systematic review and meta-analysis. **International Endodontic Journal**, [s. l.], v. 54, n. 5, p. 712-735, maio 2021.
Disponível em: <https://doi.org/10.1111/iej.13467>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Oral health surveys: basic methods**. 5th ed. Geneva: WHO, 2013.

WIDMANN, G. et al. As low as diagnostically acceptable dose imaging in maxillofacial trauma: a reference quality approach. **Dentomaxillofacial Radiology**, [s. l.], v. 52, n. 3, p. 20220387, mar. 2023.
DOI: <https://doi.org/10.1259/dmfr.20220387>.

WZIAŁTEK-KUCZMIK, D. et al. Is Thermal Imaging a Helpful Tool in Diagnosis of Asymptomatic Odontogenic Infection Foci—A Pilot Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 23, p. 16325, 2022.

ANEXO A – QUESTIONÁRIO DE SAÚDE E HÁBITOS

Data: ____/____/202__

Pesquisador(a): _____

Bom dia / boa tarde, meu nome é (fulano), sou integrante do Grupo de Pesquisa ENDOtherm, da Universidade Federal do Maranhão. Você será entrevistado (a) agora para que possa participar das outras etapas desse estudo (exame odontológico, imagens térmicas, radiografias). Precisaremos de 10 minutos e pedimos a sua colaboração, respondendo às questões que seguem. Obrigado (a)!!!

BLOCO A: IDENTIFICAÇÃO

1A. Nome: _____

Celular: () _____ Redes sociais: _____

2A. Sexo: 1. () Masculino 2. () Feminino

3A. Idade: _____ 4A. Data de Nascimento: __/__/____

5A. Você (a) tem algum trabalho em que recebe salário? 1. () Sim 2. () Não

6A. Nível de escolaridade:

1. () Ensino médio incompleto

2. () Ensino médio completo

3. () Técnico

4. () Superior incompleto

5. () Superior completo

Qual o curso? _____

BLOCO B: DADOS SOCIOECONÔMICOS E DEMOGRÁFICOS

1B. Cor da pele:

1. () Branca

2. () Preta/Negra

3. () Parda

4. () Amarela

5. () Indígena

2B. Estado Civil:

1. () Solteiro(a)
2. () Casado(a)/União Estável
3. () Divorciado(a)
4. () Viúvo(a)

3B. Quantas pessoas moram na mesma casa com você (excluindo o participante)?

Incluir pessoas que moram a mais de 3 meses na casa.

_____ Pessoas

4B. Quem é o chefe de sua família?

1. () mãe
2. () pai
3. () você
4. () cônjuge
5. () outros – especifique

5B. Quem mora na sua casa com você? (pode marcar mais de uma opção)

1. () Mãe
2. () Pai
3. () Madrasta
4. () Padrasto
5. () Irmãos / Irmãs
6. () Avô / avó
7. () Marido
8. () esposa
9. () filho (a)
10. () Outros - especifique: _____

6B. Você tem irmãos?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não sabe

7B. SE SIM. Quantos irmãos você tem?

_____ IRMÃOS

88. () Não se aplica

8B. Você tem filhos?

1. () Sim

2. () Não

9B. SE SIM. Quantos filhos você tem?

_____ FILHOS

88. () Não se aplica

10B. Quantos itens abaixo a sua família possui? (circule a resposta)

	Quantidade em itens				
	0	1	2	3	4 ou mais

13B. Televisão em cores	0	1	2	3	4
14B. Rádio	0	1	2	3	4
15B. Banheiro	0	4	5	6	7
16B. Automóvel	0	4	7	9	9
17B. Empregada mensalista	0	3	4	4	4
18B. Máquina de lavar (não considerar tanquinho)	0	2	2	2	2
19B. Vídeo Cassete ou DVD	0	2	2	2	2
20B. Geladeira	0	4	4	4	4
21B. Freezer (aparelho independente ou parte da geladeira duplex)	0	2	2	2	2

BLO

CO C: HISTÓRICO MÉDICO, ODONTOLÓGICO E ENDODÔNTICO

1C. Como você considera a sua saúde?

1. () Excelente

2. () Boa

3. () Regular

4. () Ruim

5. () Muito ruim

99. () Não sabe

2C. Quando foi a última consulta médica?

1. () há menos de 1 ano

2. () de 1 até 2 anos

3. () de 2 até 5 anos

4. () há mais de 5 anos

5. () nunca realizou consulta médica

99. () Não lembra/Não sabe

3C. Você FICOU DOENTE nos últimos 2 anos?

- 1. () SIM. Qual foi a doença? _____
- 2. () NÃO
- 99. () Não lembra/Não sabe

4C. Você está tomando ALGUM MEDICAMENTO atualmente?

- 1. () Sim
- 2. () Não

5C. Que TIPO DE MEDICAMENTO você está tomando?

ANOTAR o nome do medicamento: _____

- 1. () Antinflamatório
- 2. () Tranquilizante
- 3. () Anti-hipertensivo
- 4. () Anticoncepcional
- 5. () Antialérgico
- 6. () Analgésico
- 7. () Para colesterol alto
- 8. () Para diabetes
- 9. () Para o coração
- 88. () Não se aplica
- 99. () Não sabe

6C. Você tem alguma ALERGIA?

- 1. () Sim. Alergia a _____
- 2. () Não
- 99. () Não lembra/ não sabe

7C. Qual o NÚMERO DE VEZES que você faz a limpeza da sua boca (escova os dentes) durante o dia?

- 1. () Uma vez
- 2. () Duas vezes
- 3. () Três vezes
- 4. () Quatro vezes
- 5. () Mais de quatro vezes
- 6. () Nenhuma
- 88. () Não se aplica
- 99. () Não lembra/ não sabe

8C. O que você utiliza para higienizar sua boca e seus dentes? (Pode responder mais de uma opção)

1. () Escova dental
2. () Pasta de dente
3. () Fio/Fita dental
4. () Bochechos/Enxaguantes bucais
5. () Raspador de língua e bochecha
6. () Outros: _____

9C. A sua escova é compartilhada?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não sabe

10C. Qual creme dental você costuma usar? _____

88. () Não se aplica (não usa)
99. () Não lembra/ não sabe

11C. De quanto em quanto tempo você troca a sua escova de dentes?

1. () Mensalmente
2. () A cada três meses
3. () A cada seis meses
4. () Anualmente
5. () Mais de um ano
6. () Outro. Anotar: _____
88. () Não se aplica
99. () Não lembra/ não sabe

12C. Quais os HORÁRIOS que você faz a limpeza da boca (escova os dentes) durante o dia? (Pode responder mais de uma opção)

1. () ao acordar
2. () após o café da manhã
3. () após o lanche da manhã
4. () após o almoço
5. () após o lanche da tarde
6. () após o jantar
7. () antes de dormir

8. () Outro. Anotar _____

88. () Não se aplica

99. () Não sabe

13C. Já foi ao dentista?

1. () Sim

2. () Não (**Pular para 16C**)

99. () Não lembra/ não sabe

14C. Última consulta odontológica:

1. () há menos de 1 mês

2. () de 2 até 6 meses

3. () de 6 meses até 1 ano

4. () há mais de 1 ano

5. () nunca realizou consulta odontológica

99. () Não lembra/Não sabe

88. () Não se aplica

15C. Motivo da última consulta:

1. () limpeza

2. () aplicação de flúor

3. () traumatismo – caiu e quebrou o dente

4. () lesões na boca - feridas na boca

5. () sangramento na gengiva

6. () manchas nos dentes

7. () cárie dentária: buracos nos dentes

8. () outro motivo:

88. () Não se aplica

99. () Não sabe/Não lembra

16C. Já teve DOR DE DENTE?

1. () Sim

2. () Não (**Pular para 24C**)

99. () Não sabe/Não lembra

17C. Quando ocorreu?

1. () nesta semana

2. () na semana passada

3. () há pouco tempo, mas foi neste último mês

3. () há muito tempo, há mais de dois meses

88. () não se aplica

99. () não lembra / não sabe

18C. Quantas vezes você sentiu esta dor?

1. () 1 vez

2. () 2 ou 3 vezes

3. () mais de 3 vezes

88. () não se aplica

99. () não lembra/ não sabe

19C. Quanto tempo durou a dor?

1. () pouco tempo, alguns minutos

2. () muito tempo, vários dias

88. () não se aplica

99. () não lembra/ não sabe

20C. Você acordou à noite por causa desta dor?

1. () sim

2. () não

88. () não se aplica

99. () não lembra/não sabe

21C. Deixou de fazer alguma coisa por causa da dor?

1. () sim

2. () não

88. () não se aplica

99. () não lembra/ não sabe

22C. O que você deixou de fazer por causa de dor de dente?

1. () exercitar-se

2. () comer

3. () dormir

4. () escovar os dentes

5. () ir à escola/trabalhar

6. () outro

88. () Não se aplica

99. () Não lembra/ não sabe

23C. Qual medida foi tomada para o alívio da DOR?

1. () fez bochecho. Com o quê? _____
2. () automedicação (tomar remédio por conta própria) Caso lembre, informe o nome da medicação: _____
3. () evitou doces (balas, bombons, etc.)
4. () escovou os dentes
5. () fez outra coisa diferente. O quê? _____
6. () procurou o dentista
88. () Não se aplica
99. () Não lembra/Não sabe

24C. Histórico de TRATAMENTO DE CANAL?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não lembra/Não sabe

Se sim, em qual dente/região? _____

25C. Histórico de TRAUMA DENTAL (queda atingindo a boca ou “pancada” nos dentes)?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não lembra/Não sabe

Se sim, em qual dente/região? _____

26C. Você já notou sangramento em sua gengiva durante a escovação?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não lembra/Não sabe

27C. Histórico de SINUSITE (inflamação/infecção dos seios nasais)?

1. () Sim
2. () Não
99. () Não lembra/Não sabe

Se SIM há quanto tempo ocorreu a última crise? _____

28C. A sua SINUSITE é localizada no:

1. () lado DIREITO
2. () lado ESQUERDO

3. () lados DIREITO e ESQUERDO

99. () Não lembra/Não sabe

88. () Não se aplica

BLOCO D: FATORES DE CONFUSÃO E CONDIÇÕES ATUAIS

Esses pontos visam mitigar riscos de diagnósticos falso-positivos ou negativos.

1D. CONSUMO (últimos 30 min): Bebeu café, chá ou água gelada?

1. () Sim 2. () Não

O que bebeu? _____

2D. Higiene: Realizou bochecho ou escovação nos últimos 30 min?

1. () Sim 2. () Não

O que fez? _____

3D. HÁBITOS (última 1 hora): Fumou?

1. () Sim 2. () Não

4D. HÁBITOS (última 1 hora): Praticou exercício físico?

1. () Sim 2. () Não

5D. RESPIRAÇÃO: Consegue respirar normalmente pelo nariz nesse momento?

1. () Sim 2. () Não

6D. USO DE COSMÉTICOS: Está usando batom ou protetor labial agora?

1. () Sim 2. () Não

7D. MEDICAÇÃO: Tomou analgésico ou anti-inflamatório nas últimas 48h?

1. () Sim 2. () Não

Qual medicamento? _____ Horário da última dose: _____

8D. APARELHO: Usa aparelho ortodôntico fixo ou “contenção dental”?

1. () Sim

2. () Não

99. () Não lembra/Não sabe

QUAL tipo de aparelho? _____

9D. RESTAURAÇÕES: Possui dentes com restaurações grandes de metal (amálgama) ou resina?

1. () Sim

2. () Não

99. () Não lembra/Não sabe

Se sim, quais dentes? _____

BLOCO E: REGISTRO DO PESQUISADOR

Utilize este bloco para definir o seu padrão de referência clínico.

Ambiente:

Temp. Sala: _____ °C

Umidade: _____ %

APÊNDICES

APÊNDICE A- TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a),

O senhor(a) está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada: **“AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DIAGNÓSTICA DA TERMOGRAFIA**

INFRATERMELHA UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA RASTREAMENTO DAS PATOLOGIAS PULPARES E PERIAPICAIS”.

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar se o uso de uma câmera térmica (Termografia Infravermelha) integrada a programas de computador (Inteligência

Artificial) é capaz de identificar, de forma precisa e sem dor, doenças na polpa (nervo) e no periápice (osso ao redor da raiz dos dentes). Queremos descobrir se essa tecnologia pode substituir ou auxiliar os testes convencionais, tornando o diagnóstico mais rápido e seguro.

Após a leitura deste documento e se estiver claro sobre tudo que foi lido, e caso você concorde em participar desta pesquisa, por favor, rubricar todas as folhas e assinar ao final do documento. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar sua autorização. Sua recusa ou desistência em qualquer momento da pesquisa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador (a) ou com a Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Concordando em participar da pesquisa, você responderá a um questionário e em seguida, você aguardará 15 minutos em uma sala com temperatura controlada (23°C) para que a temperatura da sua boca se estabilize antes das fotos térmicas. Para que os dados sejam precisos, pedimos que você não coma nem beba nada 60 minutos antes do exame e, no momento da foto térmica, permaneça com a boca aberta por 1 minuto conforme orientação do pesquisador. Serão capturadas imagens da sua boca com uma câmera térmica de alta resolução. Este procedimento não encosta no seu dente, não dói e não emite radiação. Em seguida, você será submetido a um exame odontológico clínico e radiográfico, onde será avaliada a sua condição bucal. Também será realizado um teste

térmico ao frio (usando um spray resfriado em uma haste de algodão aplicado na coroa do dente) e oximetria de pulso (dois sensores de luz colocados paralelos a coroa do dente) para verificar a saúde da polpa dental. Por fim, serão realizadas radiografias digitais para avaliar as condições dos ossos ao redor das raízes dos seus dentes. As avaliações serão realizadas por profissionais de comprovada competência, todos os materiais utilizados serão descartáveis e os instrumentais devidamente esterilizados de forma a minimizar ao máximo qualquer risco para você. Você poderá entrar em contato com os pesquisadores para informar qualquer incômodo, desconforto ou dúvidas que possa vir a ter.

Na realização dos exames, você poderá sentir um leve desconforto doloroso, passageiro, durante o teste térmico ao frio, e cansaço por permanecer na mesma posição durante os exames. Haverá exposição a uma dose mínima de radiação durante as radiografias, que será amenizada pelo uso de avental de chumbo e protetor de tireoide. Suas informações pessoais serão mantidas em sigilo absoluto. Como benefícios, você receberá um diagnóstico detalhado da sua condição bucal, sem custos. Caso seja detectada qualquer necessidade de tratamento, você será encaminhado(a) para atendimento nas clínicas de Odontologia da UFMA. Não será divulgado nenhum dado que o identifique, como nome, RG ou CPF. Somente a equipe de pesquisadores saberá da sua participação nesse projeto, a menos que você conte ou informe a alguém. Você receberá uma cópia deste termo, onde consta o telefone e endereço dos pesquisadores responsáveis, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação em qualquer momento da pesquisa. Segue ainda o endereço do Comitê de Ética em Pesquisa da UFMA, órgão institucional responsável pela aprovação desta pesquisa e que tem por objetivo proteger o bem-estar dos participantes da pesquisa.

Pesquisador responsável: PROF^a. DR^a. SORAIA DE FÁTIMA CARVALHO SOUZA. Endereço: Campus do Bacanga s/n Prédio de Odontologia, Programa de PósGraduação. São Luís - MA. Fone: (98) 991901911

Pesquisador assistente: ANA PAULA NÓBREGA CAETANO DA SILVA.

Endereço: Campus do Bacanga s/n Prédio de Odontologia, Programa de Pós-Graduação.

São Luís- MA. Fone: (98) 981268822

Comitê de Ética em Pesquisa/UFMA. Endereço: Avenida dos Portugueses s/n,
Campus Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho PPPG, Bloco C Sala 07, e-mail
para correspondência cepufma@ufma.br. Fone: 3272-8708.

Eu, _____, CPF nº _____,
declaro ter sido informado e que entendi os objetivos, riscos e benefícios
de _____ minha
participação. Assim, concordo em participar, como voluntário, na pesquisa
acima _____ descrita
e confirmo que recebi uma cópia desse documento assinado pela
pesquisadora
responsável.

Assinatura do participante:

APÊNDICE B- TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS

PESQUISA:

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA DIAGNÓSTICA DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA RASTREAMENTO DAS PATOLOGIAS PULPARES E PERIAPICAIS

Os pesquisadores responsáveis pelo presente projeto de pesquisa comprometem-se a preservar a privacidade e a confidencialidade dos dados dos voluntários da pesquisa. As informações coletadas, que compreendem dados sociodemográficos, histórico clínico odontológico, exames clínicos e radiográficos convencionais, além dos registros de oximetria pulpar e imagens térmicas de termografia infravermelha, serão utilizadas única e exclusivamente para a execução deste estudo, que visa validar o uso da termografia integrada à inteligência artificial para o diagnóstico de patologias pulpares e periapicais.

Os pesquisadores garantem, igualmente, que a divulgação dos resultados obtidos em eventos ou publicações científicas será realizada de forma estritamente agregada e anônima, sem qualquer possibilidade de identificação direta ou indireta dos participantes.

Declaram, por fim, que cumprirão integralmente os termos das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa envolvendo Seres Humanos, previstas na Resolução CNS nº 466/2012 e na Resolução CNS nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde, bem como as disposições da Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD - Lei nº 13.709/2018).

São Luís - MA, 23 de junho de 2026.

Documento assinado digitalmente
 SORAIA DE FATIMA CARVALHO SOUZA
Data: 23/06/2026 15:55:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Soraia de Fátima Carvalho Souza
Professora Titular do Departamento de Odontologia II da UFMA
Pesquisadora Responsável

Documento assinado digitalmente
 ANA PAULA NOBREGA CAETANO DA SILVA
Data: 23/06/2026 15:45:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ana Paula Nóbrega Caetano da Silva
Doutoranda em Odontologia (PPGO/UFMA)
Pesquisadora Assistente

APÊNDICE C - FICHA CLÍNICA ODONTOLÓGICA E AVALIAÇÃO RADIOGRÁFICA

Nº _____ DATA DE COLETA: __/__/____ EXAMINADOR: _____ AUXILIAR: _____ NOME: _____
 _____ DIAGNÓSTICO DA DOENÇA PERIODONTAL: _____

[illegible]

DENTE	IR-H						PROFUNDIDADE DE SONDAGEM						ÍNDICE DE SANRAMENTO						NIC						IP				M
	DV	Méd.V	MV	DL	Méd.L	ML	DV	Méd.V	MV	DL	Méd.L	ML	DV	Méd.V	MV	DL	Méd.L	ML	DV	Méd.V	MV	DL	Méd.L	ML	V	L	M	D	
37																													

36																										
35																										
34																										
33																										
32																										
31																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										

Nomenclatura dentária segundo o sistema FDI

Nota- a aproximação da idade segue o seguinte critério (até seis meses aproxima para a idade anterior, acima de 6 meses aproxima para a idade seguinte) E- existência de dente (x= presente)

IR-H- índice de recessão (+) ou hiperplasia (-)

(mm) Profundidade de sondagem (mm)

Índice de sangramento - 0 (ausente), 1

(presente) NIC - nível de inserção clínica

(mm)

IP- Índice de placa - 0 (presente), 1 (presente)

DV (disto-vestibular) / Med.V(médio-vestibular) / MV (mésio-vestibular) DL (disto-lingual) / Med.L (médio-lingual) / ML (mésio-lingual)

M - MOBILIDADE

TABELA DE OXIMETRIA

SpO² Sistêmica (Dedo):

LEITURA 01	LEITURA 02	LEITURA 03

SpO² dental

ARCADA SUPERIOR (MAXILA)

Dente	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
LEITURA 01														
LEITURA 02														
LEITURA 03														

ARCADA INFERIOR (MANDÍBULA)

Dente	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
LEITURA 01														
LEITURA 02														
LEITURA 03														

| **Leitura em %**

| **LEGENDA:**

Facetas cerâmicas (FC)

Facetas de resinas (FR)

Coroas metalo-cerâmicas (CMC)

Coroas metálicas (CM)

TABELA DE SENSIBILIDADE PULPAR (TESTE AO FRIO)

ARCADA SUPERIOR (MAXILA)

Dente	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
Resposta														

ARCADA INFERIOR (MANDÍBULA)

Dente	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
Resposta														

LEGENDA:

0 – Resposta negativa

1 - Resposta positiva/normal

2 - Resposta exacerbada pelo frio e prolongada (quando demora a passar)

PALPAÇÃO DÍGITO-APICAL

ARCADA SUPERIOR (MAXILA)

Região periapical:	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
Resposta														

ARCADA INFERIOR (MANDÍBULA)

Região periapical:	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
Resposta														

Resposta

0 – normal (-)

1 – exacerbada (+)

PERCUSSÃO VERTICAL**ARCADA SUPERIOR (MAXILA)**

Dente	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
Resposta														

ARCADA INFERIOR (MANDÍBULA)

Dente	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
Resposta														

Resposta

0 – normal (-)

1 – exacerbada (+)

AValiação dos Achados Radiográficos (olhar legenda!)

Dente	Endo	Cárie (ICCMS™)	Restauração (Escore)	Metamorfose Cálcica	Raiz (Códigos)	Periápice	Lesão (mm)	PAI (1-5)
17	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
16	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
15	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
14	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
13	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
12	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
11	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
21	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
22	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
23	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		

24	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
25	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
26	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
27	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
47	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
46	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
45	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
44	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
43	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
42	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
41	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
31	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
32	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
33	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
34	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
35	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
36	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		
37	S / I / A					() Híg () Esp () Ost () Les		

LEGENDA DE CÓDIGOS

ENDO (Tratamento Endodôntico)

- S: Satisfatório

- I: Insatisfatório
- A: Ausente de tratamento

CÁRIE (Critérios ICCMS™ - Profundidade de Lesão)

- Escore 0: Sem imagem radiolúcida no esmalte (Hígido).
- Escore 1: Radiolucidez na metade externa do esmalte.
- Escore 2: Radiolucidez na metade interna do esmalte (até a JAD).
- Escore 3: Radiolucidez atingindo o terço externo da dentina.
- Escore 4: Radiolucidez atingindo o terço médio da dentina.
- Escore 5: Radiolucidez no terço interno da dentina.
- Escore 6: Radiolucidez com invasão evidente do tecido pulpar.

RESTAURAÇÃO (Interface e Conservação - Triagem Rápida)

Nota: Adicionar o tipo de material antes do escore (Ex: RR2 para Resina com escore 2, RM0 para Metal com escore 0).

- Escore 0 (Intacta): Interface dente-restauração harmônica, contorno anatômico preservado, sem fendas, degraus ou imagens radiolúcidas adjacentes.
- Escore 1 (Desajuste Leve): Pequeno degrau visual ou excesso cervical/interproximal de caráter superficial, sem envolvimento de dentina.
- Escore 2 (Cárie Secundária / Defeito Severo): Imagem radiolúcida nítida (processo carioso contíguo à margem) ou desajuste severo com nítida exposição de dentina/base cavitária.
- Escore 3 (Falha Catastrófica): Restauração severamente fraturada, deslocada do sítio original ou com perda parcial/total visível do material.
- Ausente: Deixar em branco ou sinalizar caso o dente não possua restaurações coronares.

METAMORFOSE CÁLCICA

- CPT: Calcificação Pulpar Total (Câmara e condutos).
- CPP: Calcificação Pulpar Parcial.
- NP: Nódulo Pulpar.
- Ausente: Deixar em branco (Câmara e canais com patência normal).

RAIZ

- RH: Raiz Hígida
- RC: Reabsorção Cervical
- RbM (i/e): Reabsorção em 1/3 Médio (interna ou externa)
- RbA (i/e): Reabsorção em 1/3 Apical (interna ou externa)
- RAP: Reabsorção Apical Profunda
- HIP: Hipercementose

PERIÁPICE e PAI

- PH (Híg): Hígido / Esp: Espessamento do Ligamento / Ost: Osteíte Condensante / Les: Lesão Radiolúcida
- PAI 1: Estruturas periapicais normais.
- PAI 2: Pequenas mudanças na estrutura óssea (não sugestivas de periodontite).
- PAI 3: Mudanças na estrutura óssea com perda mineral (sugestivas de periodontite).
- PAI 4: Periodontite apical com área radiolúcida bem definida.
- PAI 5: Periodontite apical severa com características de exacerbação.