



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

PÂMELA JAMILLE BRITO DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR EM DENTES COM INDICAÇÃO
PARA ENDODONTIA ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DA REFLETÂNCIA
DIFUSA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO**

Recife

2018

PÂMELA JAMILLE BRITO DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR EM DENTES COM INDICAÇÃO
PARA ENDODONTIA ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DA REFLETÂNCIA
DIFUSA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Área de Concentração: Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Ribeiro Sales.

Coorientador: Prof. Dr. Emery Cleiton Cabral Correia Lins.

Recife

2018

Catálogo na fonte
Biblioteca Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586d Silva, Pâmela Jamille Brito da.
Diagnóstico da vitalidade pulpar em dentes com indicação para endodontia através da espectroscopia da refletância difusa no infravermelho próximo / Pâmela Jamille Brito da Silva. - 2018.
62 folhas, figs., gráfs. tab.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Ribeiro Sales.
Coorientador: Prof. Dr. Emery Cleiton Cabral Correia Lins.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.
CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, 2018.
Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Biomédica. 2. Infravermelho. 3. Vitalidade pulpar. 4. Espectroscopia de reflexão. 5. Endodontia. 6. Diagnóstico pulpar. I. Sales, Fernando José Ribeiro. (Orientador). II. Lins, Emery Cleiton Cabral Correia. (Coorientador). III. Título.

UFPE

610.28 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-175

PÂMELA JAMILLE BRITO DA SILVA

**DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR EM DENTES COM INDICAÇÃO
PARA ENDODONTIA ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DA REFLETÂNCIA
DIFUSA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Aprovada em: 14/05/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando José Ribeiro Sales (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Prof. Dr. Emery Cleyton Cabral Correia Lins (Coorientador)
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Prof. Dr. Renato Evangelista de Araujo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco- UFPE

Profa. Dra. Cláudia Cristina Brainer de Oliveira Mota ((Examinador Externo)
Centro Universitário Tabosa de Almeida - ASCES-UNITA

Dedico esse trabalho à Deus por me dar força e sempre está sempre ao meu lado. Aos meus pais e irmão por sempre me apoiarem. Ao meu orientador, por sempre me incentivar nos momentos de desânimo. Aos meus amigos por entenderem as minhas ausências e por me impulsionarem a seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por estar comigo em todos os momentos da minha caminhada e por ter cercado de pessoas tão especiais.

Aos meus pais e a meu irmão por serem meus pilares, a minha fortaleza e sempre me mostrarem o caminho do bem.

Às minhas amigas do mestrado por terem me dado a oportunidade de dividir conhecimentos, frustrações, alegrias e tristezas. Agradeço também à Deus por ter conhecido cada uma de vocês.

Ao meu orientador Prof^o Dr^o Emery Cleyton Cabral Correia Lins pelo tempo dedicado, pela paciência, pelo apoio, por compreender minhas falhas e angústias e pela cumplicidade que me fez cada dia mais tê-lo como exemplo de profissional, e por toda contribuição não só na execução desse trabalho como também pelas conversas incentivadoras.

À todos os colaboradores que participaram de forma direta e indireta.

Aos pacientes por terem sido peças fundamentais para a construção e desenvolvimento dessa pesquisa.

À todos que contribuíram de alguma forma para a execução deste trabalho, o meu muito obrigada!

RESUMO

No cotidiano da clínica odontológica conhecer a saúde da polpa dental ou vitalidade pulpar é uma etapa importante pois o correto diagnóstico da vitalidade pulpar é indispensável para o planejamento do tratamento mais adequado ao paciente. A odontologia dispõe de uma especialidade voltada para o diagnóstico e tratamento de doenças que acometem o tecido pulpar que é a Endodontia. Essa especialidade tem como principal material de estudo a polpa dental, tecido conjuntivo localizado na porção mais interna do elemento dentário, responsável pela formação de dentina, além da atividade nutritiva e sensorial. Assim dependendo do diagnóstico dado pelo especialista o tipo de procedimento realizado no tecido pulpar pode variar, desde uma intervenção medicamentosa inicial até a biopulpectomia (remoção total do tecido pulpar). Este trabalho propõe um método de diagnóstico novo utilizando a espectroscopia de refletância difusa das radiações na região espectral do infravermelho próximo (NIR, 900 nm a 1700 nm) sobre polpas dentais com indicação para tratamento endodôntico em um estudo *in vivo*. Foi utilizado nesse experimento um equipamento modelo DSR-CXR-512 (StellarNet, Inc., EUA.), o qual equivale à combinação de dois espectrômetros que operam em regiões espectrais distintas: um no visível e o outro no infravermelho próximo, porém apenas o infravermelho foi utilizado para a realização dessa pesquisa. O objetivo é avaliar o poder de discriminação que à NIR possui no diagnóstico de polpas com status de polpa vital com indicação de pulpíte do status de necrose pulpar (morte pulpar). A coleta foi realizada na clínica do curso de Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia do Recife (FOR), onde os pacientes foram triados e de acordo com os critérios de inclusão foram selecionados para participar desta pesquisa. Testes clínicos usuais como os de sensibilidade e exames radiográficos foram realizados para a conclusão do diagnóstico pulpar. Em seguida realizou-se o protocolo clínico e a preparação do paciente para realizar a cirurgia endodôntica. Durante o procedimento cirúrgico, após a abertura da câmara pulpar e exposição da polpa, a fibra óptica do equipamento, devidamente desinfetada e protegida, foi posta em contato com o tecido pulpar para a coleta dos espectros. Posteriormente o procedimento cirúrgico ocorreu de forma convencional. De acordo com os parâmetros e a classificação dos dados (paramétricos/não-paramétricos) foram realizados testes estatísticos. Inicialmente o teste t-Student que foi utilizado para dados paramétricos e os testes Mann-Whitney, utilizado para não-paramétricos. Para análise de dados multivariados utilizamos a Análise dos Componentes Principais. Os resultados obtidos nos permite concluir que a técnica de Espectroscopia da Refletância Difusa no Infravermelho Próximo (NIR) apresenta o poder

de discriminar polpas dentais diagnosticadas como não vitais das que apresentaram diagnóstico de pulpíte. Assim a distinção dos dois grupos (necrose e pulpíte) foi alcançada utilizando a radiação NIR através da técnica de espectroscopia de reflexão, tanto pela análise do coeficiente de reflexão difusa como pela análise clínica das variâncias dos dados.

Palavras-chave: Infravermelho. Vitalidade pulpar. Espectroscopia de reflexão. Endodontia. Diagnóstico pulpar.

ABSTRACT

In the daily routine of the dental clinic, knowing the health of the dental pulp or pulp vitality is an indispensable step for directing the most appropriate treatment to the patient. Dentistry has a specialty dedicated to the diagnosis and treatment of diseases that affect the pulp tissue that is Endodontics. This specialty has as main study material a dental pulp, connective tissue located in the internal parts of the dental element, being responsible for the formation of dentin, as well as nutritional and sensory activity. Thus, depending on the diagnosis given by the specialist, the type of procedure performed on the pulp tissue can vary from an initial drug intervention to biopulpectomy (total removal of the pulp tissue). This work proposes a new diagnostic method using diffuse reflectance spectroscopy of the radiations in the near infrared spectral region (NIR, 900 nm to 1700 nm) on dental pulps with indication for endodontic treatment in an in vivo study. A DSR-CXR-512 model (StellarNet, Inc., USA) was used in this experiment, which is equivalent to the combination of two spectrometers operating in different spectral regions: one visible and the other near the near infrared, but only the infrared was used to carry out this research. The objective of this study is to evaluate the discriminating power of NIR in the diagnosis of pulps with vital pulp status and pulp necrosis status (pulp death). The collection was performed within the clinic of the Specialization in Endodontics course of the Faculty of Dentistry of Recife (FOR), where the patients were screened and according to the inclusion criteria were selected to participate in this research. Usual clinical tests such as sensitivity and radiographic examinations were performed to conclude the pulpal diagnosis. Then the clinical protocol and the preparation of the patient to perform the endodontic surgery were performed. During endodontic surgery, after the opening of the pulp chamber and exposure of the pulp, the optical fiber of the equipment, properly disinfected and protected, was placed in contact with the pulp tissue to collect the spectra. Subsequently the surgical procedure occurred in a conventional manner. According to the parameters and data classification (parametric / non-parametric), statistical tests were performed. Initially the Student-t test was used for parametric data and the Mann-Whitney tests, used for non-parametric. For analysis of multivariate data we used the Principal Component Analysis. The results obtained allow us to conclude that the Near Infrared Diffuse Reflective Spectroscopy (NIR) technique has the power to discriminate dental pulps diagnosed as non - vital to those that presented pulpitis diagnosis. Thus the distinction between the two groups (necrosis and pulpitis) was achieved using NIR radiation

through the reflection spectroscopy technique, both by the analysis of the diffuse reflection coefficient and by the clinical analysis of the data variances.

Keywords: Infrared. Pulp vitality. Reflection spectroscopy. Endodontics. Pulp diagnosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Representação do elemento dentário e seus componentes: esmalte, dentina, polpa (revestida pela dentina e pelo esmalte mais externamente, na porção coronária e pela dentina e cimento na porção radicular) canal radicular, osso alveolar, cimento, ligamento periodontal, vasos e nervos.....	19
Figura 2 –	Representação do equipamento para medição da Fluxometria Laser Doppler (FLD) e sua aplicação na clínica odontológica	29
Figura 3 –	Equipamento para realização dos testes de Oximetria de pulso e sua aplicação na clínica odontológica.....	30
Figura 4 –	Ilustração da interação luz-tecido de reflexão especular (fig. A) e difusa (fig.B)	32
Figura 5 –	Espectrômetros que compõem o modelo DSR-CXR-512. Um realiza a captura na região do infravermelho (A) e o outro na região do visível/infravermelho (B)	34
Figura 6 –	Ponta de prova com o probe de refletância em destaque revelando a disposição das oito fibras ópticas.....	34
Figura 7 –	Fonte de luz modelo SL1 (StellarNet, Inc., EUA)	35
Figura 8 –	Posicionamento do probe em contato direto com a polpa de molar inferior para a realização da coleta dos espectros	38
Figura 9 –	Característica de emissão da fonte de iluminação SL1 registrada na região VIS/NIR (linha pontilhada) e NIR (linha contínua) com uso dos dois espectrômetros e de um padrão de refletância	41
Figura 10 –	Espectros de refletância difusa no NIR originais sem remoção da linha de base e sem normalização (Fig. 10A) e como remoção da linha de base e normalizado pela intensidade do pico de 1300nm (Fig. 10B).....	45
Figura 11 –	Box plot da análise dos grupos nos picos de 1100 nm e 1550 nm ...	48
Figura 12 –	Box plot da análise do comprimento de onda onde ocorreu o pico dos grupos em 1100 nm e 1550nm	49
Figura 13 –	Box plot da análise da largura de banda (FWHM) na região de 1100nm e na região de 1550nm.....	50

Figura 14 – Gráfico da análise dos componentes principais (PCA) gerado a partir da análise ao longo de todo o espectro no NIR para as 32 amostras. O traçado em vermelho mostra o modelo matemático $PC1+PC2=0$ que faz a separação dos dois grupos de amostras: de P1 à P19 52

LISTA DE ABREVIATURAS

fMRI	Ressonância magnética funcional
FOR	Faculdade de Odontologia do Recife
FWM	Máxima largura a meia altura
Hb	Desoxi-Hemoglobina
HbO2	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
I _F	Intensidade original/ fonte
InGaAs	Arseneto de Índio-Gálio
I _R	Intensidade refletida
Lb _F	Linha de base da fonte
MATAB	The MathWorks
MRS	Ressonância magnética
NIR	Near Infra-Red
NIRS	Near-Infrared Radiation Spectroscopy
OP	Oximetria de Pulso
P1	Intensidade do pico do espectro
P2	Comprimento de onda do pico
P3	Largura de banda
PCA	Principal Component Analysis
PCs	Componentes principais
R%	Coefficiente de reflexão em percentual
SBBrasil	Pesquisa Nacional de Saúde Bucal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UA	Unidades arbitrárias
UTI	Unidades de Terapia Intensiva
VIS/NIRS	Visible and Near-Infrared Radiation Spectroscopy

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	ENUNCIADO DO PROBLEMA	15
1.2	PROPOSTA DA PESQUISA	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVOS GERAIS	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	POLPA DENTAL E COMPLEXO DENTINOPULPAR	19
3.2	INFLAMAÇÃO PULPAR	20
3.3	PATOLOGIA DA POLPA	22
3.4	CLASSIFICAÇÃO DAS DOENÇAS PULPARES	22
3.4.1	Polpa Normal	23
3.4.2	Pulpite Reversível	23
3.4.3	Pulpite Irreversível	23
3.4.4	Necrose Pulpar	24
3.5	TESTE DE DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR	24
3.5.1	Teste de Sensibilidade	26
3.5.2	Teste de Fluxo Sanguíneo	28
3.6	ESPECTROSCOPIA DA REFLEXÃO DIFUSA	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4.1	ASPECTOS ETICOS	33
4.2	EQUIPAMENTO	33
4.3	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	35
4.3.1	Protocolo Clínico	36
4.3.2	Coleta dos espectros	38
4.4	PROCESSAMENTO DOS ESPECTROS	40
4.4.1	Análise do coeficiente da reflexão difusa	40
4.4.2	Análise clínica das variâncias dos dados	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	ANÁLISE NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR, 900NM A	

	1700NM).....	45
5.1.1	PCA aplicada no infravermelho	51
6	CONCLUSÃO E ATIVIDADES FUTURAS	53
	REFERÊNCIAS	55
	ANEXO A - TRABALHO APRESENTADO NO XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA (2017).....	58
	ANEXO B -PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	59

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da ciência o desejo pelo surgimento de métodos para a obtenção de informações teciduais de forma não invasiva vem crescendo. Técnicas de monitoramento como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a espectroscopia por ressonância magnética (MRS) são exemplos de como a física vem contribuindo de forma significativa. Assim, técnicas que usem luz no infravermelho próximo (*Near Infra-Red*, NIR) também se destacam levando em consideração o fato de que essa luz tem a capacidade de adentrar ao tecido e retornar, trazendo consigo informações sobre as propriedades ópticas do meio. Assim, esta técnica torna-se uma importante alternativa como ferramenta clínica para o diagnóstico e monitoramento de tecidos de forma não invasiva e indolor. A espectroscopia óptica de difusão é uma das principais técnicas ópticas para obtenção dessas propriedades fisiológicas do tecido (WOLF, M., FERRARI, M., QUARESIMA, V., 2007; YU, B. *et al.*, 2014; JACQUES, S. L., 2013).

1.1 ENUNCIADO DO PROBLEMA

A Endodontia é a especialidade da Odontologia voltada para as alterações do tecido pulpar (tecido conjuntivo frouxo de origem mesenquimal responsável pela vitalidade do dente) e tecidos perirradiculares (conjunto de tecidos que circundam a porção apical da raiz do dente) e visa avaliar sua morfologia, fisiologia e patologia que os acometem.

No dia-a-dia da clínica odontológica uma das informações de maior relevância é o diagnóstico da vitalidade do tecido pulpar e a base para a organização do tratamento odontológico é o diagnóstico correto, especialmente quando a queixa principal do paciente relaciona-se à dor de origem odontogênica. Para se obter um plano de tratamento bem-sucedido essa etapa precisa ser realizada de forma segura e precisa, pois é através dela que o cirurgião dentista tomará a decisão sobre qual o tratamento adequado a ser realizado. Outro fator também crucial é a identificação do elemento dentário envolvido, além da determinação da enfermidade que o acomete. Ademais é importante explorar a história médica e clínica realizando um exame clínico cauteloso e com isso evitar complicações no tratamento (SOARES; GOLDBERG, 2002; ALBUQUERQUE *et al.*, 2011).

Uma vez que a polpa do dente é diagnosticada não-vital (polpa morta), o procedimento clínico sugere a realização de tratamento endodôntico com remoção total do tecido degradado, desinfecção do tecido restante e reparo dental para reisolar o tecido mole de patógenos

externos (GOPIKRISHNA, V., PRADEEP, G., AENKATESHBABU, N., 2009; EDUARDO, FLAVIA, 2004; DE MORAES, 2006; JAFARZADEH, H., ROSENBERG, P. A., 2009; ABRÃO, 2006; KATAOKA, 2010).

As técnicas de diagnóstico utilizadas atualmente para a realização da avaliação do tecido pulpar nas clínicas odontológicas são diversas, desde exames clínicos como palpação, testes de percussão horizontal e vertical a exames complementares como os de sensibilidade e vitalidade pulpar que embora eficientes, na maioria das vezes, apresentam considerados índices de erros e certo grau de desconforto ao paciente (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; TORABINEJAD; WALTON, 2010). Levando em consideração que todo processo inflamatório envolvendo a polpa infectada já provoca um estímulo doloroso acentuado, o fato das técnicas atuais provocarem uma reação dolorosa e avaliarem a resposta pulpar para cada estímulo, variando conforme a técnica utilizada transforma esses métodos de diagnósticos bastante desconfortáveis para o paciente. Assim a aplicação clínica de uma técnica diagnóstica eficiente e indolor melhoraria significativamente a relação paciente-profissional nesse contexto.

Segundo os Projetos SB Brasil 2003 e 2010 (BRASIL, 2004; BRASIL, 2012) a cárie dental, doença periodontal (gingivite e periodontite), câncer de boca, traumatismo dentário, fluorose dentária, edentulismo e má oclusão fazem parte dos principais danos que acometem a saúde bucal e vem sendo alvo de estudos epidemiológicos. Levando isso em consideração, fatores como cáries dentária, traumas dentários e procedimentos restauradores comumente, violam a integridade dos tecidos que circundam e protegem a polpa dental, permitindo com isso que infecções no complexo dentino-pulpar venham a ocorrer, conduzindo a um prognóstico favorável para uma possível doença pulpar e periapical. (LOVE R. M, 2000; TANOMARU J. M. G. *et al.*, 2008). Estudos apontaram ainda que a cárie é o fator etiológico predominante nas alterações pulpares, sendo estas ocasionadas pela evolução do processo cariioso, acometendo indivíduos de ambos os gêneros (PEREIRA, C. V; CARVALHO, J. C., 2008).

Em relação à população Brasileira estudos apontaram que quase 70% das crianças de 12 anos e cerca de 90% dos adolescentes de 15 a 19 anos apresentam pelo menos um dente permanente com experiência de cárie. E esta situação se agrava ainda mais quando se avaliam as populações adulta e idosa, que apresentam uma média de 20,1 dentes atacados pela cárie entre os adultos (35 a 44 anos) e 27,8 dentes atacados na faixa etária de 65 a 74 anos (BRASIL, 2004).

Assim, sendo a lesão cariiosa a principal patologia que acomete a saúde bucal da população e o principal fator responsável por alterações pulpares que evoluem para lesões de cunho endodôntico, pode-se dizer que o aumento do índice de casos de lesões endodônticas está ligado de forma direta ao crescente número de lesões cariosas (PEREIRA, C. V; CARVALHO, J, C , 2008). Falhas no sucesso do tratamento endodôntico podem decorrer tanto por fatores de origem microbiana como por diagnóstico incorreto, falhas técnicas e falta de habilidade do profissional (GABARDO, et al., 2009).

1.2 PROPOSTA DA PESQUISA

Nos últimos anos o nosso grupo de pesquisa vem realizando estudos clínicos/experimentais com o objetivo de diagnosticar patologias da polpa dental de forma minimamente invasiva. Neste caso, a espectroscopia da reflexão difusa de radiações na região visível e do infravermelho próximo (no inglês Visible and Near-Infrared Radiation Spectroscopy, VIS/NIRS) vem sendo utilizada como ferramenta principal, uma vez que as propriedades ópticas dos tecidos dentais variam de acordo com a patologia estudada (PROVASI *et al.*, 2016).

Uma das evidências dos estudos anteriores foi a verificação da necessidade de discriminar polpas dentais submetidas a um processo inflamatório característico da pulpíte em estágio inicial, daquelas polpas submetidas a um processo avançado de degradação tecidual que tem como consequência a necrose pulpar. Dessa forma este trabalho tem o intuito de dar continuidade aos experimentos que já vem sendo produzidos pelo grupo de pesquisa com o intuito de refinar os estudos já existentes

Com isso propõe-se então a realização de um estudo *in vivo* da espectroscopia (NIRS) para discriminar com significância estatística as polpas dentais patológicas vitais diagnosticadas com pulpíte das polpas não-vitais diagnosticadas com necrose, sendo todas as amostras indicadas para a realização de tratamento endodôntico; avaliar a funcionalidade do equipamento e sua aplicabilidade clínica na realização de diagnósticos de patologias pulpares, além de explorar as propriedades ópticas da polpa dental humana, em especial na região espectral do infravermelho (NIRS) e com isso mostrar que a Espectroscopia da Refletância Difusa de Radiações Infravermelhas se apresenta como método promissor para diferenciar o diagnóstico dos tecidos pulpares em estágio inflamatório do necrosado.

2 OBJETIVOS

Em relação aos objetivos podemos dividi-los em gerais e específicos para melhor visualiza-los.

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Avaliar se técnica da espectroscopia da refletância difusa no infravermelho próximo (NIRS) permite discriminar polpas dentais diagnosticadas como não-vital, das polpas que exibem o diagnóstico de polpas vitais com pulpite (polpas inflamadas).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar uma metodologia minimamente invasiva de diagnóstico pulpar que utiliza espectroscopia da reflexão difusa na região do infravermelho próximo (900nm a 1700nm), realizando um experimento *in vivo* em polpas dentais de humanos adultos e confrontando os resultados obtidos por meio de técnicas estatísticas.

- Determinar a melhor região espectral para a proposição de metodologias de diagnóstico entre as polpas necrosadas e as com indicação de pulpite, através das informações obtidas com os dados coletados.

- Propor a utilização de um instrumental clínico a ser desenvolvido no futuro avaliando a usabilidade e aplicabilidade da técnica e equipamento na vivência da clínica odontológica.

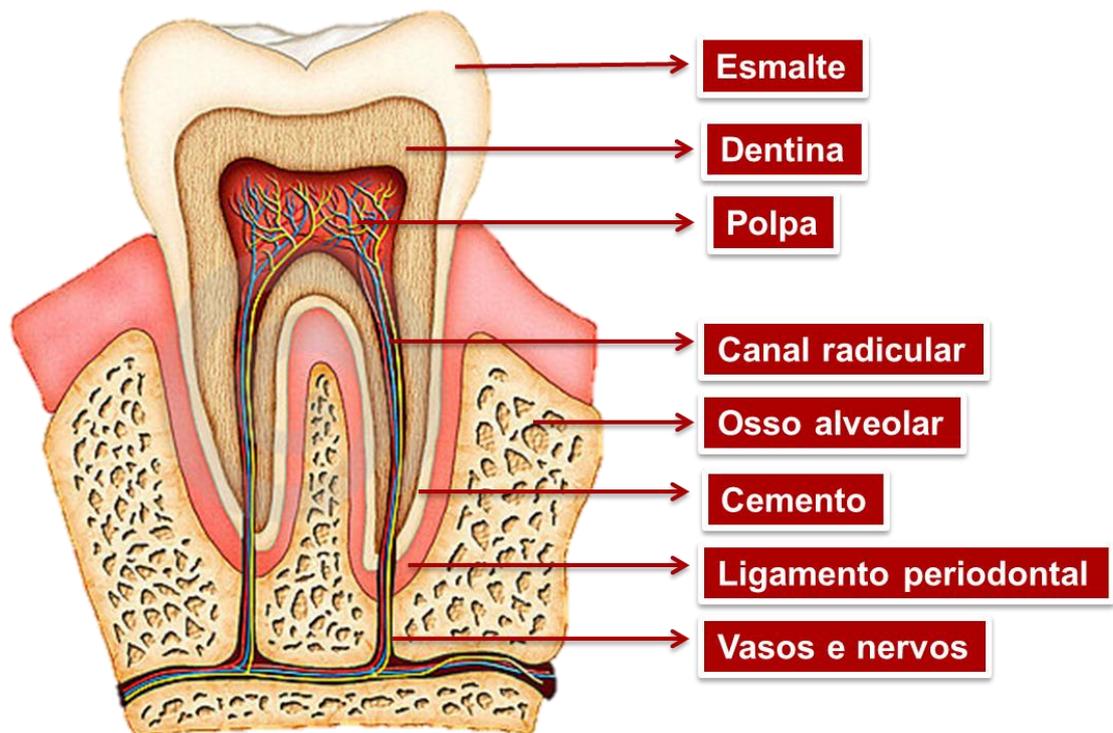
3 REVISÃO DE LITERATURA

O principal foco dessa pesquisa é o tecido pulpar, mais especificamente, o diagnóstico desse tecido de forma minimamente invasiva. Para melhor entender a importância desse estudo se faz necessário conhecer alguns tópicos.

3.1 POLPA DENTAL E COMPLEXO DENTINOPULPAR

A polpa dental é um tecido conjuntivo frouxo de origem mesenquimal rica em nervos, fibras e vasos sanguíneos. O tecido pulpar é circundado pela dentina e mantém com ela uma íntima relação, tanto anatômica como fisiológica e juntas formam o complexo dentinopulpar. Este complexo está separado da cavidade oral pelo revestimento de esmalte na porção coronária e pelo cimento na sua porção apical, como ilustra a Figura 1. Quando ocorre a perda dessas camadas protetoras, o complexo dentinopulpar fica exposto a agentes irritantes e acaba respondendo de diferentes maneiras aos diferentes agentes.

Figura 1 - Representação do elemento dentário e seus componentes: esmalte, dentina, polpa (revestida pela dentina e pelo esmalte mais externamente, na porção coronária e pela dentina e cimento na porção radicular) canal radicular, osso alveolar, cimento, ligamento periodontal, vasos e nervos.



Fonte: A anatomia dos dentes. Retirada de:

<https://www.institutonewtonribeiro.com.br/anatomia-dos-dentes/A> Autora. Acesso em: 20 junho 2017.

Pode-se dividir a polpa dentária anatomicamente como polpa coronária (porção localizada na região da câmara pulpar) e polpa radicular (porção localizada no interior do canal radicular). A polpa radicular comunica-se com o ligamento periodontal, na sua porção apical, através do forame ou forames apicais ou ainda por possíveis canais laterais por onde passam componentes vasculares e nervosos (Figura 1) (SOARES; GOLDBERG, 2002; LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

O tecido pulpar dental apresenta inúmeras funções e entre elas estão a função formativa, que é principal delas e corresponde a formação da dentina (dentinogênese) por toda a vida do indivíduo; a função sensitiva, onde a inervação sensorial presente na polpa age indicando alterações; a função nutritiva, fornecendo oxigênio e nutrientes necessários para a formação da dentina e para a sobrevivência pulpar e a função defensiva, com a capacidade de se defender contra infecções microbianas através da produção de dentina terciária (esclerosada) e da ativação da resposta imune (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

3.2 INFLAMAÇÃO PULPAR

Embora existam inúmeras formas para as bactérias atingirem o complexo dentinopulpar, a mais frequente ainda é através da cárie dental. Com o complexo exposto ao agente agressor, a resposta ao estímulo bacteriano poderá ser de três formas: a redução da permeabilidade da dentina; a formação de dentina terciária ou esclerótica, ambas as reações envolvendo a dentina como uma forma de aumentar a barreira contra a invasão bacteriana, e através da resposta imune envolvendo a polpa que como todo tecido conjuntivo responde à injúria tecidual através da inflamação (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

Pelo fato da polpa estar circundada por dentina, quando ocorre o processo inflamatório e o aumento do volume desse tecido e conseqüentemente, aumento da pressão interna, as fibras nervosas são comprimidas e a presença das estruturas mineralizadas dos elementos dentais impedem a expansão pulpar, causando o estímulo doloroso. Esse aumento de volume também pode dificultar o fluxo sanguíneo local e o retorno do sangue venoso através do forame apical, o que dificulta a capacidade de defesa da polpa (LEONARDI et al., 2011; BIZ M.T., 2013).

Conforme a gravidade, duração da agressão e capacidade de defesa do hospedeiro, a resposta pulpar pode variar desde uma inflamação transitória (pulpite reversível) até uma pulpite irreversível, ou à necrose pulpar. Sinais como vermelhidão, dor, calor e edema são associados a inflamação. O calor e a vermelhidão são conseqüências do aumento do fluxo

sanguíneo, já o edema se dá pelo aumento de fluido tecidual intersticial, graças ao aumento da permeabilidade dos capilares (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Quando a inflamação ocorre, o tecido pulpar responde da mesma forma que outros tecidos conjuntivos, ou seja, desencadeia uma resposta vascular bifásica, que consiste numa vasoconstrição primária seguido de vasodilatação e o aumento da permeabilidade vascular, que resulta na perda de fluido dos vasos e um edema localizado. O edema por sua vez, pode causar aumento local da pressão tecidual e conseqüentemente a redução regional do fluxo sanguíneo e da drenagem linfática, aumentando a quantidade de dióxido de carbono e a acidez no tecido. A direção do fluxo vascular é alterada sendo redirecionados para longe da área inflamada e em direção aos vasos pulpares eferentes, com o intuito de compensar o fluxo na área afetada, permitindo assim, a redução do edema tecidual e o restabelecimento do fluxo sanguíneo normal. Porém se a lesão for grave o suficiente para ultrapassar a capacidade de vascularização, que compensaria o processo, uma isquemia local e a extensão avançada da destruição do tecido pulpar poderá ocorrer (FACHIN E. F., LUISI S. B., BORBA M., 2001).

Em relação à resposta celular, uma reação primária se inicia com o acúmulo focal de células inflamatórias abaixo da dentina afetada. Os odontoblastos, células responsáveis pela formação da dentina, exercem função imprescindível nessa resposta, por estarem localizados em uma região mais periférica da polpa e serem as primeiras células a entrar em contato com a região afetada. Como isso, os odontoblastos são capazes de reconhecer produtos bacterianos e liberar moléculas pró-inflamatórias que recrutam células dendríticas (e posteriormente outras células de defesa) para a região afetada (STAQUET et al., 2008; HAHN, C. L., LIEWEHR, F. R., 2007).

Mesmo que a reação inflamatória se inicie cedo, em resposta a um ataque cariogênico, enquanto a polpa permanecer vital ou houver camada de dentina não muito fina abaixo da lesão, o tecido pulpar geralmente não infecciona. Mesmo que a bactérias possam alcançar a polpa através dos túbulos dentinários, não se espera que um dano irreversível seja causado. Ou seja, a polpa raramente sofrerá alterações danosas significativas provenientes da inflamação, enquanto o agente agressor estiver confinado na dentina. Assim a inflamação pulpar é considerada reversível, pois se houver a remoção do agente agressor, no caso a cárie, o reparo tecidual acontece e a polpa retorna ao seu estado normal, com a redução dos níveis de células de defesa e de mediadores pró-inflamatórios. Porém se a agressão persistir e/ou aumentar de tamanho, o tecido pulpar irá necrosar (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.3 PATOLOGIA DA POLPA

A maioria das alterações patológicas que afetam a polpa e os tecidos perirradiculares é de origem inflamatória e de etiologia infecciosa. A intensidade da resposta inflamatória vai variar de acordo como o tipo de agressão e sua intensidade. Com tudo, o tipo de resposta pulpar vai depender da intensidade, do tempo, da frequência do agente irritante, da condição prévia do tecido pulpar e da falta de resolutividade em atendimentos anteriores (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; BIZ M.T., 2013).

As lesões pulpares leves podem não resultar em alterações significativas. Enquanto que lesões de moderadas a severas resultam em inflamação localizada, com a liberação de altas concentrações de mediadores inflamatórios e aumento da permeabilidade vascular, da estase vascular, e da migração de leucócitos para o local do dano (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Ainda que a cárie dental seja a principal ameaça à saúde do tecido pulpar, ainda existem outros fatores que também contribuem de forma significativa para o comprometimento polpa como, por exemplo, a geração de calor que ocorre durante a remoção do tecido cariado no preparo da cavidade, a toxicidade dos materiais restauradores e as infiltrações de bactérias e seus produtos pela interface dente-restauração. Danos como esses podem transformar uma pulpíte reversível em uma irreversível. Assim, observa-se que os procedimentos restauradores podem ser delineados não só para reparar a integridade mecânica e estética do dente, mas também como forma preventiva ou interceptativa de danos que possam vir acometer a saúde pulpar, permitindo a recuperação da polpa comprometida e a protegendo de lesões adicionais (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS DOENÇAS PULPARES

A classificação e o diagnóstico das doenças pulpares baseiam-se mais nos sinais e sintomas clínicos. Assim a condição pulpar pode ser classificada como polpa normal, pulpíte reversível e irreversível, pulpíte hiperplásica, necrose e lesão previamente tratada (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.4.1 Polpa Normal

A polpa considerada normal não apresenta sintomas clínicos e nem sinais radiográficos de lesão, respondendo normalmente ao teste de vitalidade (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.4.2 Pulpite Reversível

Já a pulpite reversível é uma condição clínica associada a alterações que indicam a presença de inflamação leve no tecido pulpar. Normalmente não apresenta sintomas e em algumas ocasiões podem causar dor aguda, rápida, localizada e fugaz como resposta ao estímulo que normalmente não provocaria dor. O tratamento é basicamente a remoção do agente irritante e o selamento da cavidade. Esse selamento pode ser realizado à base de óxido de zinco-eugenol, que possui compostos com efeito analgésico e anti-inflamatório, ou cimento de ionômero de vidro e hidróxido de cálcio. Após sete dias, o dente é reavaliado para considerar a possibilidade da restauração definitiva da dentina exposta, resultando na redução dos sintomas e regressão do processo inflamatório. Porém se o processo inflamatório continuar o status passará a ser o de pulpite irreversível que poderá ocasionar em uma necrose pulpar e até uma periodontite apical (TORABINEJAD; WALTON, 2010; LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; LEONARDI, *et al.*, 2011).

3.4.3 Pulpite Irreversível

A pulpite irreversível é considerada consequência da progressão da pulpite reversível e indica a presença de uma inflamação pulpar severa que não regride mesmo com a remoção do agente causador, progredindo para necrose. Danos como preparos cavitários extensos, com remoção significativa de dentina durante o procedimento restaurador, e a falta de suprimento sanguíneo para o tecido pulpar decorrente de trauma ou de movimentação ortodôntica podem causar danos irreversíveis a polpa. Em relação à sintomatologia, a pulpite pode ser sintomática, com dor espontânea e longa, podendo ainda ser associada à dor intermitente ou assintomática, sem sintomas e sinais clínicos. A ausência de sintomas da pulpite irreversível se dá pela exposição pulpar, que facilita a drenagem do exsudato inflamatório. O tratamento proposto é a remoção total (tratamento endodôntico convencional) ou parcial (tratamento conservador) do tecido pulpar. A denominada polpa hiperplásica, também conhecida como pólipos pulpar, é uma forma da pulpite irreversível que surge quando ocorre a hipertrofia do

tecido pulpar jovem com inflamação crônica que cresce em direção à superfície oclusal. A pulpíte hiperplásica tem a aparência clínica de um tecido conjuntivo de cor avermelhada semelhante a uma couve-flor emergindo do interior da lesão cariosa (TORABINEJAD; WALTON, 2010; LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

3.4.4 Necrose Pulpar

A necrose é caracterizada pelo conjunto de modificações morfológicas que acompanham a morte celular em um tecido. A necrose do tecido pulpar pode ser classificada como necrose de liquefação que ocorre em áreas de infecção bacteriana, necrose de coagulação que é causada por lesão traumática, com a suspensão do suprimento sanguíneo da polpa pelo rompimento do feixe vasculonervoso resultando na isquemia do tecido, e a necrose gangrenosa resultante do tecido que sofreu necrose de coagulação e foi invadido por bactérias promotoras da liquefação, exemplo disso são os dentes traumatizados. Geralmente apresenta-se assintomático, porém com relatos de episódios prévios de dor. O tratamento do tecido necrótico consiste na remoção total da polpa necrosada e infectada, medicação intracanal e obturação do sistema de canais radiculares (TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.5 TESTE DE DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR

Em meio às inúmeras possibilidades de doenças pulpares que podem se assemelhar em relação a sinais e sintomas, faz-se necessário um diagnóstico correto e preciso para a realização de um plano de tratamento endodôntico bem-sucedido (SILVA, L. D. G. et al., 2008).

O diagnóstico é a ciência que reconhece a doença por meio dos sinais, sintomas e testes. Algumas informações são cruciais para auxiliar no diagnóstico como, por exemplo, o histórico de evolução da enfermidade e as características da dor. Em seguida, outros exames clínicos e/ou radiográficos são necessários, a fim de avaliar a sensibilidade e sintomatologia, e dessa forma realizar um diagnóstico mais preciso, associando achados clínicos objetivos com as informações adquiridas durante a anamnese (SOARES; GOLDBERG, 2002; TORABINEJAD; WALTON, 2010).

Em geral o protocolo clínico para verificar a vitalidade pulpar sugere ao cirurgião dentista alguns procedimentos como inspeção, exploração e palpação que irão localizar, visualizar, e evidenciar sintomas que contribuirão para o diagnóstico. Além disso alguns sinais presentes no elemento dentário podem ser percebidos facilitando o diagnóstico e plano

de tratamento como, por exemplo, alteração de cor, presença de cavidade, presença de restaurações, presença de contatos prematuros, alterações morfológicas, fissuras e fraturas coronárias, além de alterações no tecido de suporte como tumefações, fístulas, mobilidade e bolsa periodontal (SOARES; GOLDBERG, 2002).

A inspeção visual se inicia com o primeiro contato com o paciente, na sua chegada ao consultório, a fim de identificar qualquer anormalidade no gestual e na expressão facial que possam sugerir algum tipo de alteração de origem odontogênica. Alterações como mudança na cor da coroa do elemento dentário, presença de falhas nas restaurações, algum tipo de exposição pulpar, presença ou ausência de tecido carioso também são sinais que devem ser analisados cuidadosamente e que podem indicar alterações do tecido pulpar. É importante observar também as demais estruturas bucais, bem como sua cor e morfologia, buscando averiguar a presença de tumefação (edema), existência de fístula.

Além disso, o profissional pode fazer uso de técnicas como a palpação facial observando as semelhanças e as diferenças entre os lados da face do paciente, buscando alterações. Diversos exames podem ser realizados no paciente: a palpação apical é um deles, que consiste em tatear toda região apical do elemento dentário examinado, fazendo-o delicadamente com a ponta do dedo indicador, verificando se há alguma resposta dolorosa ou, pelo tato, a presença de alterações patológicas de sua forma; outros testes como o de percussão horizontal e vertical empregando-se de preferência o dedo indicador ou cabo do espelho, percutindo a coroa do dente, investigando-se a resposta à percussão com leves toques com as costas do dedo, horizontal e verticalmente (a percussão vertical positiva tem sido associada à inflamação de origem endodôntica, enquanto a dor relacionada com percussão horizontal diz respeito a alterações periodontais); análise da mobilidade dentária também pode ser realizado e envolve um procedimento clínico simples, empregando-se dois instrumentos metálicos apoiados com firmeza na superfície dentária ou utilizando um instrumento metálico e um dedo aplicando-se uma força na tentativa de movimentar o elemento dentário em todas as direções e a sondagem periodontal, para verificar a normalidade do periodonto e avaliar a presença ou não de mobilidade patológica analisando a integridade dos tecidos de suporte e um possível diagnóstico de lesão envolvendo o periodontal e a polpa dental (OLIVEIRA, 2014; LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

Existem ainda, exames complementares que irão auxiliar no fechamento mais preciso do diagnóstico da patologia pulpar e norteará o tipo de tratamento a ser realizado. O exemplo disso são os testes complementares de sensibilidade e vitalidade pulpar que são imprescindíveis para o diagnóstico do comprometimento pulpar, porém esses testes apenas

apontam se a polpa dental irá apresentar resposta positiva ou negativa à sensibilidade, sem apontar o real estágio da higidez pulpar (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015). A análise da sensibilidade e do fluxo sanguíneo da polpa, associados com o histórico de dor local do paciente são os elementos utilizados hoje em dia, fundamentais na determinação da saúde pulpar. Enquanto a sensibilidade da polpa informa a capacidade do dente em conduzir estímulos nervosos, o fluxo sanguíneo garante a sua atividade funcional (GOPIKRISHNA, V., PRADEEP, G., AENKATESHBABU, N., 2009). Os principais testes do fluxo sanguíneo da polpa são a Oximetria de Pulso (OP) e a Fluxometria Laser Doppler (FLD), enquanto que os testes de sensibilidade mais usuais são os de temperatura e o de condução elétrica.

3.5.1 Testes de Sensibilidade

Testes de sensibilidade da polpa são realizados com o objetivo de estimular a dor tendo em vista que esta é a única modalidade sensorial reconhecida pelo dente. Os testes térmicos com o frio e o calor, testes elétricos, teste de anestesia e teste de cavidade são exemplos de exames mais utilizados na prática da clínica odontológica para avaliar a sensibilidade do tecido pulpar (SOARES; GOLDBERG, 2002; LEMOS, 2013).

Os testes de condução térmica, que poderá ser fria ou quente, avaliam as diferentes respostas sensoriais para as diferentes temperaturas. A variação de temperatura provocará mudanças abruptas na movimentação dos fluídos dos túbulos dentinários provocando contrações, no frio, e dilatações, no calor, que irão estimular as terminações nervosas, auxiliando na identificação do dente e gravidade do comprometimento pulpar. O local de aplicação do estímulo é preferencialmente na área de menor espessura amelo-dentinária e no local onde a câmara pulpar se apresenta com o maior volume, porém isso poderá levar o estímulo a uma região muito próxima do periodonto, as fibras nervosas do periodonto poderão responder ao estímulo, ao invés do dente, apresentando um resultado, falso-positivo.

Para a realização do teste frio, atualmente, se utilizam aerossóis refrigerantes, pois possibilitam uma melhor na avaliação da resposta pulpar, já que os métodos usuais se revelavam mais instáveis quando se tratava de dentes permanentes jovens, dentes com grande espessura de esmalte e/ou dentina e dentes que sofreram traumas, entre outras condições. Já na realização do teste quente utiliza-se um bastão de guta-percha aquecido sobre a superfície dentária do terço médio para cervical (SOARES; GOLDBERG, 2002; LEMOS, 2013).

Os testes elétricos utilizam uma corrente elétrica de alta frequência e baixa voltagem que é aplicada sobre o esmalte dentário ou, preferencialmente, sobre a dentina, estimulando

com isso as fibras nervosas da polpa. Porém quando ocorre um traumatismo dentário, esse teste apresenta inúmeras limitações podendo apresentar respostas falso-positivas ou falso-negativas em dentes que possuem uma dentina muito espessa, apresentam restaurações extensas e em dentes portadores de coroas totais protéticas. Possui ainda contraindicação para pacientes portadores de marca passo cardíaco. Objetivo desse teste é avaliar, exclusivamente, se determinado dente está vivo ou mortificado, não definindo o grau do dano causado àquela polpa - inflamação, fase reversível, transição ou irreversível (SOARES; GOLDBERG, 2002; LEMOS, 2013).

Já o teste de anestesia ou anestesia seletiva é o exame realizado no paciente que se queixa de uma dor difusa ou reflexa que o impede de localizar qual elemento dentário está causando tal dor. A técnica consiste em anestésiar o dente suspeito de ser o causador da dor e se a dor cessar após a anestesia, a hipótese diagnóstica será confirmada (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; LEMOS, 2013).

Outro teste de sensibilidade é o teste de cavidade, que pode ser utilizado para confirmar a ausência de vitalidade de um elemento dentário. Trata-se de uma técnica invasiva que consiste basicamente em realizar o procedimento cirúrgico de acesso à câmara pulpar no dente suspeito sem aplicação da anestesia; caso o acesso ocorra sem que o paciente relate dor é sinal de que aquela polpa não se encontra vital. Pode-se concluir que a polpa apresenta-se vital ou não pela análise do sangramento e da textura do tecido pulpar (CALDEIRA, L. G., 2006).

Além desses testes, existem outros que avaliam a sensibilidade e também a saúde dos tecidos periodontais, como os testes de percussão (vertical e horizontal), transiluminação, teste da mordida e uso de corantes (SOARES; GOLDBERG, 2002). A radiografia também é utilizada, mesmo não evidenciando aspectos sobre inflamação pulpar. Contudo, através do exame radiográfico pode-se obter informações relacionadas às condições das estruturas dentárias e às possíveis modificações morfológicas e de volume da cavidade pulpar, e ainda mostra como os tecidos próximos ao dente suspeito, a região óssea por exemplo, apresenta-se com relação aos aspectos periodontais e periapicais. Entretanto, é possível identificar através do exame radiográfico, processos inflamatórios em fases mais avançadas observando o aumento do espaço pericementário do dente que apresenta a inflamação, em consequência da reabsorção cementária e óssea presente nesta fase do processo inflamatório.

Embora os testes acima sejam os mais utilizados, no diagnóstico endodôntico, para se avaliar a saúde pulpar, estes apresentam algumas limitações e índice que falsos positivos e negativos. Um agravante em relação a esses problemas está relacionado ao lado subjetivo dos

testes que irão depender da colaboração do paciente, levando em consideração que o indivíduo, muitas vezes, já se encontra sensibilizado devido a dor provocada pelo processo inflamatório e a situação fica ainda mais crítica quando envolve pacientes pediátricos. A partir desse cenário de dificuldades na obtenção do diagnóstico pulpar, surge a ideia da utilização de métodos que sejam capazes de mensurar a circulação sanguínea na polpa e não necessariamente a resposta dolorosa (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; TORABINEJAD; WALTON, 2010).

3.5.2 Testes de Fluxo Sanguíneo

Embora se use rotineiramente a expressão testes de vitalidade, os testes de sensibilidade pulpar não têm, na verdade, condições de determinar o real estado da higidez pulpar, refletindo apenas a capacidade de a polpa responder ou não a estímulos dolorosos (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

A detecção da circulação sanguínea presente na polpa dental é realizada através de testes de fluxo sanguíneo, uma tecnologia em desenvolvimento, que pretende criar novas maneiras para determinar a presença da vitalidade pulpar e a extensão da inflamação presente. Para a realização dos testes, sensores são colocados sobre a superfície do esmalte dentário. A detecção dos níveis de oxiemoglobina ou as pulsações na polpa revelam os componentes sanguíneos. Por apresentarem alto custo estas abordagens ainda são mais experimentais do que utilizadas na prática clínica. Essas metodologias ainda são pouco utilizadas na rotina odontológica, pois a fluxometria é um procedimento de alto custo e o oxímetro mostra resultados incertos (TORABINEJAD; WALTON, 2010; SILVEIRA, D. L. , DO VALE, M. S., 2012).

Nos testes de fluxo sanguíneo a fluxometria Laser Doppler (FLD) (Figura 2) vai avaliar o suprimento sanguíneo pulpar de uma determinada região do organismo de modo não-invasivo através do efeito Doppler. Essa técnica permite a investigação de vasos sanguíneos com diâmetros variados num pequeno volume de tecido utilizando radiação do laser HeNe (Hélio-Neônio) com comprimento de onda em 632,8 nm ou lasers de diodo, emitindo entre 780 a 820 nm, e com potências de 1 a 3 mW, emitida a partir de uma fibra óptica direcionada ao tecido alvo, onde uma parte dela é refletida e outra é transmitida (SILVEIRA, D. L. , DO VALE, M. S., 2012). Ao atravessar o tecido, uma parte da luz é absorvida e outra é refletida. A luz refletida segmenta-se em dois componentes: um refletido dos tecidos inertes (possui o mesmo comprimento de onda da luz emitida) e o outro

componente que é a luz refletida pelas células do sangue que ficam em movimento (produz comprimento de onda diferente) (ABRÃO, 2006). Essa radiação que é espalhada pelos eritrócitos sofre um desvio de frequência que é proporcional a velocidade dessas células (efeito Doppler). A fibra óptica (localizada próxima a fibra emissora) coleta parte dessa radiação retroespalhada e a guia até um fotodetector no instrumento. A partir disso, essa radiação é convertida em sinais elétricos que são processados em seguida por um programa específico de computador. Esse programa extrai um valor de fluxo sanguíneo em unidades arbitrárias (UA) (ABRÃO, 2006; SILVEIRA, D. L. , DO VALE, M. S., 2012).

A circulação sanguínea na polpa pode ser detectada através da dentina e do esmalte, possibilitando a distinção entre dentes vitais e não-vitais. A FLD também está indicada para comprovar a restauração da revascularização em dentes traumatizados (SILVEIRA, D. L.; DO VALE, M. S., 2012). A finalidade desta técnica é medir a verdadeira vitalidade da polpa (o fluxo sanguíneo da polpa, no lugar da sua função sensorial) sem o uso de processos invasivos (CHEN, 2009).

Figura 2 - Representação do equipamento para medição da Fluxometria Laser Doppler (FLD) e sua aplicação na clínica odontológica.



Fonte: CALDEIRA, L. G., 2006.

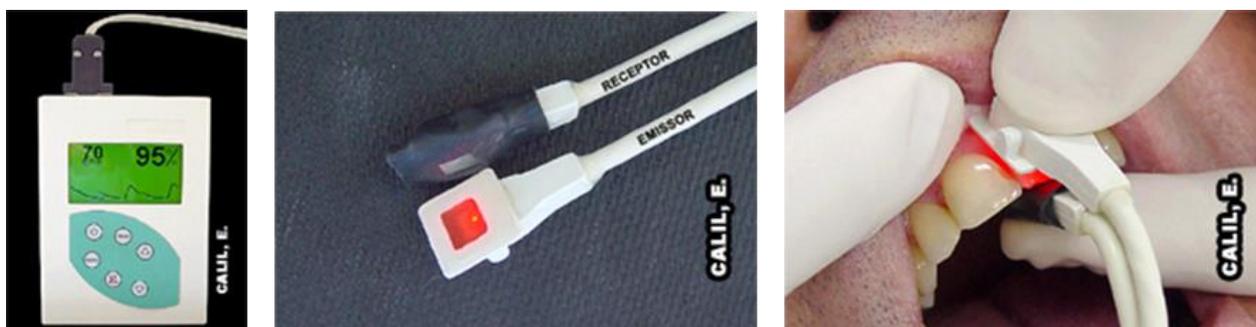
A Oximetria de Pulso (OP) (Figura 3) é um método também não invasivo que visa determinar a saturação de oxigênio e taxa de pulso de um tecido. O princípio desta técnica consiste em comparar as absorções ópticas da Oxi-Hemoglobina (HbO_2) e da Desoxi-Hemoglobina (Hb) com radiações nas regiões espectrais do vermelho e do infravermelho para assim estimar o percentual de oxigênio saturado no sangue (CALIL, 2003).

É uma técnica já empregada principalmente na prática médica durante a administração da anestesia intravenosa e em pacientes monitorados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Ela também é indispensável em pacientes odontológicos submetidos à sedação consciente

com óxido nitroso (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015). O método consiste em dois diodos emissores de luz, um vermelho e outro infravermelho, que são ligados e desligados em ciclos de 500 vezes por segundo. As emissões destas fontes de luz são captadas por um fotodiodo receptor e convertidas por circuitos eletrônicos em saturação arterial de oxigênio e taxas de pulso (ABRÃO, 2006). A proporção de absorção de dois comprimentos de onda de luz que detectam hemoglobina oxigenada (sangue arterial) e hemoglobina desoxigenada (sangue venoso) fornece a percentagem de oxigenação do sangue; a taxa de pulso é determinada pelas trocas entre o sangue arterial altamente saturado de oxigênio sobre o sangue venoso livre de oxigênio e a mudança na recepção da luz (LEMOS, 2013).

O princípio da tecnologia do método da oximetria de pulso consiste numa modificação da lei de Beer e nas características de absorbância da hemoglobina em faixas vermelha e infravermelha. Utilizando comprimento de onda vermelho e infravermelho para transiluminar um tecido, detectando picos de absorção de acordo com a circulação sanguínea pulsante determinando a taxa de pulso e saturação de oxigênio (ABRÃO, 2006).

Figura 3 - Equipamento para realização dos testes de Oximetria de pulso e sua aplicação na clínica odontológica.



Fonte: CALDEIRA, L. G., 2006.

A literatura científica destaca que todos esses testes apresentam falsos diagnósticos. Os testes de fluxo falham ao examinar dentes muito espessos, quando há presença de pigmentos ou restaurações, e quando o sensor é mal posicionado sobre o dente. Os testes de sensibilidade apresentam significativos falsos diagnósticos quando os pacientes antecipam o estímulo sensorial, quando há materiais metálicos em contato com os tecidos internos, ou até mesmo quando o paciente possui alguma desordem psicológica ou está sobre efeito alcoólico (GOPIKRISHNA, V., PRADEEP, G., AENKATESHBABU, N., 2009; EDUARDO, FLAVIA, 2004; DE MORAES, 2006; KATAOKA, 2010). Por esse ponto de vista é possível

concluir que os testes de sensibilidade são facilmente aplicados no dia-a-dia clínico, porém não são objetivos, enquanto que os testes de fluxo sanguíneo são objetivos, porém sua instrumentação ainda não é adequada ao uso clínico efetivo.

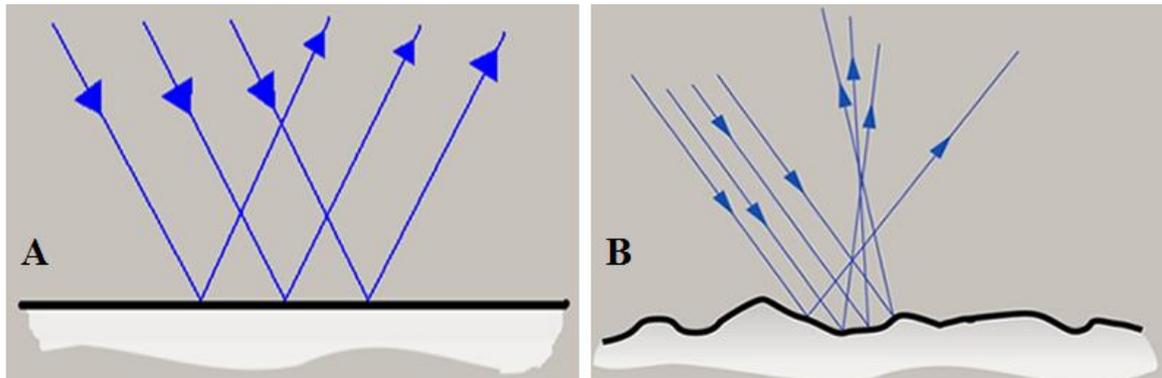
3.6 ESPECTROSCOPIA DA REFLEXÃO DIFUSA

A interação luz-tecido pode ocorrer de cinco maneiras distintas, através da reflexão, espalhamento, transmissão, refração e/ou absorção (VO-DIHN, T., 2003; NÚÑEZ S. C., RIBEIRO M. S., GARCEZ A. S., 2013). No estudo que se segue as interações de relevância serão a reflexão e o espalhamento (mais precisamente, o retroespalhamento).

O fenômeno da reflexão se dá quando a radiação eletromagnética que incide numa superfície retorna para o meio de origem. Ela pode ser classificada como especular ou difusa. A reflexão especular ocorre em superfícies cujas irregularidades são pequenas quando comparadas ao comprimento de onda da radiação incidente, desta maneira, a radiação refletida possui o mesmo ângulo da radiação incidente (Figura 4A). A reflexão difusa é a mais frequente nos tecidos biológicos e ocorre quando a rugosidade da superfície é igual ou maior que o comprimento de onda da radiação incidente, levando esta, à diferentes ângulos de reflexão (NASCIMENTO, O. F., 2001) (Figura 4B).

A reflexão difusa também contém uma porção de radiação que penetra no tecido biológico, é espalhada por diversas partículas em seu interior, e retorna à superfície. Este fenômeno em que os fótons espalhados retornam à superfície do material é chamado de retroespalhamento (NASCIMENTO, O. F., 2001). Os fótons espalhados contêm importantes informações sobre a morfologia do tecido biológico, uma vez que estes foram espalhados por partículas que compõe o tecido. Pode-se considerar então, que através do retroespalhamento é possível reconhecer alterações morfológicas que o tecido biológico apresente, geralmente associadas à processos patológicos (VAN DER MEER, *et al.*, 2010; NÚÑEZ S. C., RIBEIRO M. S., GARCEZ A. S., 2013).

Figura 4 - Ilustração da interação luz-tecido de reflexão especular (fig. A) e difusa (fig. B).



Fonte: Reflexão especular e difusa. Retirada de: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/reflexao-especular-difusa.htm>. Acesso em: 02 maio 2016.

Desta maneira, a espectroscopia de reflexão se caracteriza por analisar a radiação que é refletida e/ou retroespalhada pelo espécime experimental, e comparar esse dado com o espectro original da fonte de radiação calibrado com um reflectômetro específico (VO-DIHN, T., 2003).

O uso da espectroscopia de reflexão pode vir a calhar como um novo método de diagnóstico da saúde pulpar de forma objetiva quando associada à sistemas ópticos capazes de formar imagens com resolução espectral possibilitando maior precisão nos diagnósticos de pulpíte. Essa modalidade de imagem que combina a técnica de espectroscopia com a formação de imagens digitais é denominada imagem espectral e permite o estudo das propriedades ópticas das amostras (como a reflexão, a transmissão ou a fluorescência emitida) com resolução espacial e espectral ao mesmo tempo (LINS, E. C.; MARCASSA, L. G. , 2009; FIGUEIREDO, A. C. R., 2008). Como as técnicas tradicionais de formação de imagens consideram a detecção de todas as radiações que interagem com a amostra no mesmo instante de tempo, sem a resolução espectral, essa técnica apresenta vantagens, pois permite a análise da interação entre a amostra e um pequeno conjunto de radiações considerando um amplo campo de visão (LINS, E. C.; MARCASSA, L. G. , 2009; FIGUEIREDO, A. C. R., 2008). Além disso, a espectroscopia se utiliza de radiação não ionizante e se apresenta como um procedimento indolor quando aplicado a tecidos biológicos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para melhor organização da pesquisa e compreensão da metodologia utilizada dividimos em etapas o passo a passo, desde a submissão do projeto ao comitê de ética até ao protocolo clínico de extração dos espectros e seu processamento.

4.1 ASPECTOS ÉTICOS

O estudo foi conduzido de acordo com o Código de Ética estabelecido pela resolução número 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, para experimentos em humanos, após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco e número do parecer de aprovação 2.283.194.

O conteúdo da pesquisa foi explicado a cada indivíduo selecionado, de maneira a esclarecer todas as dúvidas. Bem como foi esclarecido também que o presente projeto não apresenta benefício direto para o participante, porém se trata de um estudo experimental testando a hipótese de que uma técnica que se utiliza de radiação não ionizante, indolor e não invasiva, seja eficaz em diagnóstico de patologias em polpas dentais humanas, acarretando benefícios no futuro para a sociedade como um todo.

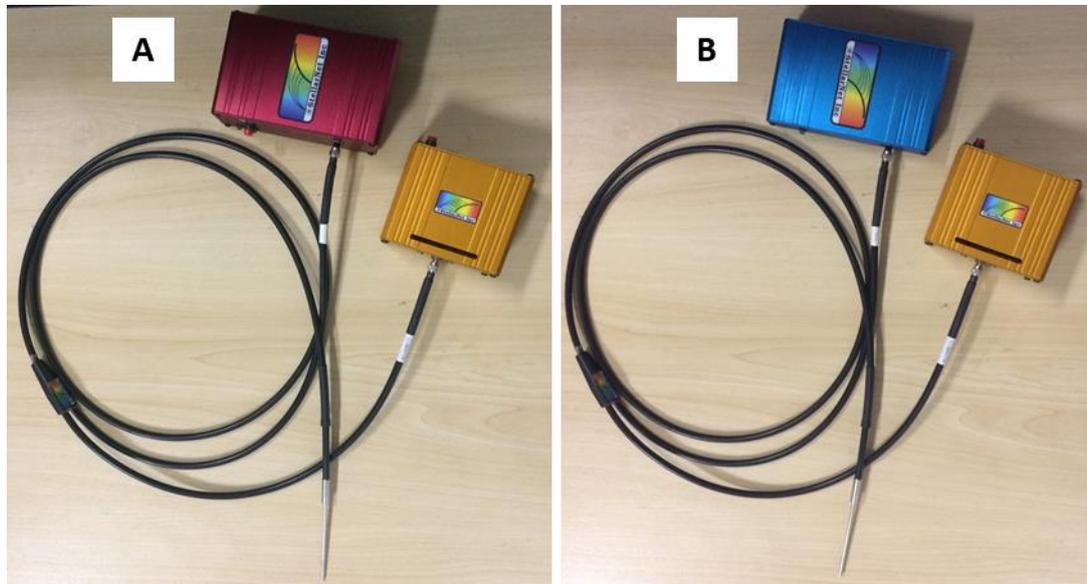
Os sujeitos que aceitaram participar do estudo assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE. Uma via do TCLE ficou sob posse do indivíduo e a segunda via com a equipe de pesquisadores. Os dados coletados na pesquisa (espectros) estão armazenados em computador pessoal, sob a responsabilidade do Prof. Orientador, pelo período de mínimo 5 anos.

4.2 EQUIPAMENTO

Para a realização do estudo foi utilizado um espectrômetro modelo DSR-CXR-512 (StellarNet, Inc., EUA) o qual equivale à combinação de dois espectrômetros que operam em regiões espectrais distintas. Um dos espectrômetros possui CCD linear à base de silício de forma a compor espectros na região espectral do visível e infravermelho próximo (VIS/NIR, 350 nm a 1.000 nm), enquanto o outro espectrômetro possui sensor linear à base de Arseneto de Índio-Gálio (InGaAs) de forma a compor espectros apenas na região espectral do infravermelho próximo (NIR, 900 nm a 1.700 nm) como se pode observar na Figura 5. Porém

nesse experimento apenas o espectrômetro da região do infravermelho foi utilizado (Figura 5A).

Figura 5 - Espectrômetros que compõem o modelo DSR-CXR-512. Um realiza a captura na região do infravermelho (A) e o outro na região do visível/infravermelho (B).



Fonte: A Autora.

O equipamento ainda é composto por uma fonte de luz e um cabo de fibras ópticas desenhado para a NIRS (probe de refletância difusa) com diâmetro externo de 1/8 de polegada e com uma fibra central que guia a iluminação da fonte ao tecido-alvo e seis fibras periféricas dispostas a 0,3 mm da fibra de iluminação para capturar o retroespalhamento (Figura 6).

Figura 6 - Ponta de prova com o probe de refletância em destaque revelando a disposição das oito fibras ópticas.



Fonte: PROVASI *et al.*, 2016.

A fonte de luz escolhida foi o modelo SL1 (StellarNet, Inc., EUA), que é composta por uma lâmpada de tungstênio e halógena, capaz de emitir radiação entre 300 nm e 2.200 nm com até 1W de potência total distribuída no espectro (Figura 7).

Figura 7 - Fonte de luz modelo SL1 (StellarNet, Inc., EUA)



Fonte: A Autora.

Desta maneira, a detecção $I(\lambda)$ realizada pelo espectrômetro representa a radiação que foi refletida e/ou retro espalhada pela polpa em cada comprimento de onda do espectro emitido pela fonte.

4.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

A coleta dos espectros VIS/NIRS de refletância difusa *in vivo* sugerida para esse estudo inicialmente era de 40 paciente, sendo 20 polpas vitais com indicação de pulpíte e 20 polpas com indicação de necrose, porém a equipe se deparou com certa dificuldade na clínica em chegar ao número amostral sugerido inicialmente e com isso só foi possível a realização da coleta em 32 pacientes adultos (19 pacientes apresentando polpas vitais com indicação de pulpíte e 13 que apresentaram indicação de polpa não-vital, necrose). Os espectros de reflexão difusa foram capturados dentro de clínicas de Odontologia durante a realização do procedimento terapêutico de endodontia.

Os critérios de inclusão utilizados foram pacientes com faixa etária entre 20 a 50 anos, não fumantes, que com queixa nos dentes molares superiores ou inferiores e que não estivessem sob tratamento farmacológico. Foram excluídos da pesquisa os pacientes que já receberam algum tipo de intervenção local (mecânica ou medicamentosa) e pacientes que apresentaram ausência da polpa dental por algum tipo de tratamento endodôntico cirúrgico já realizado (nos casos de pacientes encaminhados para a realização de retratamento de canal).

Inicialmente foi realizada a triagem dos pacientes na clínica do curso de Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia do Recife (FOR). A escolha da realização da coleta em uma clínica de especialização deu-se por se tratar de um ambiente que forma profissionais especializados no diagnóstico de enfermidades relacionadas à polpa dental, criando com isso um padrão nos diagnósticos para se evitar discordância de laudos. Nas triagens os pacientes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, certificando que estão cientes e de acordo com os termos da pesquisa e se voluntariam a participar do experimento.

Para dar início a coleta dos dados foi necessária à realização da abertura da câmara pulpar pela face oclusal e posteriormente a realização do isolamento absoluto, conforme descreve o protocolo clínico endodôntico para acesso a polpa coronária. Com a polpa exposta, a ponta do cabo de fibras ópticas foi posicionado sobre o tecido pulpar e, ainda durante o ato cirúrgico, o espectro foi coletado.

4.3.1 Protocolo Clínico

Os pacientes que atendiam aos critérios de inclusão, que apresentavam sintomas de pulpíte ou necrose em dentes molares, eram submetidos aos testes corriqueiros de diagnóstico clínico de sensibilidade nervosa, para avaliação da severidade do processo inflamatório; tais testes seguiam o protocolo clínico já estabelecido na prática odontológica (KENNETH M. H.; COHEN S., 2011; SOUZA F. J. F., 2015). Com o resultado dos testes e o histórico de dor do paciente, o cirurgião dentista diagnosticava clinicamente a severidade da inflamação da polpa em vital com indicação de pulpíte aguda ou polpa não-vital. Esse diagnóstico foi tratado como padrão-ouro.

Em seguida os dentes diagnosticados foram ser submetidos ao exame radiográfico de modo a auxiliar no diagnóstico de problemas endodônticos. O exame radiográfico é importante para guiar o cirurgião dentista durante o tratamento endodôntico bem como ter contato com uma região de difícil visualização direta.

O próximo passo do protocolo de interesse para a nossa pesquisa foi a preparação do paciente para realizar a cirurgia endodôntica. Após o acolhimento do paciente, o preenchimento de toda a ficha clínica e com o diagnóstico pré-definido, os pacientes eram apresentados à pesquisa e convidados a participar. Após a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, o paciente era posicionado pelo profissional responsável pelo seu atendimento e orientado sobre os procedimentos subsequentes, preparando-o para o início do protocolo cirúrgico.

Inicialmente foi necessária a remoção do tecido cariado com uso de brocas odontológicas de alta rotação, seguido de anestesia local, dependendo da necessidade do paciente, escolhida pelo profissional que realizou o tratamento, tendo como método convencional a realização da anestesia de bloqueio do nervo alveolar inferior ou bloqueio pterigomandibular, executada com agulha curta e por técnica direta ou indireta, para dentes inferiores, ou ainda a anestesia infiltrativa terminal para dentes superiores. Utilizou-se também como anestesia suplementar as técnicas de injeção intraligamentar e a anestesia intrapulpal (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015).

Posteriormente o acesso à câmara pulpar foi realizado com a utilização motor de alta rotação e brocas odontológicas e seguido do isolamento absoluto. A abertura se deu na face oclusal do elemento dental, permitindo a exposição da polpa, inicialmente na sua porção coronal; em seguida, o excesso de água, sangue e saliva foram removidos com uma pelota de algodão e nesse momento a fibra óptica do equipamento, devidamente desinfetada e protegida com filme plástico de PVC, foi posta em contato íntimo com a polpa do dente para a coleta dos espectros.

Após a coleta dos espectros o procedimento cirúrgico ocorreu de forma convencional, com a extração total do tecido pulpar, o preparo biomecânico dos canais, com a utilização de limas endodônticas e posterior reparo odontológico, com o selamento dos canais e reparo da cavidade criada.

A figura 8 traz uma ilustração de como ocorriam as capturas dos espectros neste protocolo clínico com a inserção do probe de refletância pela abertura oclusal do dente em procedimento cirúrgico.

Figura 8 - Posicionamento do probe em contato direto com a polpa de molar inferior para a realização da coleta dos espectros.



Fonte: A Autora.

4.3.2 Coleta dos espectros

A leitura dos espectros foi realizada pelo equipamento e capturada no software SpectraWiz Shortcut do próprio espectrômetro.

Para dar início a coleta dos espectros foi efetuada a limpeza e isolamento do probe de refletância com álcool a 70% e filme de PVC, visando evitar a contaminação cruzada.

Com o paciente devidamente posicionado para se iniciar o procedimento endodôntico cirúrgico e o probe devidamente preparado é feita a localização e visualização da polpa em questão e o posicionamento da ponta de prova sobre ela, como mostra a figura 8.

O tempo de integração utilizado foi de 500 ms para os espectros no infravermelho, procurando a melhor visualização do espectro como um todo e evitando qualquer corte de picos ocasionado pelo tempo de integração muito elevado ou muito reduzido.

A Tabela 1 traz a classificação das amostras de dentes molares analisados baseado no diagnóstico dado pelo profissional, levando em consideração à saúde pulpar de cada amostra, classificando-as em dois grupos, os diagnosticados com pulpíte e os diagnosticados com

necrose. Considerando ainda que para esse diagnóstico utilizou-se os testes frequentemente utilizado na clínica odontológica, bem como exames complementares como Raio X.

Tabela 1 - Amostras de molares superiores e inferiores e seus respectivos diagnósticos clínicos fornecidos pelos profissionais responsáveis pelo atendimento.

Amostra	Diagnóstico clínico
1	Pulpite
2	Pulpite
3	Necrose
4	Pulpite
5	Necrose
6	Pulpite
7	Pulpite
8	Pulpite
9	Necrose
10	Necrose
11	Pulpite
12	Necrose
13	Necrose
14	Necrose
15	Pulpite
16	Necrose
17	Pulpite
18	Pulpite
19	Necrose
20	Pulpite
21	Pulpite
22	Necrose
23	Pulpite
24	Pulpite
25	Necrose
26	Pulpite
27	Pulpite
28	Necrose
29	Necrose
30	Pulpite
31	Pulpite
32	Pulpite

Fonte: A Autora.

4.4 PROCESSAMENTO DOS ESPECTROS

Foram usados dois métodos de análise de dado e duas regiões espectrais. O primeiro método é a análise do coeficiente da reflexão difusa e o segundo é a análise clínica da variância dos dados.

4.4.1 Análise do coeficiente da reflexão difusa

Esta análise nos proporciona observar a característica física do sistema. Na coleta dos dados temos duas situações acontecendo: na primeira situação a ponta de prova está em contato íntimo com a polpa dental e na segunda situação a ponta de prova encontra-se próxima a polpa, porém o contato direto não ocorre. Assim a luz emitida pela fonte de luz alcança o tecido, conduzida pela fibra do equipamento, e interage com o sistema. Parte dessa luz que chegou ao tecido sofre reflexão especular e é detectada pelo sistema e outra parte difunde-se para o interior da amostra e retorna como retroespalhamento e é detectado.

Para se encontrar coeficiente de reflexão difusa inicialmente será necessário saber qual a calibração da fonte, ou seja, quanto de luz está sendo chegando ao interior do tecido. A fonte utilizada foi a fonte amarela SL1 (StellarNet, Inc., EUA) (Figura 7) e o tempo de integração utilizado foi de 500ms para a região NIR, a medida da calibração da fonte, foi realizada na cerâmica RS-50 (StellarNet, Inc., EUA) que é o padrão utilizado para o infravermelho, registrando a intensidade em Contagens (Counts), realizada de forma indireta com a utilização de um filtro (entre a fonte e a cerâmica) para atenuar, afim de que o espectro não sature.

O cálculo da medida da reflexão foi dado pela seguinte expressão matemática:

$$R\% = \frac{I_R}{I_F}$$

Onde R% (coeficiente de reflexão em percentual) é a relação entre I_R (intensidade refletida) adquirida na medida experimental e I_F (intensidade original/ fonte) adquirida na calibração. A ordem de grandeza dessa reflexão é de 0,02% da ordem de 10^{-4} , ou seja, quando se observa o espectro se vê que a fonte seria muito maior que as medidas. Assim obtivemos o coeficiente de reflexão.

Para fazer o processamento dos dados é necessário que seja realizado previamente um pré-processamento que é a remoção da linha de base. Apresentando uma característica de normalização pela intensidade da fonte. Após esse pré-processamento temos a seguinte equação:

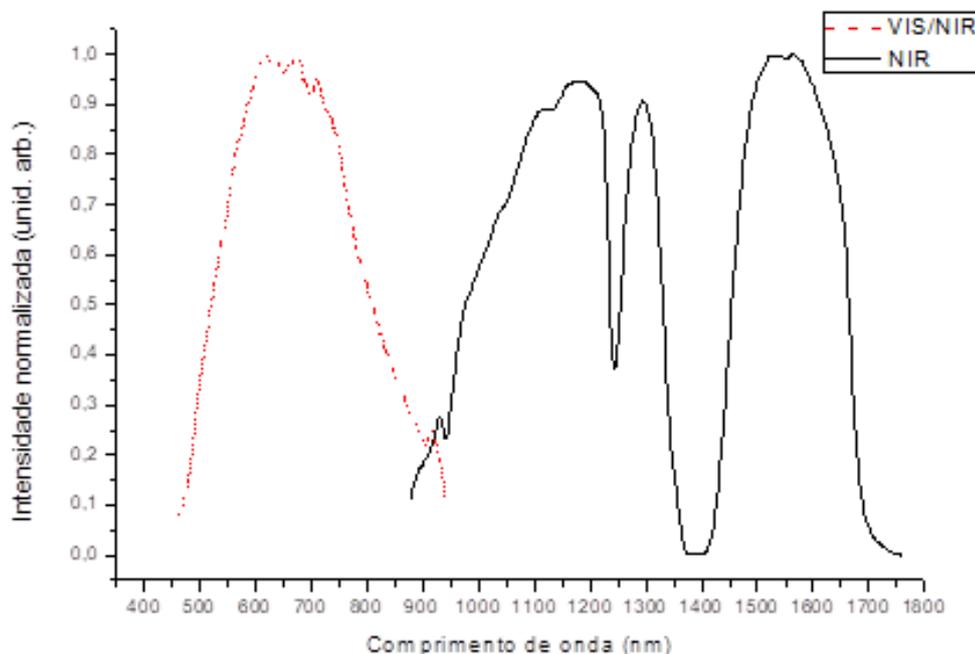
$$R\% = \frac{I_R - Lb_R}{I_F - Lb_F}$$

Sendo R% o coeficiente de reflexão após o pré-processamento, I_R a intensidade refletida, Lb_R a linha de base da reflexão, I_F a intensidade da fonte, Lb_F a linha de base da fonte. Assim para se alcançar esse coeficiente foi necessária a realização da remoção da linha de base dos espectros e da fonte e posterior a isso a aplicação da fórmula acima.

Tendo em vista que o estudo se fundamenta no sinal óptico de reflexão, a análise dos espectros está fortemente ligada com a característica espectral da fonte de iluminação, a SL1. A fonte (SL1) possui emissão banda larga, com detecção dos dois espectrômetros em regiões diferentes.

A figura 9 mostra a característica do espectro da fonte de luz na região do VIS/NIR (350nm a 1.000nm, curva tracejada vermelha) e na região do NIR (900nm a 1.700nm, curva contínua preta), área de estudo.

Figura 9 - Característica de emissão da fonte de iluminação SL1 registrada na região VIS/NIR (linha pontilhada) e NIR (linha contínua) com uso dos dois espectrômetros e de um padrão de refletância.



Fonte: A Autora.

No gráfico pode-se notar que na região do visível e infravermelho próximo (VIS/NIR) o espectro apresenta formato semelhante a uma gaussiana com pico (figura 9) em torno de 680 nm e largura de banda de aproximadamente 300 nm.

Já a característica do espectro da fonte na região do infravermelho próximo (NIR), região de interesse nesse estudo, apresenta 3 bandas características (figura 9): uma banda larga com pico em torno de 1.100 nm e cerca de 271 nm de largura de banda, uma banda estreita com pico em 1.300 nm (normalização), e uma banda intermediária com pico de emissão em torno de 1.550 nm e largura de banda de 190 nm, que foram chamados de B1100, B1300 e B1550 para facilitar a nomenclatura ao longo do texto.

Após a caracterização da fonte foi proposta a análise dos espectros com um tratamento dos dados e um processamento mais analítico. O tratamento foi convencional, com a remoção da linha de base do espectro seguido da sua normalização. Vale destacar que a literatura científica cita várias formas de normalização dos espectros, porém o modelo utilizado foi a normalização pela intensidade do pico. Essas normalizações permitem analisar os dados de forma qualitativa, onde o comportamento espectral é comparado a uma referência (PROVASI et al., 2016). O tratamento foi realizado no software Origin® (OriginLab, Inc., EUA) conjunto com o software MATLAB (The MathWorks, Inc, EUA).

Os espectros de reflexão coletados a partir das polpas dentais são governados por múltiplas variáveis físicas e biológicas existentes na metodologia. Como exemplo de variáveis físicas está o perfil da emissão da fonte de luz e o acoplamento do sinal refletido nas fibras de coleta, enquanto que a presença do fluxo sanguíneo e as concentrações das células e biomoléculas presentes na anatomia pulpar se destacam entre as variáveis biológicas. Por essa razão, propõe-se que o tratamento dos espectros seja executado com a aplicação da Análise de Componentes Principais (do inglês Principal Component Analysis - PCA) sobre os dados experimentais.

A PCA é uma técnica estatística multivariada que transforma um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão chamadas de componentes principais (PCs), onde cada PC é uma combinação linear de todas as variáveis originais (VARELLA, 2006).

Independente do sistema analisado ou do número de componentes principais a PCA apresentará alguma características como, por exemplo, a PC1 que é primeira componente principal e está associada à maior contribuição das variáveis do sistema e posicionada ao longo do máximo de dados possíveis. Ocorre ainda, a presença de coordenadas com variáveis originais e também novas coordenadas num novo sistema de eixos, chamadas de escores dos componentes principais. A variação total deve ser composta pelas participações de todos os PCs.

4.4.2 Análise clínica das variâncias dos dados

Propõe uma medida mais intuitiva para diferenciação dos diagnósticos das polpas com pulpíte e das polpas com necrose, com intuito de determinar o tipo de patologia de acordo com a variação numérica dos dados desta.

Para a análise na região do infravermelho (NIR) inicialmente se faz necessária a normalização dos dados, seja ela considerando o máximo, ou admitindo que seja uma distribuição normal e analisando características desta distribuição.

Os parâmetros a serem analisados na região do infravermelho (NIR) são intensidade do pico do espectro (P1), o comprimento de onda do pico (P2) e a largura de banda (máxima largura a meia altura – FWHM)(P3). Três bandas foram analisadas: uma com pico em 1.100nm (B1100), outra com 1.300nm (B1300) e outra com 1.550nm (B1550). Os espectros foram normalizados no pico de B1300, e para cada banda foram calculados os 3 parâmetros (P1, P2 e P3). Embora essa análise mostre-se fraca em localizar com precisão o pico de determinados espectros, a dificuldade de se transpor uma análise técnica para o âmbito clínico e considerando a praticidade e facilidade dessa análise clínica é que se propõe sua utilização para visualizar algum resultado satisfatório.

Para a realização da análise estatística é necessário o estudo de cada parâmetro (P1, P2, P3), utilizando as seguintes fórmulas:

$$P1_{VIS} = I_P \quad P2_{VIS} = \lambda_P \quad P3_{VIS} = FWHM_{VIS}$$

Salientando que P1 trata da análise da intensidade do pico (Counts), P2 a análise do comprimento de onda do pico (nm) e P3 a análise da largura de banda (nm). Para isso a remoção da linha de base também se faz necessária.

Após a obtenção dos três parâmetros se faz necessário à aplicação de testes estatísticos para provar que eles conseguem discriminar os dois grupos de forma significativa.

Os testes estatísticos para analisar amostras não-pareadas de dois grupos e sem se preocupar se a distribuição é ou não normal (pois essa distribuição normal pode ou não ocorrer) são os testes de *Mann-Whitney* e *teste t de Student*.

Considerando a possibilidade da curva ser anormal sugere-se o teste não-paramétrico *Mann-Whitney*. Por outro lado, se considerarmos a curva normal sugere-se a realização do *teste t de Student*. Os testes têm a finalidade de discriminar os grupos com significância

estatística. Porém, devido ao fato dessa distribuição normal poder ou não ocorrer é que definimos que apenas os resultados que apresentaram diferença estatisticamente significativa em ambos os testes foram considerados válidos para o diagnóstico e diferenciação dos grupos em estudo. Os resultados desses testes são apresentados através de box plots.

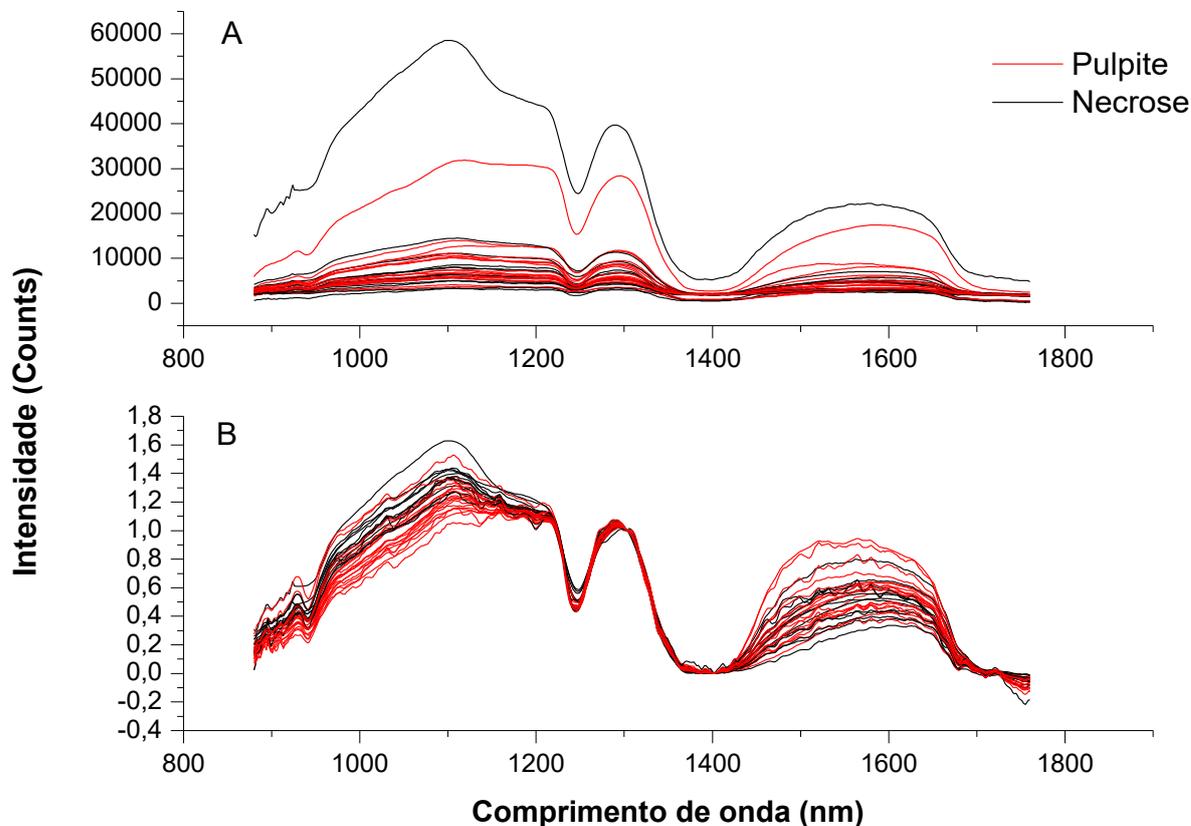
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta dos dados obtivemos os resultados a seguir.

5.1 ANÁLISE NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR, 900NM A 1700NM)

Os resultados da espectroscopia da reflexão dos 32 espectros foram divididos em dois grupos, sendo 19 espectros oriundos do grupo de polpas com indicação de pulpíte (representados na cor vermelha – grupo pulpíte) e 13 espectros do grupo que apresentou diagnóstico de necrose pulpar (representados na cor preta – grupo necrose) apresentados na Figura 10. Nesta figura pode-se também observar os espectros de refletância difusa de ambos os grupos, pulpíte e necrose, originais sem remoção da linha de base e sem normalização (figura 10A) e os espectros normalizados com a remoção da linha de base (figura 10B).

Figura 10 - Espectros de refletância difusa no NIR originais sem remoção da linha de base e sem normalização (Fig. 10A) e como remoção da linha de base e normalizado pela intensidade do pico de 1300nm (Fig. 10B).



Fonte: A Autora.

Após a coleta dos dados os espectros foram processados através do software Origin® (OriginLab, Inc., EUA) e normalizados no pico de 1.300 nm (Fig. 10B). Os gráficos da Figura 10 apresentam a intensidade do sinal refletido pelas polpas em Unidades de Contagem (Counts) em função do comprimento de onda da radiação em unidades de nanômetros (nm). A normalização foi realizada levando em consideração os valores na região de B1300, devido ao seu baixo índice de absorção da radiação infravermelha, observado na janela biológica, tanto para a água quanto para os tecidos moles. Outra informação relevante também é que esta é a região que menos sofre com o processo de degradação pulpar e nenhuma variação espectral fica evidente a não ser pelas diferentes intensidades de reflexão, ou seja, em B1300 os espectros se mantêm com a mesma característica (PROVASI *et al.*, 2016).

Analisando os gráficos conseguimos observar a importância de se fazer a normalização, onde podemos analisar os dados de forma qualitativa e comparar o comportamento espectral a uma dada referência (pico em 1.300nm). Comparando as figuras 10A e 10B pôde-se perceber que na figura 10A (gráfico não normalizado) os espectros apresentam-se de forma desordenada, confusa e de difícil diferenciação, oposto ao que se observa na figura 10B (gráfico normalizado no pico de 1.300nm) onde podemos perceber espectros distintos e com comportamentos diferentes entre grupos, facilitando com isso a separação do grupo pulpito e do grupo necrose. Esta diferença entre os grupos mostra-se mais evidente na região B1100 em relação à região B1550.

Para a obtenção dos espectros NIR foi estabelecido um tempo de integração do sinal de 500ms que era o valor máximo para que não ocorresse saturação das medidas.

A análise dos dados revela que os espectros dos grupos são significativamente diferentes quando exploramos os parâmetros espectrais como intensidade do pico em B1100 e intensidade na região de B1550.

Em relação à análise entre os grupos, mesmo as alterações no formato dos espectros não sendo evidentes, algumas observações podem ser feitas. A primeira é que o grupo da necrose, formado por 13 espectros (em preto), apresentam maior reflexão com relação aos espectros do grupo pulpito em B1100, isso analisando os espectros normalizados, já o grupo da pulpito (vermelho) composto por 19 espectros, mostra menor grau de reflexão em B1100, mesmo utilizando o mesmo tempo de integração para os dois grupos. Esse fato pode ser justificado pela diferença estrutural da polpa em seu estado de necrose e em seu estado de pulpito, mostrando diferentes comportamentos espectrais para os variados níveis de

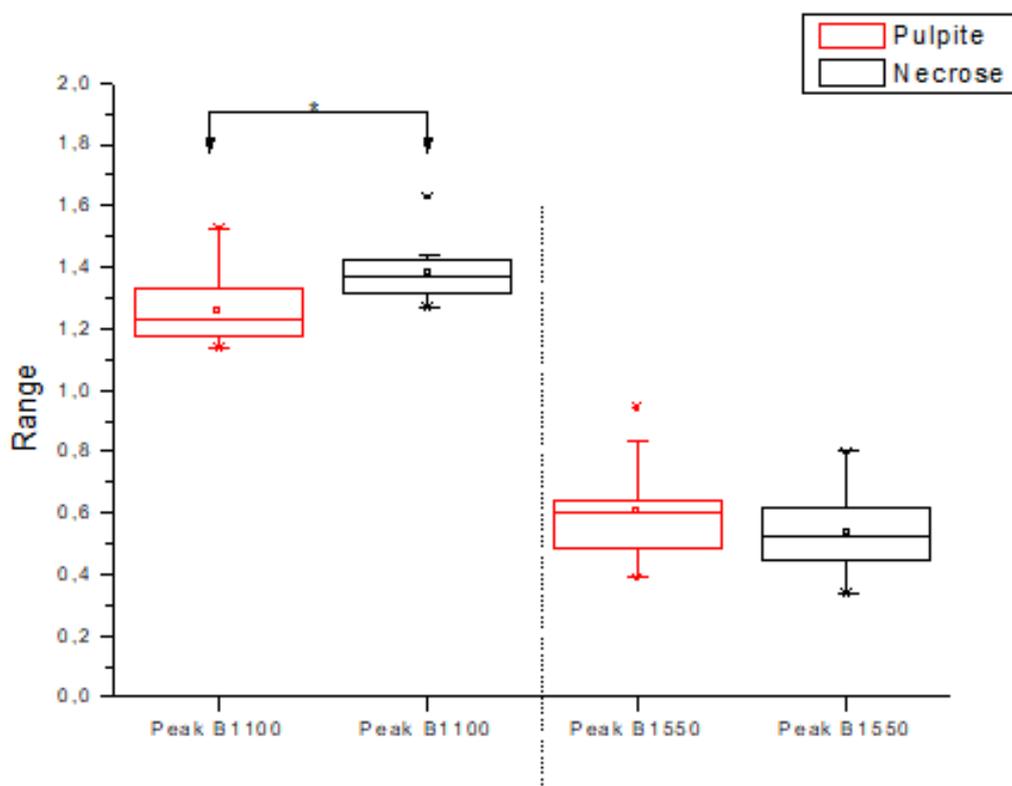
comprometimento pulpar. Já na região de B1500 os dois grupos apresentam comportamentos espectrais pouco distinguíveis.

Segundo a literatura a concentração de água no sangue, bastante presente em polpas inflamadas (pulpite), é de 60%, o que significa dizer que para a análise do sangue a água apresenta uma importante contribuição na absorção e conseqüentemente na reflexão do tecido pulpar inflamado. A água apresenta um forte poder de absorção na região espectral antes de 300nm e após 1.000nm e uma absorção relativamente baixa entre 300nm e 1.000nm (HAMES, D., HOOPER, N., 2005). Com isso esperava-se que na região espectral em torno de 1.000nm as amostras diagnosticadas com pulpite apresentassem um coeficiente de reflexão menor devido ao alto índice de absorção caracterizado pela presença de água nesses tecidos e foi o que de fato aconteceu, na figura 10B pode-se visualizar que de fato o grupo pulpite apresentou menor intensidade de reflexão comparada ao grupo necrose.

Porém na região espectral de 1.550nm esperava-se encontrar uma diferença comportamental distinta para cada grupo, baseado em estudos já realizados por nossa equipe de pesquisa, em outro momento, onde os espectros mostraram certo grau de diferenciação, o que não aconteceu (PROVASI *et al.*, 2016). Como podemos ver na figura 10B os espectros não apresentam diferença significativa em B1500 como indicam os testes estatísticos realizados. Suspeita-se que esse comportamento se dá pela influência de metabólitos que agem na polpa em fase de necrose e que atuam de forma significativa na alteração dos coeficientes de absorção e reflexão.

Quando observamos a diferença de intensidade dos espectros nos picos B1100 e B1550 (Figura 11), percebemos previamente que existe uma notável diferença entre os espectros do grupo pulpite em relação ao grupo necrose. Após a realização dos testes estatísticos de Mann – Whitney e t-student pôde-se comprovar diferença estatisticamente significativa no pico B1100 para ambos os testes, indicado pelo asterisco na parte superior. Já no pico B1550 esta diferença não foi estatisticamente significativa.

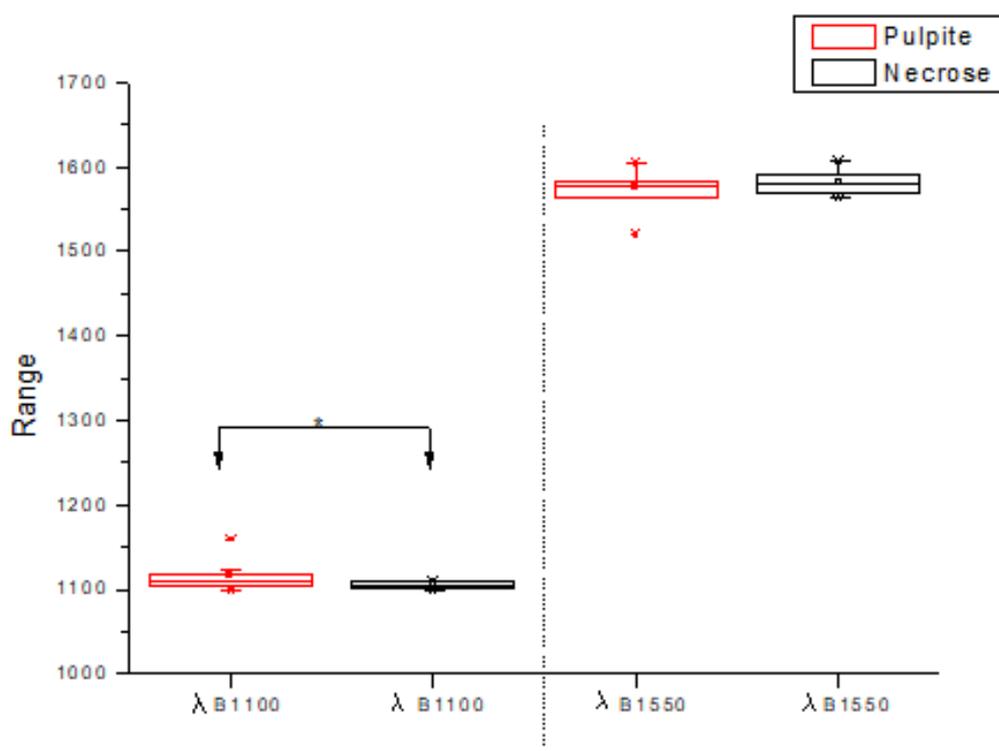
Figura 11 - Box plot da análise dos grupos nos picos de 1100 nm e 1550 nm.



Fonte: A Autora.

Ao analisarmos as diferenças dos espectros entre os grupos nos comprimentos de onda onde ocorreram os picos na região B1100 e B1550 (Figura 12), observamos que existe uma diferença relativa entre os comprimentos de onda dos grupos onde ocorreu o pico na banda B1100nm, porém mais sutil que a apresentada na análise dos picos. Esta diferença pode ser comprovada após a aplicação dos testes estáticos de Mann – Whitney e t-student, onde apresentaram diferenças estatisticamente significativas para ambos os testes. Porém essa diferença não pôde ser observada nos comprimentos de onda do pico da banda B1550.

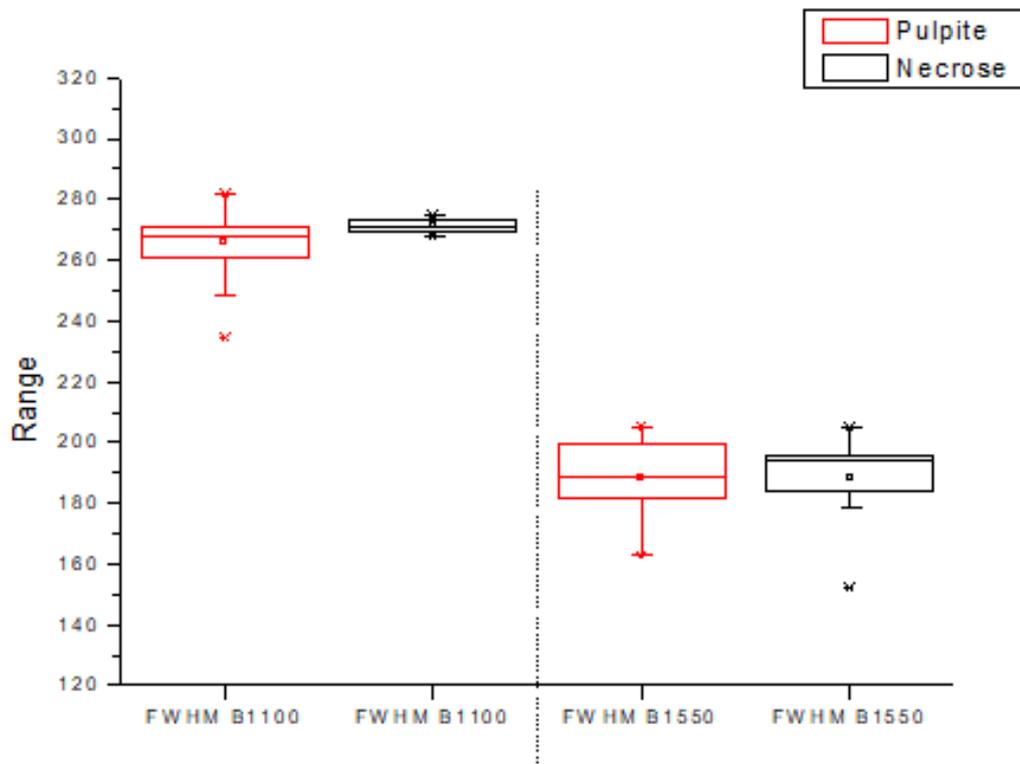
Figura 12 - Box plot da análise do comprimento de onda onde ocorreu o pico dos grupos em 1100 nm e 1550nm.



Fonte: A Autora.

Ao avaliarmos a largura à meia altura (FWHM) da banda na região B1100 e na região B1550 (figura 13), conseguimos verificar um distanciamento das medianas de forma mais aparente na largura de banda da região de B1550 que na região de B1100. E após a realização dos testes estatísticos de Mann – Whitney e t-student, apresentou como resposta estatisticamente diferente apenas para o teste Mann – Whitney, porém como foi definido, apenas os resultados que apresentavam diferença estatística para ambos os testes foram considerados.

Figura 13 - Box plot da análise da largura de banda (FWHM) na região de 1100nm e na região de 1550nm.



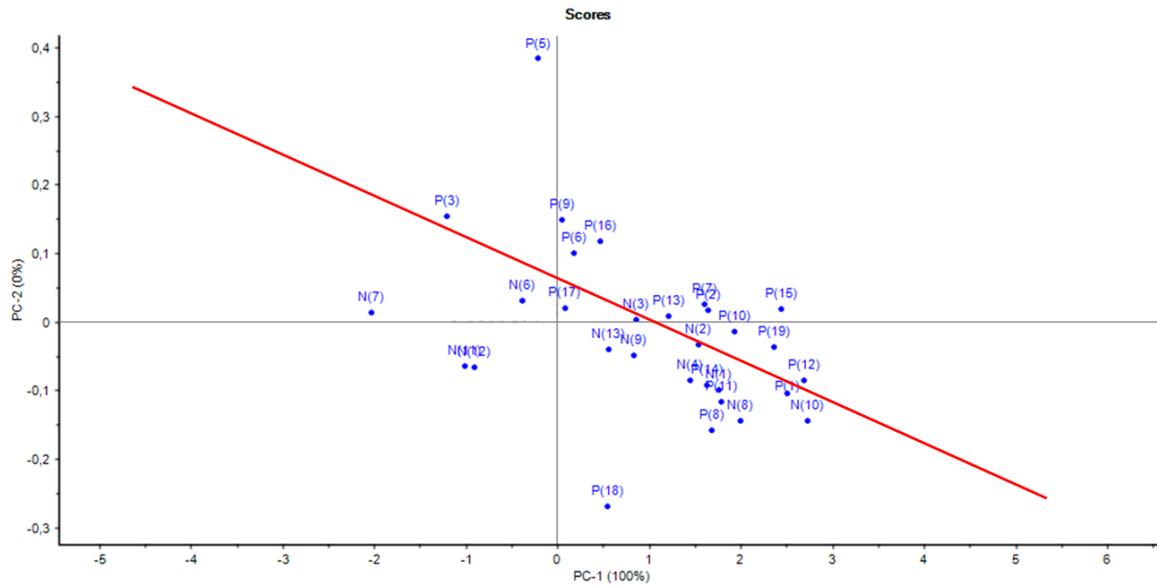
Fonte: A Autora.

As degradações sofridas pela polpa durante todo o processo inflamatório, que levam a diminuição da vascularização do tecido pulpar e que podem induzir a isquemia tecidual e consequentemente a morte pulpar, podem explicar as diferenças encontradas entre os grupos em relação à intensidade refletida e ao formato das bandas, observada principalmente na região de B1100. (LOPES; SIQUEIRA J. R., 2015; BERGENHOLTZ G.; PREBEN HOSTED-BINDSLEV, C. R, 2006). Assim podemos notar que tanto a necrose como a pulpíte apresentam alterações nas propriedades ópticas e comportamentos espectrais distintos. Na região de 1100 nm a necrose apresenta um índice de reflexão mais elevado que a pulpíte. Por outro lado, o grupo pulpíte mostra uma absorção mais elevada que o grupo necrose, corroborando a ideia de que existe uma gama de metabólitos juntamente com a água que fazem com que o grupo pulpíte absorva mais nessa região. Uma outra suposição a ser levada em consideração é a de que a evolução da degradação pulpar ocasiona a diminuição da reflexão de radiações infravermelhas pela polpa.

5.1.1 PCA aplicada no infravermelho

Após a remoção da linha de base foi aplicado o PCA avaliando toda a região do NIR (900nm a 1700nm). O software Unscramble X[®] foi utilizado para fazer a análise dos componentes principais, onde os grupos foram divididos em grupo pulpíte que recebeu a denominação que vai de P1 a P19 e o grupo necrose recebeu a denominação que vai de N1 a N13. Cada um dos gráficos de escores são compostos por duas componentes principais, PC1 e PC2. Comumente, essas componentes possuem os mais altos graus de correlação com a variância dos dados experimentais, representando-os com significância estatística. Nos gráficos ficou estabelecido a variação do eixo do PC1 entre -5 e 5, enquanto o software ajustava o eixo PC2 para visualização dos dados. Na figura 14 pode-se notar que a componente PC1 possui 100% de correlação com a variância dos dados, enquanto a PC2 possui 0% de correlação. Somadas, as duas componentes principais revelam 100% de correlação com os dados. No gráfico os pontos não apresentam interseção significativa, sendo assim pode-se propor um modelo matemático para diagnóstico da patologia, a função diagnóstico $D_{NIR}(PC1, PC2)$, determinada pela equação da reta representada pelo traçado em vermelho na figura 14 e definida por $y=x$ ou $PC1 + PC2=0$. Assim, se $D_{NIR}<0$ então o diagnóstico será necrose pulpar, já se o $D_{NIR}>0$ o diagnóstico será pulpíte. O modelo prevê 26 acertos em 32 tentativas, equivalendo a uma taxa de acerto de 81,2%. As amostras P1, P8, P11, P14, P17, P18, apresentam-se dispersas do grupo P (pulpíte) caracterizando falsos diagnósticos do modelo.

Figura 14 - Gráfico da análise dos componentes principais (PCA) gerado a partir da análise ao longo de todo o espectro no NIR para as 32 amostras. O traçado em vermelho mostra o modelo matemático $PC1+PC2=0$ que faz a separação dos dois grupos de amostras: de P1 à P19



Fonte: A Autora.

Pode-se notar que de acordo com esta análise os grupos apresentaram distribuição distinta ao longo da reta, ficando o maior número de espectros do grupo da pulpita posicionados acima da reta vermelha e a maioria dos espectros do grupo da necrose abaixo da reta.

6 CONCLUSÃO E ATIVIDADES FUTURAS

Em relação à metodologia aplicada, pode-se concluir que tal metodologia foi bem sucedida, tornando possível a captura de espectros no NIR em polpas dentais *in vivo*.

Pôde-se perceber também que a utilização do equipamento no cotidiano da clínica odontológica mostrou-se bastante promissor no quesito funcionalidade para diagnósticos de patologias pulpares, porém é importante destacar a necessidade da elaboração de um equipamento mais compacto e portátil.

Após a análise dos dados obtidos, podemos concluir que a técnica de Espectroscopia da Refletância Difusa no Infravermelho Próximo (NIR) apresentam o poder de discriminar polpas dentais com diagnóstico de não-vital das polpas vitais com diagnóstico de pulpíte.

Com relação à análise do coeficiente de reflexão, a PCA aplicada a NIR revelou a proposição do modelo matemático que foi capaz de distinguir polpas com indicação de necrose e polpas diagnosticadas com pulpíte.

Observa-se ainda que, na região do infravermelho, na análise clínica das variâncias dos dados, o poder de discriminação de três parâmetros (intensidade do pico do espectro, comprimento de onda e largura de banda) foram utilizados para analisar os espectros. Os parâmetros que apresentaram diferença estática foram a intensidade do pico e comprimento de onda, mostrando mais destaque em B1100 que na região de B1550 para dois parâmetros, conforme mostram os box plot apresentados. Porém o parâmetro que avaliou a largura à meia altura não se mostrou conclusivo, pois apresentou diferença significativa apenas para um dos testes estatísticos quando, na verdade, os resultados considerados eram apenas para aqueles com diferença significativa em ambos os testes.

Com isso, o objetivo do presente estudo, distinguir os dois grupos (necrose e pulpíte), foi alcançado utilizando a radiação NIR através da técnica de espectroscopia de reflexão, seja pela análise do coeficiente de reflexão difusa, com a PCA ou pela análise clínica das variâncias dos dados com os três parâmetros.

Como atividades futuras se propõe a confecção de uma ponta de prova articulada e ajustada à cavidade bucal, devido à dificuldade encontrada quando se houve a necessidade de adentrar essa cavidade nos casos de coleta em dentes mais posteriores e, ainda, a realização de estudos que analisem a capacidade de avaliação dessa técnica de forma que a realização da coleta se dê nas faces vestibulares e linguais do tecido dentário, região mais externa ao dente, e não mais em contato direto com a polpa como foi o caso do presente estudo.

Propõe-se ainda analisar os espectros na região do visível e infravermelho próximo (VIS/NIR) com o intuito de confrontar os dados extraídos dessa com os resultados do Infravermelho Próximo (NIR) já obtidos, visando definir a melhor região espectral a ser utilizada para realização do diagnóstico de polpas vitais com pulpite e polpas necrosadas. É importante também que se faça um estudo histológico das polpas diagnosticadas e que forem removidas a fim de avaliar quais componentes ali presentes podem influenciar os resultados encontrados, melhorando assim a compreensão dos dados.

Por fim, propõe-se investigar, através de análises e estudos matemáticos, conhecer qual a região espectral que melhor mostrará resultados e assim propor uma metodologia com a utilização clínica de um instrumento, a ser desenvolvido futuramente, preciso e que provoca um menor grau ou nenhum incômodo ao paciente.

REFERÊNCIAS

- ABRÃO, C. V. **A oximetria de pulso como recurso auxiliar na determinação da vitalidade pulpar de dentes permanentes traumatizados**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Odontológicas - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- ALBUQUERQUE, L. A. et al. Prevalência de doenças pulpares e periapicais na Clínica de especialização em Endodontia da FOP/UPE. **Rev. Cir. Traumatol. Buco-maxilo-fac.** v.11, n.1, p. 77-83, 2011. ISSN 1808-5210.
- BERGENHOLTZ G.; PREBEN HOSTED-BINDSLEV, C. R. **Endodontia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- BIZ, M. T. **Dor de origem endodôntica: eventos agudos na atenção básica**. 1ed. Florianópolis: UNASUS-UFSC, 2013. p. 1-34.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Projeto SB Brasil 2003: condições de saúde bucal da população brasileira 2002-2003: resultados principais**. Brasília, 2004.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Projeto SB Brasil 2010. **Pesquisa Nacional de Saúde Bucal. Resultados Principais**. Brasília, 2012.
- CALDEIRA, C. L.; LEMOS, E. M.; GAVINI, G. **Tecnologia para o diagnóstico em endodontia: atualização clínica em odontologia**. v. 1, p. 3 – 14, 2006.
- CALIL, E. **Determinação da vitalidade pulpar in vivo da oximetria de pulso**. Tese de Doutorado - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- FACHIN EF, LUISI SB, BORBA M. Relação pulpo-periodontal: considerações histológicas e clínicas. **R Faculdade de Odontologia de Porto Alegre**, 42: 9-15. 2001.
- FIGUEIREDO, A. C. R. **Viabilização da técnica de transiluminação para avaliação da anatomia, alterações patológicas e presença de materiais em dentes**. 2008. Tese de doutorado - Programa Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais - EESC/IFSC/IQSC, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- GABARDO, M. C, L; et al. Microbiologia do insucesso do tratamento endodôntico. **Revista Gestão & Saúde**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2009.
- GOPIKRISHNA, V., PRADEEP, G., AENKATESHBABU, N. Assessment of pulp vitality: a review. **International Journal of Paediatric Dentistry**, v. 19, p. 3-15, 2009.
- HAHN, C. L., LIEWEHR, F. R. Innate immune responses of the dental pulp to caries. **J Endod**, 33:643–651, 2007.
- HAMES, D., HOOPER, N., 2005) HAMES, D., HOOPER, N. **BIOS Instant Notes in Biochemistry**. 3. ed. New York, N.Y: Taylor & Francis, 2005.

JACQUES, S. L. Optical properties of biological tissues: a review. **Physics in Medicine and Biology**, v. 58, n. 11, p. R37, 2013.

JAFARZADEH, H., ROSENBERG, P. A. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. **Journal of Endodontics**. v. 35, p. 329–333, 2009.

KATAOKA, S. H. H. **A oximetria de pulso como recurso na determinação da vitalidade pulpar em pacientes submetidos à radioterapia para tumores malignos intraorais de orofaringe**. 2010. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração: Endodontia - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

KENNETH M. H.; COHEN S. **Caminhos da polpa**. 10. ed. São Paulo: Elsevier, 2011.

LEMOS, E. M. **Diagnóstico em Endodontia: endo-e**. 2013. Disponível em: <http://www.endo-e.com/index.htm>. Acesso em: 27 nov. 2017.

LEONARDI, Denise Piotto et al. Pulp and periapical pathologies. **Revista Sul-Brasileira de Odontologia**. vol.8, n.4, pp. 47-61. ISSN 1984-5685. 2011.

LINS, E. C., MARCASSA, L. G. Construção e caracterização de um sistema de imagens hiperespectrais. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**. v. 25, n. 2, p. 67-74, 2009.

LOPES, H.P.; SIQUEIRA JR., J. F. **Endodontia: biologia e técnica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

LOVE R. M. Intraradicular space: what happens within roots 1. of infected teeth? **Ann R Australas Coll Dent Surg**. 15(1):235-9. 2000.

MORAES, M. P. **Fluxometria laser Doppler da polpa dental após clareamento com laser de diodo**. 2006. Dissertação de mestrado profissional - Programa de Pós-Graduação em Ciências, área de concentração: Laser em Odontologia - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, 2006.

NASCIMENTO, O. F. **Determinação de Parâmetros Ópticos em tecido biológico na região do Infravermelho próximo**. 2001. Tese de mestrado - Programa de pós-graduação em engenharia biomédica - Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. São José dos Campo, 2001.

NÚÑEZ S. C., RIBEIRO M. S., GARCEZ A. S. **Terapia Fotodinâmica antimicrobiana na odontologia**. São Paulo: Elsevier, 2013.

OLIVEIRA, J. I. R. **Lesões endo-perio**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Dentária, Universidade Fernando Pessoa, Porto, Portugal, 2014.

PAULA, E., OLIVEIRA F. T. **Avaliação da fluxometria laser Doppler como teste da vitalidade pulpar**. 2004. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências, área de concentração: Tecnologia Nuclear - Materiais, do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, 2004.

PEREIRA, C. V.; CARVALHO, J. C.; Prevalência e eficácia dos tratamentos endodônticos realizados no Centro Universitário de Lavras, MG - uma análise etiológica e radiográfica. **RFO**, v. 13, n.3, p. 36-41, set/dez 2008.

PROVASI, C.; CASSIMIRO-SILVA, P. F.; ANA, P. A.; ZECELL, D. M.; GOMES, A. S. L.; LINS, E. C. Estudo da espectroscopia de reflexão com radiações visíveis e infravermelhas para discriminação de tecidos pulpaes humanos sadios e patológicos. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA, 25, 2016, Foz do Iguaçu - PR. **Anais [...]** Foz do Iguaçu – PR: CBEB, 2016.

SILVEIRA, D. L.; VALE, M. S. do. Laser Doppler em endodontia: revisão da literatura. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, (UNIP), Santo Amaro – SP, v. 30, p. 120-124, 2012.

SOARES, I. J.; GOLDBERG, F. **Endodontia: técnicas e fundamentos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. 524p.

_____. **Endodontia: técnicas e fundamentos**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SOUZA F. J. F. **Endodontia passo a passo: evidências clínicas**. São Paulo: Artes Médicas, 2015.

STAQUET, M.J., DURAND, S.H., COLOMB, E., et al. Different roles of odontoblasts and fibroblasts in immunity. **J Dent Res.**, 87:256–261, 2008.

TANOMARU J. M. G., LEONARDO M. R., TANOMARU -FILHO M., SILVA L. A. B., ITO I. Y. Microbial distribution in the root canal system after periapical lesion induction using different methods. **Braz Dent J.**, 19(2):124-9, 2008.

TORABINEJAD, M.; WALTON, R. E. **Endodontia: princípios e práticas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 224-265.

VARELLA, C. A. A. **Análise de Componentes Principais**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.ufrjr.br/institutos/it/deng/varella/Downloads> Acesso em: 18 de julho de 2018.

VAN DER MEER, F. J., FABER, D. J., AALDERS, M. C. G., POOT, A. A., VERMES, I., VAN LEEUWEN, T. G. Apoptosis- and necrosis-induced changes in light attenuation measured by optical coherence tomography. **Lasers in medical science**, v. 25, n. 2, p. 259-267, 2010.

VO-DIHN, T. **Biomedical photonics handbook**. Boca Raton: CRC Press, 2003.

WOLF, M., FERRARI, M., QUARESIMA, V. Progress of near-infrared spectroscopy and topography for brain and muscle clinical applications. **Journal of Biomedical Optics**, v. 12, n. 6, 2007. p. 062104–062114.

YU B., FERRIS D. G., LIU Y., NAGARAJAN V. K. Emerging optical techniques for detection of oral, cervical and anal cancer in low-resource settings. **Austin J Biomed Eng.**, vol. 1(2), n. 1007, 2014.

ANEXO A - TRABALHO APRESENTADO NO XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA (2017)



XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FÍSICA MÉDICA
06 A 09 DE SETEMBRO DE 2017
Ribeirão Preto - SP

ESTUDO DA VITALIDADE PULPAR DE DENTES HUMANOS INDICADOS PARA ENDODONTIA ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DA REFLETÂNCIA DIFUSA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Pamela J. B. Silva¹, Joelle F. de França¹, Patricia F. C. Silva^{1,2}, Sandra M. A. S. Maia^{2,3}, Anderson S. L. Gomoies¹ e Emery C. C. C. Lins¹

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

² Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

³ Faculdade de Odontologia do Recife, Recife, Brasil

Introdução: Na clínica odontológica uma informação relevante é a vitalidade da polpa dental. Quando a polpa é diagnosticada não-vital, o protocolo sugere o tratamento endodôntico invasivo, que culmina com a extração total do tecido pulpar. Infelizmente, o protocolo clínico convencional ainda apresenta um significativo número de falsos diagnósticos. Esse trabalho propõe a espectroscopia de refletância difusa no infravermelho próximo (NIRS, 900nm a 1.700nm) como técnica de diagnóstico da vitalidade pulpar sobre polpas que já possuem indicação para tratamento endodôntico.

Métodos: Neste experimento clínico a NIRS foi aplicada sobre polpas em duas condições: polpas diagnosticadas vitais com Pulpite (Grupo Pulpite) e polpas diagnosticadas não-vitais (grupo Necrose). Clinicamente essas duas condições se diferem, pois a pulpite nas polpas vitais pode ser reversível. Um espectrômetro modelo Dwarf-Star 512 (StellarNet, Inc., EUA) foi utilizado; ele possui um sensor de InGaAs (detecção entre 900nm e 1.700nm) com resolução espectral de 1,75nm. Completam a montagem uma fonte de luz halógena moledo HL2000 (Ocean Optics, Inc., EUA) e um *probe* de refletância difusa em formato de Y desenhado para o NIRS.

A coleta foi realizada na clínica do curso de Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia do Recife (FOR), onde os pacientes triados e diagnosticados eram encaminhados para a cirurgia endodôntica. Durante a cirurgia, após a abertura da câmara pulpar e exposição da polpa, o *probe* de refletância era posto em contato com a polpa do dente para a coleta dos espectros.

Resultados e Discussões: A Figura 1 apresenta os espectros de refletância difusa sem linha de base e normalizados pela intensidade no pico em 1300nm. Os espectros foram capturados entre ago/16 e mar/17, totalizando 12 amostras do grupo Pulpite e 09 amostras do grupo Necrose. A análise dos dados revela que os espectros dos grupos são significativamente diferentes quando exploramos os parâmetros espectrais como intensidade do pico em 1.100nm e em 1.550nm, deslocamento do pico e largura de banda (FWHM).

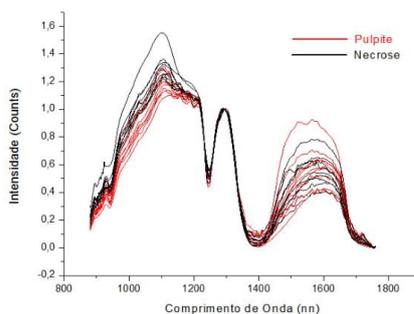
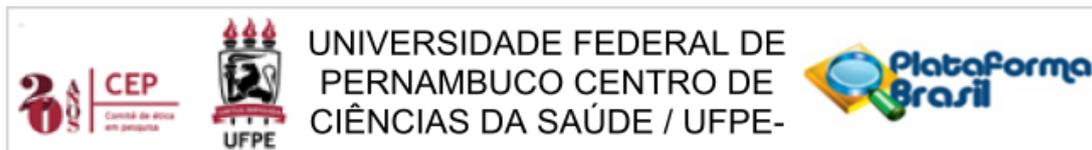


Figura 1 – Exemplo

Conclusões: O trabalho continua em andamento com o aumento do número de espectros, porém a conclusão inicial é a prova do poder de diagnóstico da vitalidade pulpar por parte das radiações NIR, especialmente na região espectral em torno de 1.100nm e em torno de 1.550nm, desde que a reflexão em 1.300nm seja tomada como referência para normalização.

ANEXO B - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: DIAGNÓSTICO DA VITALIDADE PULPAR EM DENTES COM INDICAÇÃO PARA ENDODONTIA ATRAVÉS DA ESPECTROSCOPIA DA REFLETÂNCIA DIFUSA DE RADIAÇÕES VISÍVEIS E INFRAVERMELHAS

Pesquisador: PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71744817.2.0000.5208

Instituição Proponente: Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.283.194

Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma pesquisa que tem a finalidade de ser a dissertação de mestrado de Pamella Jamille Brito da Silva, cirurgiã-dentista, que faz parte do Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, que tem como orientador o Prof.Dr. Emery Cleiton Cabral Correia Lins, e buscarão avaliar a condição de vitalidade pulpar dos dentes molares, utilizado a espectroscopia da refletância difusa.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar se a espectroscopia de radiações no visível e no infravermelho próximo (VIS/NIRS) permite a discriminação do status de não-vitalidade pulpar (morte pulpar) do status de polpa vital com indicação de pulpite.

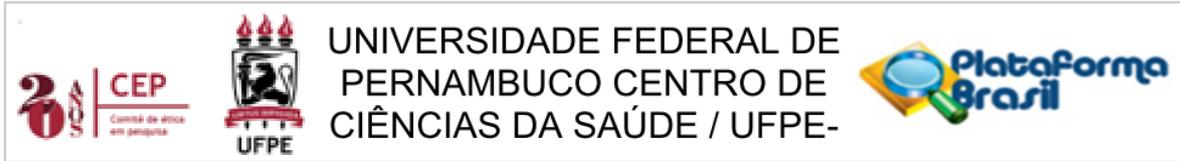
Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios estão claros e adequados a pesquisa que será realizada.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa em que será avaliada a vitalidade pulpar de 60 dentes (sendo que 30 apresentam polpas vitais com indicação de pulpite e 30 que apresentam indicação de polpa não-vital) com indicação endodôntica. Este trabalho será realizado no curso de Especialização em

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.283.194

Endodontia da Faculdade de Odontologia do Recife (FOR). Inicialmente o participante será convidado para participar da pesquisa através do TCLE onde serão informado sobre o estudo. Depois será iniciado o diagnóstico clínico e radiográfico do elemento dentário, e tendo indicação será iniciado o tratamento endodôntico. Logo após ao acesso coronário será exposta a polpa, e em seguida a fibra óptica, será posta em contato com a polpa do dente para a coleta dos espectros. Os dados serão tabulados e depois avaliados.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

A pesquisadora responsável anexou os seguintes documentos conforme solicita a resolução nº466/12:

- 1- Carta de anuência do curso de Especialização em Endodontia da Faculdade de Odontologia do Recife (FOR);
- 2- Folha de rosto adequadamente preenchida e assinada;
- 3- Currículo lattes dos pesquisadores envolvidos no desenvolvimento do projeto;
- 5- Termo de compromisso e confidencialidade;
- 6- O orçamento e cronogramas estão adequados a proposta;
- 7- TCLE;
- 8- Projeto no formato word;
- 9- Declaração de vínculo da pesquisadora;
- 10- Declaração do laboratório que disponibilizará o equipamento.

Recomendações:

Segue recomendações conforme o item pendências.

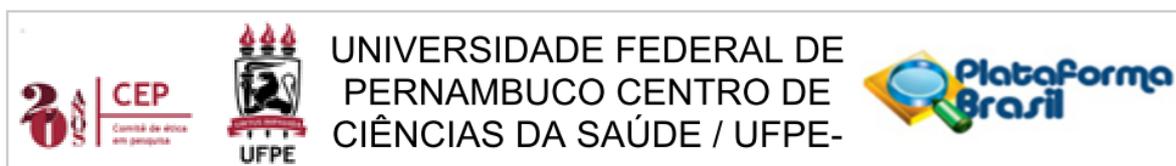
Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A pesquisadora responsável atendeu a todas recomendações conforme solicita a resolução Nº 466/2012 e o projeto poderá ser iniciado.

Considerações Finais a critério do CEP:

As exigências foram atendidas e o protocolo está APROVADO, sendo liberado para o início da coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.283.194

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

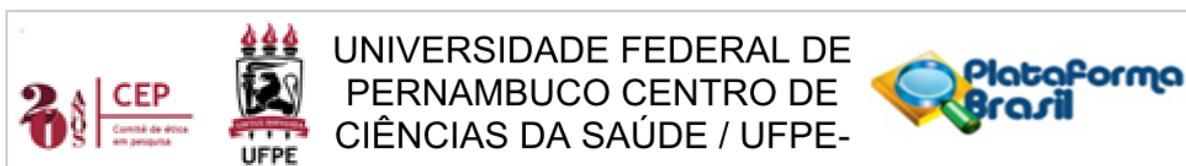
Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_931921.pdf	14/09/2017 10:55:14		Aceito
Outros	Carta_de_resposta.pdf	14/09/2017 10:54:16	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Carta_ao_CEP_UFPE.pdf	14/09/2017 10:46:47	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLEmaiores18.doc	14/09/2017 10:44:00	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Pamela.docx	25/07/2017 12:08:12	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	25/07/2017 11:42:25	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	25/07/2017 11:42:11	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Carta_de_anuencia.pdf	13/07/2017 12:10:33	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	termo_confidencialidade.pdf	16/06/2017	PAMELA JAMILLE	Aceito

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br



Continuação do Parecer: 2.283.194

Outros	termo_confidencialidade.pdf	08:05:12	BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	declaracao_de_vinculo.pdf	16/06/2017 08:02:00	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculos_Lattes_Emery_Lins.pdf	16/06/2017 07:58:39	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Patricia_Cassimiro.pdf	16/06/2017 07:57:51	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Pamela_Silva.pdf	16/06/2017 07:57:19	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Joelle_Feijo.pdf	16/06/2017 07:56:52	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Anderson_Gomes.pdf	16/06/2017 07:56:31	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinada.pdf	16/06/2017 07:51:30	PAMELA JAMILLE BRITO DA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 19 de Setembro de 2017

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador)

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br