

**VANESSA MOREDO ALONSO**

**Validação do método de oxímetria reflexiva com fibra óptica para avaliar  
saturação de oxigênio**

São Paulo  
2019



**VANESSA MOREDO ALONSO**

**Validação do método de oxímetria reflexiva com fibra óptica para avaliar  
saturação de oxigênio**

**Versão Corrigida**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Dentística para obter o título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Endodontia

Orientador: Prof. Dr. Celso Luiz Caldeira

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação  
Serviço de Documentação Odontológica  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Alonso, Vanessa Moredo.

Validação do método de oximetria reflexiva com fibra óptica para avaliar saturação de oxigênio / Vanessa Moredo Alonso ; orientador Celso Luiz Caldeira. - São Paulo, 2019.

81 p. : tab., fig. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) -- Programa de Pós-Graduação em Dentística. Área de Concentração: Endodontia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão original

1. Oxímetria. 2. Saturação de oxigênio. 3. Fibra óptica. 4. Teste de sensibilidade. 5. Vitalidade pulpar. I. Caldeira, Celso Luiz. II. Título.

Alonso VM. Validação do método de oxímetria reflexiva com fibra óptica para avaliar saturação de oxigênio. Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:    /    /2019

### **Banca Examinadora**

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof(a). Dr(a). \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_



## AGRADECIMENTOS

À Luiza de Andrade que, acompanhou e me ajudou a conquistar esse sonho.

Obrigada por todo apoio!

Aos meus avós Branca e Alberto, que me acolheram e com amor me ajudaram nesse processo de dedicação e estudo. Amo vocês!

Aos meus pais Vilma e Hugo, que me deram a base para seguir com meus próprios pés a jornada da minha vida, sempre com perseverança e coragem para atingir os meus objetivos.

Aos meus amigos que com muito amor e paciência respeitaram meus dias ausentes, e que me ajudaram a manter o esporte vivo em minha vida, a mente sã, corpo são e a alma leve.

“...Família, um sonho ter família  
Um sonho de todo dia, família, família, família  
É quem você escolhe para viver  
Família é quem você escolhe para você  
Não precisa ter conta sanguínea  
É preciso ter sempre mais um pouco de sintonia...”

Ao meu amigo e mentor Dr. George Struzzi, que sempre procura tirar o melhor de mim profissionalmente. Agradeço por todos papos, risadas e trocas de experiência clínica. Grata pela confiança.

Ao meu orientador Dr. Celso Luiz Caldeira, pela confiança e por ter me designado uma das tarefas mais revolucionárias na minha vida pessoal e profissional, ampliando o meu conhecimento. Grata pela missão!

Aos funcionários do Departamento de Dentística, Sr. Aldo e Selma, que sempre dispostos e com muita paciência ajudaram em todos momentos que precisei.

Agradeço aos professores do departamento de pós graduação que, com seus conhecimentos, me ensinaram a enxergar a endodontia com olhos de pesquisador e senso crítico de quem tem sede de conhecimento.

Ao apoio do presente trabalho pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, sem esse auxílio não seria possível realiza-lo.

À querida professora Dr<sup>a</sup> Maine Skelton, que com seu sorriso acolhedor e muito carinho, me salvou em alguns momentos. Gratidão por esse acolhimento!

À Glauci, sempre atenciosa e prestativa para ajudar a formatar toda essa dissertação. Obrigada pelas risadas e por toda ajuda.

Ao Prof.<sup>o</sup> Dr. José Otavio C. Auler Jr, diretor do centro de pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de São Paulo, por me receber e auxiliar minha pesquisa permitindo realizar os testes no Instituto do Coração InCor.

À professora Dr<sup>a</sup> Idágenes A. Cestari, por me receber e co-orientar meus estudos no centro de Bioengenharia do InCor, grata por ceder o espaço e funcionários para que o meu experimento saísse do papel.

Ao Engenheiro Marcelo Mazzeto, que com muita paciência respondeu aos inúmeros e-mails, ligações e me ajudou durante meu experimento.



Ao todos funcionários e estagiários do laboratório da bioengenharia do Incor que de alguma forma auxiliaram minha pesquisa à ser realizada.

Agradeço ao Dr. Luiz Caneo do Incor, que gentilmente cedeu seu tempo e equipamento, além do espaço e sua paciência para me orientar e ajudar durante os testes. Sua ajuda foi essencial para a realização desse trabalho.

Agradeço à querida professora e amiga Dr<sup>a</sup> Elaine Faga Iglesias, pela paciência e dedicação em co-orientar esse trabalho e por cada momento de troca de experiências profissionais e pessoais. Grata por cada conselho, foi uma jornada mais leve poder contar com você. Não poderia deixar de agradecer por salvar meu dente!!!

Agradeço aos colegas de pós graduação, cada um teve um papel importante para todo esse processo: gratidão por todos momentos de alegria e apoio durante essa jornada magnífica, sem vocês com certeza seria uma longa e dura caminhada.

Agradeço ao querido colega e amigo Dr. Hermano Paiva, que sempre disposto a ajudar me emprestou a morsa mais famosa de todo departamento.

Agradeço ao Dr. Carlos Alberto Kenji Shimokawa pela paciência e orientação, grata pela ajuda.



“Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes, e sim as mais suscetíveis a mudanças”.

Charles Darwin



## RESUMO

Alonso VM. Validação do método de oxímetria reflexiva com fibra óptica para avaliar saturação de oxigênio [dissertação]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Original.

O correto diagnóstico da condição pulpar é indispensável para a seleção do tratamento adequado. Os recursos mais utilizados para identificar a saúde da polpa dentária são testes subjetivos, qualificados como testes de sensibilidade. Os testes de sensibilidade apresentam limitações importantes, pois avaliam a resposta nervosa sensorial à aplicação de estímulos e dependem da percepção dolorosa do paciente. Considerando a necessidade de avaliar precisamente a viabilidade pulpar, novos recursos tem sido propostos, como a oximetria de pulso, que é um método objetivo, não invasivo, que analisa a saturação de oxigênio da polpa dental a partir do seu suprimento sanguíneo, por meio transmissivo (mais utilizado) ou reflexivo. Este estudo teve como objetivo avaliar *in vitro* e validar o método de análise da saturação de oxigênio pelo método reflexivo num sistema simulado de circulação pulpar. O fluido sanguíneo foi simulado por diversas diluições de solução de corante, GRUPO C (n=7) e sangue suíno com e sem a presença de gás O<sub>2</sub>, o qual foi dividido em quatro grupos. GRUPO S (n=10), GRUPO SD (n=10), GRUPO G (n=10) e GRUPO GD (n=10) obtendo-se, por meio de sonda reflexiva de fibra óptica, dados relativos ao índice de saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), sob controle de pressão de O<sub>2</sub>. Os resultados demonstraram valores estatisticamente diferentes para os testes realizados entre os grupos com e sem O<sub>2</sub> e intra grupos, no dente e direto na amostra, o que qualifica a possibilidade de captação de valores confiáveis de sangue oxigenado da microcirculação pulpar pela sonda refletiva de fibra óptica empregada neste estudo e valida também a metodologia proposta.

Palavras-chave: Diagnóstico. Endodontia. Oxímetro. Teste de sensibilidade. Teste de vitalidade pulpar.



## ABSTRACT

Alonso, VM. Validation of the reflexive oximetry method with optical fiber to evaluate oxygen saturation. [dissertation]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2019. Versão Original.

The correct diagnosis of the pulp condition is indispensable for the selection of the appropriate treatment. The most used features to identify the health of the dental pulp are subjective tests, qualified as sensitivity tests. Sensitivity tests have important limitations, since they evaluate the sensory nerve response to the application of stimuli and depend on the patient's pain perception. Considering the need to accurately evaluate pulp viability, new features have been proposed, such as pulse oximetry, which is an objective, noninvasive method that analyzes the oxygen saturation of the dental pulp from its blood supply through transmissive (most used) or reflective. This study aimed to evaluate *in vitro* and validate the method of analysis of oxygen saturation by the reflexive method in a simulated system of pulp circulation. The blood fluid was simulated by several dilutions of dye solution, GROUP C (n = 7) and swine blood with and without the presence of O<sub>2</sub> gas, which was divided into four groups. GROUP S (n = 10), GROUP G (n = 10) and GROUP GD (n = 10) obtaining, by means of reflective fiber probe, data related to the saturation index of oxygen (SpO<sub>2</sub>), under O<sub>2</sub> pressure control in mmHg. The results demonstrated statistically different values for the tests performed between and within groups, on the teeth and straight into the samples with and without O<sub>2</sub> which qualifies the possibility of obtaining reliable values of oxygenated blood by the fiber optic reflective probe used in this study and also validates the proposed methodology

Key words: Diagnosis. Endodontics. Oximeter. Pulp vitality test. Sensitivity test.





## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 (A) Monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA). (B) Cateter reflexivo de fibra óptica. (C) Ponteira da fibra óptica reflexiva.....53
- Figura 4.2 *Set up* sistema de infusão de sangue no dente. 1(A) Morsa de fixação do dente; (B) dente incisivo central superior (C) Cateter de silicone transparente. 2 (A) Morsa de fixação do dente; (B) dente incisivo central superior (C) Cateter reflexivo de fibra óptica (D) Cateter de silicone transparente.....54
- Figura 4.3 *Set up*. (A) Monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA). (B) Bomba de infusão volumétrica ( NIKKISO CO); (C) Cateter reflexivo de fibra óptica. (D) Morsa da fibra óptica. (E) Morsa de fixação do dente.....54
- Figura 4.4 *Set up* sistema de infusão de sangue no dente. (A) Morsa de fixação do cateter de fibra óptica; (B) Bomba de infusão volumétrica com seringa ( NIKKISO CO); (C) Cateter reflexivo de fibra óptica; (D) Incisivo central superior; (E) Cateter de silicone transparente; (F) Morsa; (G) Seringa com amostra de sangue; (H) Cubeta de inox.....55
- Figura 4.5 *Set up* sistema de circulação do sangue. (A) Máquina de circulação extracorpórea ( HL20, Getinge).....56
- Figura 4.6 (A) Aparelho monitor de pO<sub>2</sub> POLYSTAN.....58



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

H <sub>2</sub> O	Água
cm	Centímetros
Design	Desenho / modelo
FDA	Food and Drug Administration
ICS	Incisivo central superior
ILS	Incisivo lateral superior
IQS	Índice de qualidade de sinal
LDF	Laser Doppler Flowmetry
LED	Light Emitting Diodes
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercúrio
ml/min/g	Milímetros por minuto para cada grama
nm	Nanómetro
NIR	Near Infrared
OCT	Optical Coherence Tomography
PO	Pulse Oximetry
SpO <sub>2</sub>	Saturação de Oxigênio
PPG	Sinal de fotopletismografia
TCO	Tomografia de coerência óptica
VLS	Visible Light Spectroscopy



## LISTA DE SÍMBOLOS

B	Beta
$\delta$	Gama
$\lambda$	Faixa de espectro
C	Graus Celsius
#	Número
P	Pressão do fluido



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>27</b>
2.1	Vascularização e Circulação Pulpar .....	27
2.2	Testes Pulpares de Sensibilidade .....	28
2.3	Testes Pulpares de Vitalidade .....	30
2.4	Oximetria Pulpar .....	35
<b>3</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>47</b>
4.1	MATERIAL.....	47
4.2	MÉTODOS.....	48
4.2.1	Seleção do dente.....	48
4.2.2	Preparo do dente .....	48
4.2.2.1	Preparo das soluções .....	49
4.2.2.2	Amostra de sangue.....	51
4.2.2.2.1	Testes .....	51
4.2.2.2.2	Testes com sangue sem mistura de gás O <sub>2</sub> .....	57
4.2.2.2.3	Testes com sangue com mistura de gás O <sub>2</sub> .....	57
4.2.2.2.4	Análise dos resultados.....	59
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>61</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>77</b>







## 1 INTRODUÇÃO

Diagnóstico é a arte de interpretar os sinais e sintomas e correlacionar aos conhecimentos com objetivo de identificar alterações. O diagnóstico endodôntico baseia-se na dor, na queixa principal do paciente, em dados clínicos na relação da intensidade, duração e história prévia de dor, com objetivo de avaliar a condição da polpa (Seltzer et al., 1965).

Desde que a polpa dental não pode ser diretamente avaliada, o dentista deve utilizar de recursos indiretos e subjetivos para registrar a resposta sensorial das fibras nervosas pulpares que são estimuladas, e correlacionar esses dados aos conhecimentos histológicos, patológicos e fisiológicos pulpares. Esses testes são nomeados testes semiotécnicos, os testes mais comumente aplicados são; teste de palpação, percussão, térmicos (frio e quente) e elétricos.

Os testes de sensibilidade pulpar são subjetivos, demandam muito tempo clínico pois, é necessário realizar mais de um teste, e somente estimulam as terminações nervosas pulpares, com objetivo de obter resposta referida pelo paciente, através do relato de dor. Atuam mais como “indicativo” da vitalidade pulpar do que como certificação de que a polpa encontra-se vital ou num estado necrótico. Se a polpa responde a um estímulo térmico ou elétrico (indicando que há inervação, que pode estar comprometida ou não), geralmente “presume-se” que a polpa possui um suprimento de sangue viável, e fazem-se estas presunções também a partir da natureza da resposta subjetiva de dor (no que diz respeito à dor, à duração, e assim por diante).

Determinar a vitalidade pulpar testando apenas o aspecto sensitivo nervoso é relativamente confiável, pois, o método exige do dentista conhecimento específico endodôntico e uma vasta experiência clínica, contrário à realidade clínica de recém formados e de outras áreas da odontologia que, frequentemente precisam fazer um diagnóstico da condição da polpa para sanar a dor do paciente. Além da dificuldade em correlacionar os dados clínicos obtidos durante os testes, o paciente deve ser colaborativo e detalhista ao relatar qualquer sinal e sintoma, o que muitas vezes, não é possível, como em casos de trauma dental, radioterapia em cabeça e

pescoço, rizogênese incompleta, dentre outros. Além disso, os testes térmicos e elétricos não podem ser repetidos em um intervalo menor que 20 minutos, pois as terminações nervosas podem apresentar alterações no padrão de resposta frente ao estímulo, o que levaria ao resultado falso negativo.

Determinar o diagnóstico de um tecido conjuntivo pulpar, imperialmente importante para manutenção e viabilidade do elemento dental em função, utilizando recursos antiquados que, provocam dor, além de causar um maior desconforto ao paciente que, em grande parte dos casos apresenta um quadro de dor prévio, este apresenta uma subjetividade de interpretação e reação à dor.

Considerando a necessidade de superar as limitações dos testes de sensibilidade, novos recursos para diagnosticar a vitalidade pulpar tem sido propostos. O objetivo dos novos métodos são; determinar a condição da vascularização pulpar com objetividade, rapidez e que seja indolor. Dentre os novos recursos, o oxímetro tem grande potencial para ser incorporado à prática endodôntica devido ao baixo custo do aparelho e praticidade da técnica.

A oximetria de pulso é um método não invasivo que determina a saturação do oxigênio e taxa de pulso de um tecido. Pode trabalhar por transmissão ou reflexão da luz emitida. É constituído de dois diodos emissores de luz, um vermelho e outro infravermelho, ligados e desligados em ciclos de 500 vezes por segundo. Essas fontes de luz emitidas exibem onda pletismográfica e são captadas por um fotodiodo receptor e convertidas por circuitos eletrônicos em saturação arterial de oxigênio e taxas de pulso. No caso dos oxímetros transmissivos, os diodos, conectados a um microprocessador, são colocados um (emissor) na superfície dentária vestibular e outro (detector) na superfície oposta do mesmo dente, devendo ser pressionados firmemente a manter os LEDs (Light Emitting Diodes) (emissores de luz vermelha e infravermelha) e o fotodetector em posição mais paralela possível para evitar contaminação de sinal.

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, o valor obtido pela diferença de sinal é denominado, sinal de fotopletismografia, que resulta em um percentual da taxa de hemoglobina oxigenada no sangue arterial.

A partir de níveis obtidos de saturação de oxigênios do tecido pulpar ( $SpO_2$ ), em dentes vitais, a oximetria de pulso (PO – Pulse Oximetry) passa a ter valor imediato na prática clínica da endodontia. Embora os resultados promissores quanto ao uso do oxímetro de pulso para avaliar a condição da saúde pulpar, muitos autores questionam a veracidade dos resultados devido às limitações do uso de sondas de oxímetro de pulso para uso médico em estrutura dental.

Em dentes com concavidade palatina ou um cíngulo mais pronunciado, a adaptação do sensor é prejudicada. Movimentos da cabeça ou até reflexos de deglutição causam interferências no sinal durante a leitura de saturação de oxigênio pulpar. À limitação da cavidade oral prejudica o paralelismo dos LEDs e compromete a estabilidade. Outra realidade é a contaminação do sinal por tecido gengival e a grande dificuldade da aplicação da sonda nos dentes posteriores devido ao grande volume dos LED's.

Condições externas como, luz incandescente, temperatura, e movimentação são fatores influentes na leitura de sinal da oximetria. Fatores intrínsecos como, condições sistêmicas do paciente, por exemplo, anemia, hipotensão, hipotermia e até pigmentação no meio, compromete a leitura de sinal. Em conjunto a esses fatores que, já estão estabelecidos, a estrutura dental confere um enorme desafio aos recursos ópticos. A primeira camada, o esmalte, apresenta um alto índice de refração de luz, dispersando uma grande quantidade de luz emitida. A dentina, camada abaixo do esmalte, apresenta um alto índice de absorção de luz, devido à sua característica tubular. A polpa dental, tecido conjuntivo, está alojada internamente à essas estruturas, este apresenta alto índice de transmissão de luz.

Determinar as características ópticas da estrutura dental, indicam uma evolução para o método de análise da vascularização pulpar, uma vez que as sondas existentes não são desenvolvidas para esse meio.

Atualmente nenhum estudo comprovou se os sinais obtidos de saturação de oxigênio, *in vivo*, provem parcial ou totalmente, do tecido gengival ou pulpar, mesmo quando utilizada sonda adaptada ao dente.

O objetivo deste estudo é validar o método de avaliar a saturação de oxigênio em dentes através de um sistema simulado de microcirculação pulpar, utilizando sonda reflexiva de fibra óptica, e avaliar a confiabilidade e a praticidade deste novo recurso de oxímetro, e adaptá-lo para o uso odontológico. Cabe ainda analisar o potencial da fibra óptica, na tomada de SpO<sub>2</sub>, *in vitro*, hipotetizando que a nova tecnologia possa captar sinais oriundos da polpa dental sem interferência da estrutura dental e dos tecidos gengivais e periodontais.

Deste estudo espera-se que a coleta de informações importantes sobre a polpa dental que está contida no interior da câmara pulpar possa melhor orientar o tratamento endodôntico, bem como tornar mais prática essa obtenção de dados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 VASCULARIZAÇÃO E CIRCULAÇÃO PULPAR

A principal função da microcirculação pulpar é o transporte dos nutrientes e oxigênio, além de remover os resíduos metabólicos dos tecidos. Estes são trocados em capilares por difusão, e os resíduos são removidos pelas vênulas pulpares. A dinâmica da permeabilidade está diretamente relacionada à pressão. Com aumento da pressão, aumenta também a permeabilidade capilar (Brown; Yankwitz, 1964). Os valores da pressão tecidual da polpa normal têm sido estimados em torno de 13.6 mmHg (Andrews et al., 1972) e 14.1 mmHg, em outros estudos (Ciucchi et al., 1995).

A microcirculação pulpar também apresenta anastomoses arteriovenosas, que formam alças em “U”, que regulam o fluxo sanguíneo. Ao contrário da maioria dos tecidos vascularizados do corpo, a polpa dental não contém um verdadeiro suprimento sanguíneo colateral, o que a torna mais suscetível aos efeitos deletérios de uma inflamação grave. O processo de regularização vascular ocorre através do suprimento vascular que chega via artéria maxilar, que por sua vez, tem origem o ramo da artéria carótida externa, pelas arteríolas que suprem cada microvasculatura da polpa; o processo de drenagem é realizado por vênulas localizadas na porção central da polpa (Kim, 1985).

Em virtude de seu pequeno volume, aproximadamente 14%, do percentual de tecido pulpar é ocupado por vasos sanguíneos. Consequentemente a polpa dental tem o maior fluxo sanguíneo por unidade de peso entre os tecidos orais. O fluxo sanguíneo pulpar é de aproximadamente 40 mL/min para 100g de tecido pulpar (Meyer, 1993; Matthews; Andrew, 1995).

Em muitos órgãos o sistema parassimpático regula a vasoconstrição dos vasos, sua principal função é a manutenção da pressão sanguínea. O mediador do fluxo sanguíneo pulpar funciona por ação neural local. Além disto, alterações na microcirculação arterial e pressão hidrostática intrapulpar podem alterar a resposta de sensibilização nervosa da polpa (Olgart, 1996).

O sistema vascular da polpa é composto por arteríolas pré-capilares, capilares, vênulas pós-capilares e vênulas. Grandes arteríolas entram na polpa via forame apical, se estendem e ramificam no sentido coronário, gerando várias ramificações e terminando em um vasto plexo capilar subodontoblástico. Vasos linfáticos também estão presentes na polpa dental (Rodd; Boissonade, 2005).

A polpa dental é um tecido conjuntivo frouxo innervado e altamente vascularizado, que apresenta uma resposta única e específica, sendo assim, independente do estímulo, seja toque, térmico, elétrico ou químico, a resposta será sempre dor. As fibras nervosas sensoriais estão localizadas ao longo dos vasos sanguíneos, e suas terminações livres no tecido (Abd-Elmeguid; Yu., 2009).

## 2.2 TESTES PULPARES DE SENSIBILIDADE

Os testes de sensibilidade pulpar são testes subjetivos que estimulam as terminações nervosas pulpares, com objetivo de obter resposta positiva ou negativa referida pelo paciente como dor (Seltzer et al., 1965).

O conhecimento das características fisiológicas da polpa dental é de fundamental importância para a interpretação de sinais e sintomas relacionados à alterações pulpares e periapicais e, conseqüentemente elaboração do diagnóstico pulpar. Cabe ressaltar neste ponto que a polpa dental apresenta características peculiares e distintas, sendo que a doença pulpar pode ser de origem inflamatória ou infecciosa. Frente à qualquer agressão a polpa dental inicia um processo de defesa, uma resposta inflamatória em seu sistema microcirculatório, com objetivo de manutenção da homeostasia pulpar.

Logo, várias propriedades únicas são impostas à polpa pela rígida dentina na qual ela está inserida. Devido à característica relativamente não compressível, o volume total dentro da câmara pulpar não tolera aumento de pressão, a cuidadosa regulação do fluxo sanguíneo é de vital importância. Sendo assim, a câmara pulpar rígida contém e restringe o tecido pulpar, quando ocorre um aumento da pressão

hidrostática os vasos tendem a colabar e aumentar a resistência ao fluxo sanguíneo (vasoconstrição), resultando na cessação do fluxo e alteração da sensibilização dolorosa. Conseqüentemente o clínico deve dispor de conhecimentos do processo de regulação do fluxo sanguíneo pulpar e correlacionar aos mecanismos fisiopatológicos das alterações pulpares (Kim, 1985).

Desde que, a polpa dental não pode ser diretamente avaliada, recursos indiretos e subjetivos são utilizados para registrar a resposta sensorial das fibras nervosas pulpares estimuladas. Esses testes são chamados testes semiotécnicos ou testes de sensibilidade pulpar, os testes mais comumente aplicados são: palpação, percussão, térmicos (frio e quente) e elétricos.

A subjetividade dos testes de sensibilidade pulpar remete à dois fatores em relação à dor, que são percepção de dor e a reação à dor (por exemplo; o medo, ansiedade, depressão e o choro). Além disso, o potencial de resposta sensitiva no teste térmico frio com gás refrigerante é reduzido de acordo com o avanço de idade do paciente, que por sua vez, afetaria o julgamento da condição pulpar (Caldeira,1997). O fator relevante no diagnóstico oral é identificar um dente necrótico, especialmente em casos incipientes sem evidências patológicas no dente em questão. Os testes semiotécnicos apresentam maior índice de sucesso em identificar dentes vitais do que dentes necróticos (Peterson et al., 1999).

O padrão de resposta da polpa normal indica remissão rápida da dor em teste térmico e resposta negativa para o teste de percussão. O estímulo causado por testes térmicos ocorre devido à movimentação rápida do fluido dentinário no interior dos túbulos dentinários, teoria da hidrodinâmica. Se a temperatura alterar gradativamente, não irá estimular as fibras nervosas  $\delta A$ , gerando uma resposta falso negativo. Se houver alteração térmica, frio, constante, o mesmo causa uma vasoconstrição e reduz a capacidade de resposta das fibras  $\delta A$ . Ademais, medicamentos ou drogas também influenciam na percepção de dor, além de que, a resposta varia de indivíduo para indivíduo (Bender, 2000).

A capacidade de diagnosticar precocemente o tecido vascular não viável em dentes traumatizados eliminaria a necessidade de esperar por sinais de necrose pulpar, e tal achado seria uma indicação para o tratamento endodôntico imediato,



que por sua vez minimizaria a incidência de sequelas relacionadas ao trauma dental (Caldeira, 2007).

Os testes de sensibilidade podem indicar o tipo de dor (fibras  $\delta A$  ou C), mas apresentam limitações em avaliar o estado do tecido pulpar e o grau de inflamação. Respostas falso-positivos, falso negativos são facilmente induzidas com esses testes, principalmente em dentes permanentes jovens e ou traumatizados. O desenvolvimento da inervação pulpar está estreitamente ligado à morfogênese do dente, em avanço e à diferenciação das células dentárias. Um trauma ou uma alteração patológica podem modificar e “sensibilizar” os nervos intradentais. Esta sensibilidade é mediada por prostaglandinas: a serotonina sensibiliza as fibras tipo  $\delta A$ , em contrapartida a histamina e a bradicinina ativam as fibras C da polpa, regulados pelo fluxo sanguíneo. Assim, os testes semiotécnicos não se aplicam à esses casos clínicos (Abd-Elmeguid; Yu, 2009).

Baseado nesses conhecimentos alguns estudos afirmam que o indicador da vitalidade pulpar está relacionado ao sistema vascular, ao invés das respostas nervosas sensoriais desse tecido, fator determinante para diferenciar uma polpa vital de uma polpa necrótica (Chambers, 1982; Baumgardner et al., 1996; Trowbridge, Kim, 1998).

### 2.3 TESTES PULPARES DE VITALIDADE

A busca em se avaliar a vascularização pulpar tem sido de grande interesse por muito tempo. A procura tem sido por um método que avalie o real estado do sistema microcirculatório pulpar, o que realmente corresponde a vitalidade desse tecido. Os recursos que podem possibilitar esta avaliação são chamados “testes fisiométricos”, que mensuram dados da fisiologia de um tecido, nesse caso, o pulpar.

Alguns métodos utilizando recursos ópticos, são propostos principalmente pelo potencial não invasivo de avaliar a condição de fluxo sanguíneo e saturação de oxigênio, como a pletismografia, fluxometria de laser doppler LDF- *Laser Doppler*

*Flowmetry*), tomografia de coerência óptica (OCT- *Optical Coherence Tomography*) e oxímetria de pulso (PO – *Pulse Oximeter*).

A técnica de pletismografia permite medir mudanças no volume dentro de um órgão ou corpo inteiro, geralmente resultante de flutuações na quantidade de sangue ou ar que ele contém. Upthegrove et al. (1966), foram pioneiros na utilização da pletismografia para avaliar o fluxo sanguíneo na polpa. A técnica permitiu avaliar a circulação sanguínea pulpar sem causar danos ao dente.

Com propósito de superar os desafios de aplicar recursos ópticos em estrutura dental, Spitzer e Bosch (1975), observaram o potencial de absorção de luz em dentes humanos e bovinos com diferentes comprimentos de onda. Os resultados demonstraram que a absorção de luz pode variar de acordo com a composição estrutural de cada camada exposta, ademais em esmalte humano o maior pico de absorção de luz foi com comprimento de ondas de 270nm.

Com objetivo de avaliar a técnica de pletismografia, o estudo *in vitro*, utilizando dois tamanhos de bolsa de borracha para simular a polpa dental, Schmitt et al. (1991), obtiveram sucesso ao detectar mudanças no volume e nos níveis de saturação de oxigênio na polpa utilizando o fotopletismógrafo e oxímetro convencional de pulso. No entanto, salientou o grande desafio que a estrutura dental apresenta ao utilizar oximetria convencional. O fotodetector deve estar posicionado do lado oposto ao emissor, o mais paralelo possível, além de que, a luzes vermelha e infravermelha apresentaram baixa sensibilidade e interferência da espessura do esmalte, dentina e volume da polpa, dissipando a luz para os tecidos adjacentes, tecidos periodontais. O método da polpa simulada em uma bolsa de borracha, permitiu uma considerável expansão durante o influxo de sangue, tal motivo pode ter influenciado os resultados na leitura da pletismografia e oxímetria.

Baseado nesses conhecimentos, Fein et al. (1997), avaliaram o potencial de aplicar essa técnica como recurso para determinar a vitalidade pulpar. Seu estudo revelou que a pletismografia não é um método válido pois, a polpa está contida no interior de uma cavidade rígida e de baixa complacência, o que impossibilita um aumento de volume suficiente para ser detectada por pletismografia.

A fluxometria de laser doppler foi descrita pela primeira vez em estudos em humanos por Gazelius em 1986 e passou a ser empregada na Odontologia como técnica alternativa auxiliar para avaliar fluxo sanguíneo pulpar. Permite mensurar o número e a velocidade das partículas de um fluxo de fluido, no interior dos vasos, capilares, vênulas e arteríolas, através do efeito Doppler. Esse efeito consiste na variação do comprimento de onda sofrida por um corpo ao se deslocar. Quanto mais próximo à fonte, maior sua frequência e menor comprimento de onda.

Diaz-Arnold et al. (1994), demonstraram em estudo *in vitro* que a fluxometria de laser doppler (FLD) foi capaz de detectar o fluxo sanguíneo pulpar, sugerindo que a intensidade de luz varia devido ao número de células vermelhas presentes na câmara pulpar durante pulso vascular.

A captação de variações de fluxo no interior da câmara pulpar de diferentes tamanhos é uma realidade utilizando recursos ópticos. Odor et al. (1999), avaliaram a transmissão de luz laser em diferentes tamanhos de dentes de animais e confirmou que as propriedades ópticas do esmalte e dentina permitem uma leitura do fluxo sanguíneo pulpar. O laser alcançou a polpa dental, sugerindo que o sinal refletido provavelmente é oriundo da polpa. No entanto, nos dentes pequenos (gatos e ratos) a luz da fibra óptica de 0.5mm ultrapassou a estrutura de esmalte, dentina e polpa, alcançando estrutura vascular do periodonto. Esse estudo chama atenção especial para utilizar uma sonda menor e, ou compatível ao diâmetro do dente avaliado.

Recentes estudos da aplicabilidade da técnica de fluxometria de laser doppler em dentes, demonstraram eficiência e acurácia da técnica em detectar circulação sanguínea pulpar, mas o método torna-se impraticável devido ao seu alto custo e dificuldade no controle da sonda. Ademais, em casos de trauma dental o LDF, é um teste objetivo e indolor além de armazenar dados em seu sistema, o que facilita um acompanhamento do caso à longo prazo (Munish et al., 2002; Alghaithy; Qualtrough, 2017).

Ainda que os resultados promissores do LDF, Setzer et al. (2013), avaliaram a eficiência na leitura de laser doppler com isolamento por barreira de silicone em único dente e outro em grupos de dentes. Em ambos casos, foi possível detectar fluxo sanguíneo pulpar sem contaminação dos tecidos adjacentes. O isolamento

múltiplo parece ser mais adequado, pois manteve a sonda com maior estabilidade durante o exame.

Tomografia de coerência óptica (TCO), é uma nova tecnologia biológica de imagem que foi desenvolvida rapidamente na última década. A análise de tecido dental cariado e sadio como método de detecção precoce de lesão cariosa são o marco para TCO. O novo método oferece limitações devido à dificuldade de aplicação, pois exige pelo menos dois ajustes para calibrar antes do uso; espessura e o índice de refração das estruturas adjacentes, esse método parece atrativo para o entendimento dos índices de refração do esmalte e dentina. Com o objetivo de amenizar os custos e interferência de sinal, estudos recentes utilizando TCO em relação ao índice de refração de luz e diferentes comprimentos de ondas são o principal foco. O índice de refração é um parâmetro óptico importante do tecido biológico, principalmente para dente. Segundo Meng Zhuo (2009), o índice de refração em esmalte é de  $1.631 \pm 0.007$ , dentina  $1.540 \pm 0.013$ , e de cemento:  $1.582 \pm 0.010$ .

Desde dos artigos publicados entre 1934 e 1944 por Matthes, que é considerado o pai da oxímetria, investiga-se o transporte de oxigênio nos tecidos. Recursos ópticos foram empregados para avaliar fluxo e quantidade de oxigênio no sangue, a fibra óptica, que funciona com luz de uma lâmpada de tungstênio que é transmitida através de uma parte do feixe de fibra óptica, a luz aferente é transmitida para o sangue, onde é disseminado por células vermelhas. Uma parte dessa luz retorna e é capturada por duas sessões do feixe da fibra óptica. Essa intensidade de luz é detectada e processadas eletronicamente. A relação da intensidade de luz é uma função linear da saturação de oxigênio, ou seja, a absorção de luz é determinada pela luz refletida e não emitida como no oxímetro transmissível (Zijlstra, 1960).

A oximetria de pulso é baseada nas leis de Beer-Lambert. Relaciona a alteração de oxigênio no sangue à quantidade de luz absorvida. Tradicionalmente o oxímetro de pulso utiliza luz vermelha (660nm) e infravermelha (940nm) para determinar o percentual de hemoglobina oxigenada presente no sistema arterial. O resultado do sinal é denominado sinal de fotopleletismografia (PPG). É um método não invasivo de detectar ondas de pulso cardio-vascular que se propaga pelo corpo

por meio de uma fonte de luz e um detector. A média de saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) em adultos saudáveis é de 80-100%.

Na tentativa de determinar comparativamente o oxímetro transmissível e o reflexivo, Harrison et al. (1966), avaliaram a eficiência do monitoramento contínuo *in vivo* de saturação de oxigênio venoso da circulação cardíaca e em artérias periféricas. Comparada aos índices de SpO<sub>2</sub> convencional, o oxímetro reflexivo de fibra óptica mostrou-se tão eficaz quanto os transmissíveis, validando como método alternativo em locais onde o sensor transmissível não pode ser aplicado.

Na década de 70, Minolta utilizou fibra óptica para transmitir a luz, mas a fibra era muito pesada e logo foi substituída por diodos emissores de luz. Porém, somente na década de 80 foi possível a fabricação de sensores leves, baratos e até descartáveis. Em 1985 o oxímetro passou a ser utilizado nas salas de cirurgias para monitoramento de pacientes submetidos a anestesia geral. O oxímetro de pulso apresenta vantagens em seu uso; versatilidade, fácil de usar e método não invasivo de monitorar a oxigenação do sangue. Porém algumas limitações também devem ser consideradas; interferência do sinal por movimentos, luz incandescente, hipotermia, hipotensão ou administração de anestésico com vasoconstritor (Barker; Tremper, 1987).

Em busca de otimizar o sinal nos sensores de oximetria, comprimentos alternativos de luz como a espectroscopia de luz visível (VLS- *Visible Light Spectroscopy*), tem sido incorporado aos sensores. O VLS ao contrário da luz vermelha e infravermelha, baseia-se em penetração rasa e local de luz visível (475-625nm) para monitorar saturação de oxigênio em hemoglobina microvascular, em tecidos pequenos e finos. Esse comprimento de luz foi incorporado ao oxímetro devido a sua excelente capacidade de detectar hipóxia (redução de SpO<sub>2</sub>) e isquemia (redução do fluxo sanguíneo).

O oxímetro de VLS foi aprovado pelo "Food and Drug Administration" (FDA), agência federal dos EUA, e mostrou resultados superiores ao oxímetro convencional de pulso durante uma cirurgia cardiovascular. Além de apresentar menor interferência na captação de sinais, o oxímetro VLS permite a incorporação em cateteres de pequenos diâmetros, e sensores de diversas formas e tamanhos, abrangendo um campo de atuação muito maior que o oxímetro de pulso. Em

comparação à espectroscopia de quase infravermelho (NIR – *Near Infrared*) o VLS não precisa de um campo grande para captar os sinais; já o NIR, necessita de profunda penetração da luz e de um campo relativamente grande para ter eficiência e acurácia na coleta de dados (Benaron et al., 2004).

## 2.4 OXIMETRIA PULPAR

A leitura dos índices de saturação de oxigênio pulpar passou a ser uma realidade com a adaptação de sensores de oxímetro de pulso para aplicação odontológica, embora sua indicação de uso médico.

À procura de aprimorar a sonda de oxímetro dental, Sarkela et al. (1995), consideraram as propriedades ópticas na dentina por ter um papel principal na avaliação da vitalidade pulpar utilizando recursos ópticos. O estudo *in vitro*, simulando estrutura dental com e sem material restaurador: guta-percha, amálgama e resina composta, foi realizado para avaliar a disseminação de luz do sensor de fibra óptica reflexivo dental de fotopletismografia com multiondas. A luz foi transmitida através da fibra óptica para iluminar o dente a ser analisado, a mesma sonda coleta a luz refletida do tecido pulpar e de eritrócitos e transfere para um receptor. O valor de dispersão de luz em dentina e esmalte não são conhecidos, os autores hipotetizando um coeficiente de dispersão de luz, estabeleceram o coeficiente de 200-1052nm em dentina. O estudo revelou que a perda de luz é maior do que absorção, a absorção de luz em sangue é maior em 550nm, e para avaliar saturação 650nm é suficiente, já acima 800-850nm as ondas são absorvidas igualmente.

Os autores encontraram uma forma para reduzir a interferência por movimento comum em sensores reflexivos. Desenvolveram a sonda de tal maneira que as fibras receptoras não “enxergam” a luz refletida próxima a ponta da sonda. As fibras receptoras estão localizadas na parte externa do círculo, e as emissoras na

parte interna, com espaço entre elas. Ademais, a sensibilidade da sonda é dependente do tamanho da área transmissora e receptora. O resultado demonstrou que o maior problema em detectar vascularização pulpar é a camada de esmalte e dentina grossa ao redor da polpa. A dispersão de luz em dentina não muda independente do comprimento de onda (400-1000nm), já em esmalte quanto menor a onda, maior a dispersão. Entretanto, a sonda de fibra óptica reflexiva desenvolvida nesse estudo foi capaz de captar alterações pulpares e em alguns casos a circulação sanguínea foi fácil de detectar.

Com o objetivo de avaliar a acurácia e potencial uso da oxímetria de pulso na odontologia, Noblett et al. (1996), desenvolveram um sensor de oxímetro adaptado para uso odontológico, seu estudo foi um dos primeiros estudos *in vitro* a avaliar a saturação pulpar em modelo simulado. Esse modelo permitiu avaliar com precisão a captação do sinal sem interferência dos tecidos periodontais, além do mais, o sangue manipulado possibilita diferentes níveis de saturação de oxigênio, simulando diferentes estágios inflamatórios pulpares. O autor revelou interferência no sinal devido à diferença de espessura de esmalte e dentina, mas uma vez obtido o sinal o método é eficiente. Ademais, alertou da importância do método em detectar circulação no interior do dente para determinar a vitalidade pulpar, mesmo na ausência de resposta sensorial.

Prosseguindo nos estudos da sonda de fibra óptica para uso odontológico, Kahan et al. (1996), desenvolveram uma sonda reflexiva de fibra óptica acoplada ao grampo metálico, posicionando com espaços adequados as fibras emissoras que são posicionadas no centro e as detectoras ao redor. Totalizando 9 detectores e 7 emissores, organizados de forma circular. Seguindo as orientações de outros estudos, foram analisados 20 incisivos centrais anteriores (Schmitt et al., 1991; Sarkela et al., 1995). Os resultados de saturação SpO<sub>2</sub> foram, para os ICS: 16.88% e para os ICI 50.28%. O desenvolvimento de uma sonda adequada permitiu reduzir interferências, tais como: perda de sinal, interferência da luz foi reduzida pela luz pulsátil da fibra, mas não eliminada, movimento reduziu devido à estabilidade do grampo, e interferência do sinal do tecido adjacente, porém a pressão do grampo pode alterar a leitura. De acordo com os autores, o baixo índice de saturação pode ser devido à alteração da intensidade de luz para usar no dente.

Em contrapartida, Fein et al. (1997) realizou estudo *in vivo*, onde desenvolveu dois tipos de sondas para avaliar a saturação pulpar; uma sonda subgingival e outra supragingival. Os resultados demonstraram que após isolar o tecido periodontal com barreira gengival e dique de borracha preto, o sinal obtido teve redução significativa. Ressaltando a dificuldade de obter sinal com sondas de oximetria de pulso em estrutura dental. O autor revela ainda a interferência no sinal devido à espessura de esmalte e dentina em relação a idade do paciente.

O oxímetro de pulso há muito tempo desperta o interesse de dentistas e pesquisadores, mas a tecnologia esbarra nas limitações até hoje vivenciadas na prática clínica. O termo “oxímetria” pode ser definido como a determinação da porcentagem de saturação de oxigênio do sangue arterial circulante (Radhakrishnan et al., 2002).

A necessidade de ter um recurso que avalie a vitalidade pulpar, assume papel importante diante de casos onde dentes permanentes sofreram trauma. Os testes de sensibilidade avaliam a capacidade de resposta das fibras nervosas, em dentes traumatizados, não há resposta neural, mas o dente esta vital. Em um estudo com crianças com histórico de trauma dental, Munish et al. (2002), compararam teste térmico frio com oximetria de pulso, e revelou níveis de SpO<sub>2</sub> de 80-81% em incisivos centrais superiores, já que são os dentes mais acometidos em trauma, em contra partida os testes de sensibilidade à frio foram negativos, ressaltando a necessidade de um teste de vitalidade pulpar.

Considerando às condições estruturais do dente Espina et al. (2003) avaliaram a relação da idade na alteração dos capilares sanguíneos da polpa dental e relatou que em polpa jovem os capilares possuem três camadas, na medida em que ocorre uma deposição de dentina fisiológica, pacientes mais velhos, essas camadas se fundem, formando uma única camada de capilares. A polpa jovem, apresenta camada de capilares sanguíneos de espessura regular e organizada, já em paciente mais velhos, a camada é irregular e mais espessa. A capacidade de regeneração pulpar também está atrelada ao fato de que em pacientes jovens grande parte da camada endotelial de capilares sanguíneos apresenta uma forma contínua, porém uma pequena porção apresenta uma fenestração muito próxima dos odontoblastos, isso permite uma rápida transferência de nutrientes para os



odontoblastos, células especializadas em produzir dentina e na manutenção da saúde dental.

Atualmente os estudos utilizam sondas de oxímetro convencionais adaptadas ao dente, o que dificulta sua estabilidade. As leituras de saturação de oxigênio pulpar apresentam acurácia superior em detectar um dente não vital do que os testes de sensibilidade, térmico frio e elétrico. O valor da oximetria de pulso reside na sua capacidade de investigar o suprimento de sangue para a polpa dental. O suprimento de sangue é o fator determinante mais forte da vitalidade da polpa e deve, portanto, ser o alvo das tentativas de avaliar a condição da polpa. Usado na medicina, o oxímetro de pulso normalmente é colocado no dedo do paciente, enquanto que na odontologia, uma sonda específica é recomendada para assegurar que o sensor está adaptado à superfície dental de tal maneira que permita um paralelismo entre o diodo emissor de luz e o diodo receptor (Gopikrishna et al., 2007).

Vários autores têm utilizado o sensor de oxímetro de pulso transmissivo para avaliar a vitalidade pulpar. Em estudo com paciente de 26-38 anos de idade, os valores de SpO<sub>2</sub> nos incisivos centrais e caninos superiores foram de 90-91%, não houve relação com SpO<sub>2</sub> dental e do dedo. O método demonstrou eficiência em captar SpO<sub>2</sub> e o potencial do oxímetro ser adaptado na rotina endodôntica como recurso diagnóstico. Mesmo com resultados promissores o desenvolvimento de uma sonda para o uso odontológico é de extrema necessidade (Calil et al., 2008).

A compreensão das características ópticas é extremamente importante para otimizar os testes fisiométricos. Hirmer (2012), revelou que a dentina tem um alto fator de transmissão em determinados comprimentos de onda. Uma descoberta recente da faixa de espectro entre  $\lambda = 0,65$  e  $1,4$ , representam uma “janela de transmissão”, suficiente para detecção da vitalidade pulpar. As células sanguíneas (eritrócitos) absorvem luz, e o batimento cardíaco (pulsação) modula a transmissão de luz.

Com avanço tecnológico, inúmeras tentativas para reduzir as interferências nas leituras tem sido aplicada ao oxímetro. Kumar e Kumar (2012), utilizaram em seu estudo um circuito mais simples com uma fonte única de luz em sonda reflexiva, luz azul aplicada ao dedo, e os resultados variam de pessoa para pessoa, embora a

absorção de luz azul no dedo seja superior à vermelha os autores afirmam que novos estudos devem ser realizados.

A possibilidade de detectar vitalidade pulpar utilizando um recurso óptico é uma realidade, porém, os resultados revelam que os sinais da gengiva influenciam nos dados coletados. Há uma maior influência da luz infravermelha (940nm) em comparação à vermelha (625nm). Novos estudos utilizando diferentes comprimentos de onda devem ser adotados com objetivo de reduzir a contaminação do tecido gengival (Schulz et al., 2012).

Desde que sinais de saturação de oxigênio foram detectados por oxímetros de pulso em dentes saudáveis, novos estudos estão sendo realizados para mensurar os diferentes níveis de SpO<sub>2</sub> em situações de inflamação pulpar. Os resultados demonstraram variação no fluxo sanguíneo pulpar relacionado ao grau de inflamação. Em polpa normal os valores de SpO<sub>2</sub> 92%, pulpíte reversível 87.4%, pulpíte irreversível 83.1%, necrose pulpar 74.6%, no grupo controle com tratamento endodôntico os valores de 0% confirmam a eficiência do oxímetro (Setzer et al., 2012).

Dado que, a estrutura dental confere um grande desafio às aplicações ópticas para avaliação da vascularização pulpar e seguindo as considerações intrínsecas e extrínsecas que possam ter influência na leitura de SpO<sub>2</sub> pulpar, Dastmalchi et al. (2012), realizaram um estudo comparando os testes de sensibilidade, térmico (frio e quente) e elétrico com a oximetria. A oximetria em comparação aos testes de sensibilidade foi o único teste que não apresentou resultados falsos negativos. Os autores atribuem esse resultado ao desenvolvimento de uma sonda que tem maior adaptação à superfície dental e aos fatores intrínsecos como aumento da acidez e metabolismo decorrente do processo inflamatório pulpar que afetam diretamente na oxigenação das hemoglobinas, pela presença de carboxihemoglobina e metimoglobulina, células presente nos processos inflamatórios pulpares, pode levar a desoxigenação das hemoglobinas, e conseqüentemente afetar a saturação da oxigenação pulpar (Jafarzadeh; Rosenberg, 2009). Apesar disso, os fatores externos como pressão alta, baixa perfusão, hipotensão, movimento corpóreo e luz incandescente devem ser levados em consideração quando se utiliza o recurso de

oxímetria para avaliar a condição da saúde pulpar, pois podem causar interferências no sinal (Bruno et al., 2014).

Dependendo do comprimento de onda, a velocidade do fluxo sanguíneo influencia na transmissão de luz. Em alguns comprimentos de onda, o tecido mineralizado do dente torna-se bastante translúcido, enquanto o sangue absorve essa luz, sendo assim, a detecção óptica da pressão sanguínea pode ser um recurso para avaliar a vitalidade pulpar (Niklas et al., 2014).

Shahi et al. (2015), utilizaram o oxímetro de pulso em comparação ao teste elétrico, para avaliar dentes decíduos e permanentes jovens. Considerando às alterações estruturais dos dentes avaliados, revelaram que o teste elétrico tem resultados razoáveis em dentes decíduos maduros, mas não em dentes permanentes jovens e com histórico de trauma, de acordo com estudos prévios (Munish et al., 2002; Caldeira et al., 2007). O oxímetro de pulso mostrou ser um método objetivo, sensível e não invasivo que pode ser utilizado na prática clínica em dentes permanentes jovens e dentição decídua, além de ser um método preciso para avaliar dentes com histórico de trauma.

Stella et al. (2015), utilizaram a oximetria para avaliar os níveis de SpO<sub>2</sub> em crianças e adolescentes e observou uma diferença nos níveis de saturação. Em crianças os valores foram de SpO<sub>2</sub> 84.35%, em adultos SpO<sub>2</sub> 77.88% nos incisivos centrais superiores, que foram selecionados devido ao alto índice de acidentes traumáticos nesses dentes, que necessitam de métodos alternativos para avaliar a condição pulpar, uma vez que os testes de sensibilidade não se aplicam a esses casos. Contudo esse estudo não avaliou o estágio de desenvolvimento radicular e isso pode justificar os valores altos em crianças e adolescentes.

Sensores de oximetria transmissíveis utilizam um diodo emissor de luz e um diodo receptor, permanecendo opostos e em paralelismo, apresentam sinal relativamente bom, mas as áreas de aplicação são limitadas. As áreas de aplicação são: ponta dos dedos e lóbulos da orelha, porém são mais susceptíveis à alterações externas e interferem nas atividades diárias, além da baixa perfusão sanguínea. Os estudos voltados para oximetria na odontologia utilizam sensores transmissíveis indicados para área médica, que apresentam muitas limitações diante da estrutura dental e cavidade oral (Tamura et al., 2015).

Na tentativa de superar as limitações das sondas convencionais Cerqueira et al. (2015), desenvolveram uma sonda específica para uso odontológico, com 3 comprimentos de ondas. Os resultados indicaram uma sonda funcional e com boa captação de sinal. Os testes clínicos apresentaram problema com *design* da sonda em relação a distância do emissor e receptor, indicando que em dentes com maior volume poderá haver discrepância no sinal. Outro problema apresentado foi que a sonda deve ser aprimorada de forma a facilitar o uso em todos dentes. Ademais, o dente deve estar completamente seco para reduzir interferências.

Seguindo estudos com dentes permanentes jovens e maduros, Bargrizan et al. (2016), desenvolveram uma sonda para uso odontológico para avaliar os níveis de saturação de incisivos superiores, e revelou uma relação dos níveis de SpO<sub>2</sub> com estágio de desenvolvimento radicular. Quanto maior o desenvolvimento radicular, menor a taxa de saturação sanguínea. Os valores para ápice aberto no ICS: 84.48% e ápice fechado ILS :82.48%.

O desenvolvimento de pesquisa em quantidade e comprimento de luz, parece ser um grande avanço em direção à oximetria dental. Visto a urgência de diagnosticar o real estado da saúde pulpar em todas situações clínicas e principalmente em casos de dentes permanentes jovens e com histórico de trauma dental (Caldeira et al., 2016). Outra consideração importante que pode influenciar na captação da leitura de sinais pelo oxímetro são as condições sistêmica do paciente, segundo Kataoka et al. (2011) e Kataoka et al. (2016), pacientes submetidos à tratamento radioterápico em cabeça e pescoço apresentam uma redução de fluxo sanguíneo pulpar. Seus estudos revelaram ser uma redução nos níveis de SpO<sub>2</sub> progressiva de caráter transitório referente ao aumento da dosagem de radiação iônica, mas que são tempo dependente com retorno dos níveis de normalidade de SpO<sub>2</sub> após 6-12 meses.

Em busca de uma otimização Balan e Nileena (2017), modificaram a sonda convencional utilizando um molde do incisivo central superior para desenvolvimento de uma sonda de oxímetro para uso odontológico. Porém, a sonda foi ineficiente em captar sinais suficientes para avaliar os níveis de saturação de oxigênio e pulsação da polpa. Os autores atribuem a baixa sensibilidade devido: à baixa intensidade da

emissão de luz sobre a superfície dental, baixa penetração de luz através de tecido calcificado ou devido a alta absorção de luz pelo tecido calcificado e por fim a baixa intensidade de sinais captados pelo sensor, devido a dispersão de luz.

Na tentativa de abranger outros grupos dentais nas tomadas de saturação pulpar, Estrela et al. (2017), desenvolveram uma sonda em forma de “U” para avaliar pré-molares superiores, e revelou que a diferença de idade altera os níveis de SpO<sub>2</sub>, devido à deposição de dentina e redução do volume de vascularização do tecido pulpar. Com o desenvolvimento de uma sonda específica para os pré-molares, os níveis de saturação são mais precisos que estudos anteriores. A SpO<sub>2</sub> de pacientes de 20-24 anos: 89.71%; 25-29 anos: 87.67%; 30-34 anos: 88.71%; 35-39 anos: 84.80% e de 40-44 anos: 80%. Nesse estudo houve uma redução significativa na SpO<sub>2</sub> dos pacientes dos 40 anos acima.

A aplicação de recursos ópticos no diagnóstico endodôntico revela a real necessidade do clínico em estar atualizado e ter domínio do conhecimento, anatômico, fisiológico e neurológico desse tecido tão pequeno, a polpa dental, porém tão importante, a fim de evitar intervenções desnecessárias, principalmente em pacientes mais velhos e com condições sistêmicas importantes.

Com objetivo em diferenciar o estágio inflamatório da polpa, Kosturkov e Uzunov (2017), compararam os testes de sensibilidade elétrico ao índice de saturação pulpar em dentes hígidos e com hiperemia. Os resultados apresentaram diferenças estatísticas em ambos grupos, nos dentes com hiperemia houve uma redução no limiar de excitabilidade (teste elétrico) já a saturação aumentou, demonstrando novamente a importância de avaliar a vitalidade pulpar durante o processo inflamatório pulpar.

Considerando fatores sanguíneos Souza et al. (2017), avaliaram a saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) pulpar de pacientes com anemia falciforme e compararam os mesmos grupos dentais em pacientes com ausência da doença. A anemia homocigótica da célula falciforme, é uma anemia hereditária, em que as hemácias defeituosas assumem forma semelhante à foice causando deficiência do transporte de oxigênio para os tecidos. Os resultados demonstraram níveis de SpO<sub>2</sub> inferiores nos incisivos centrais, incisivos laterais, pré-molares e molares superiores comparados aos mesmo elementos dentais em pacientes com ausência da doença.

Nos caninos e molares inferiores não houve diferença na saturação entre os dois grupos, pacientes com anemia e sem anemia. Os autores acreditam que isso pode ter ocorrido, devido a uma possível congestão decorrente do grande volume de glóbulos vermelhos que são produzidos em excesso para compensar a vida curta dessas células nos pacientes com anemia falciforme.

A avaliação da vascularização pulpar utilizando oxímetro de pulso é uma realidade e foi avaliado por diversos autores (Calil et al., 2008; Setzer et al., 2012; Stella et al., 2015; Caldeira et al., 2016), como recurso alternativo e objetivo para estabelecer o diagnóstico pulpar com resultados promissores, mas sua aplicação esbarra nas limitações inerentes ao uso em cavidade oral, e nas leituras de SpO<sub>2</sub> em estrutura dental.

Portanto, vista a literatura a respeito dos testes pulpares, fica evidente a necessidade de buscar uma avaliação mais precisa da vitalidade pulpar pela análise direta de sua microcirculação e seus componentes, e que ainda são encontradas diversas dificuldades relativas à confiabilidade e praticidade da utilização dos recursos disponíveis.



### **3 PROPOSIÇÃO**

É proposta deste estudo validar o método de análise da saturação de oxigênio utilizando sonda reflexiva de fibra óptica em sistema simulado de microcirculação pulpar.

Propõe-se ainda analisar o potencial do uso da fibra óptica, em diferentes soluções com e sem oxigênio, hipotetizando que a nova tecnologia possa captar sinais oriundos diretamente da polpa dental, sem interferência de tecidos periodontais.





## 4 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado após apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa número de protocolo: 3.065.720 (Anexo A), com sangue suíno mediante ao protocolo n: 025/1028 da Comissão de Ética no Uso em Animais da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP).

O preparo do dente foi realizado no laboratório do Departamento de Dentística da FOUSP e submetido para os determinados ensaios no Laboratório de Bioengenharia do Hospital das Clínicas. Departamento do Instituto do Coração InCor Universidade de São Paulo.

O material e os métodos utilizados na pesquisa serão especificamente descritos abaixo.

### 4.1 MATERIAL

- Um dente de humano: Incisivo Central Superior.
- Disco de carborundum
- Broca esférica diamantada HL 1014
- Broca 3083
- Broca largo I, II e III
- Lima rotatório # 40.04
- Lima oscilatória # 45.05
- Alta / Baixa rotação
- Agulhas de irrigação 30G Navytip (Ultradent, South Jordan, UT)
- Solução de Hipoclorito de Sódio 2,5% (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP)
- Cones de papel absorvíveis
- Cateter de silicone transparente 2 x 1 mm de diâmetro
- Seringas plásticas de 10 ml
- Água destilada 1 L
- Corante anilina bordô 10 ml 18 unidades
- Sangue suíno, desprezado após experimentos na Faculdade de Medicina USP, N° protocolo: 039/17
- Frascos de plástico 100ml

- Monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA)
- Cateter óptico Edwards Lifesciences (TM central venous oximetry cateter set) 2mm de diâmetro
- Morsas
- Bomba de infusão volumétrica com seringa ( NIKKISO CO)
- Máquina de circulação extracorpórea (HL20, Getinge)
- Monitor de pO<sub>2</sub> (Polystan)
- Radiometro Copenhagen (Modelo ABL 800 Flex)

## 4.2 MÉTODOS

### 4.2.1 Seleção do dente

O dente incisivo central superior utilizado foi obtido junto ao Banco de Dentes Humanos da FOU SP.

Para integrar os critérios de inclusão e exclusão, o dente foi avaliado clinicamente e por meio de tomadas radiográficas. As radiografias foram realizadas para avaliar a luz da canal radicular e possíveis alterações.

O dente selecionado apresenta ápice completamente formado, câmara pulpar intacta, ausência de tratamento endodôntico prévio, ausência de calcificações pulpares, de fratura radicular, de reabsorção interna ou externa e ausência de restaurações na coroa.

### 4.2.2 Preparo do dente

O dente foi preparado no laboratório do Departamento de Dentística da FOU SP.

A cirurgia de acesso na face vestibular da coroa foi realizada com broca esférica diamantada 1014 HL (KG Sorensen, São Paulo, SP), em alta rotação para a trepanação da câmara pulpar no terço médio na face vestibular da coroa. Em seguida foi utilizada a

ponta 3083 (KG Sorensen, São Paulo, SP), também em alta rotação para remoção do teto e aplainamento das paredes internas da câmara pulpar.

Foi realizada a remoção do terço apical da raiz com disco de carborundum em baixa rotação, permitindo acesso livre ao canal para esvaziamento de todo conteúdo pulpar, utilizando irrigação com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 2,5% (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP), colocado em uma seringa descartável de 5ml (Ultradent, South Jordan, UT) e acoplada a uma agulha Navytip 30G (Ultradent, South Jordan, UT).

O preparo do canal foi realizado sob vasta irrigação com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) 2,5% (Farmácia Fórmula e Ação, São Paulo, SP), colocado em uma seringa descartável de 5ml (Ultradent, South Jordan, UT) acoplada a uma agulha Navytip 30G (Ultradent, South Jordan, UT). O canal foi alargado utilizando inicialmente brocas largo (Maillefer) I, II e III, seguidas de preparo com limas automatizadas rotatória #40.04 (Protaper Universal Maillefer Dentsply) e recíprocante #45.05 (WaveOne Gold Maillefer Dentsply), compatíveis ao diâmetro do canal. O canal foi irrigado para garantir a completa remoção de remanescente pulpar e testar o livre acesso do líquido fluindo de uma extremidade (ápice) para outra (coroa).

Após aspirar para e utilizar cone de papel estéril para secar o canal, foi introduzido pelo canal radicular um cateter de silicone transparente de calibre 2/1 mm compatível ao canal radicular, que atravessa todo dente e por onde as soluções fluiriam por toda extensão do canal radicular durante o estudo.

#### 4.2.2.1 Preparo das soluções

O uso de soluções corantes para avaliar o *set up*, foi realizado previamente aos testes com sangue. Os testes com a soluções corante serviram como guia para avaliar modelo experimental (*set up*) e a capacidade da sonda em captar concentrações de pigmentos diferentes, a diferença nos índices de saturação demonstraram êxito e sensibilidade da sonda para esse recurso. ( Tabela 5.1) O preparo das soluções foi realizado no laboratório do Departamento de Dentística da FOU SP. As soluções foram feitas a partir de diluição de corante anilina bordô em 100ml de água destilada, totalizando 7 amostras com concentrações diferentes:

- C 1: 4ml /100ml
- C 2: 6ml/100ml
- C 3: 8ml/100ml
- C 4: 10ml/100ml
- C 5: 12ml/100ml
- C 6: 14ml/100ml
- C 7: 16ml/100ml

Tabela 5.1 - Índice de saturação de oxigênio, por amostra de corante

<b>AMOSTRA</b>	<b>% SpO<sub>2</sub></b>
<b>C1</b>	71
<b>C2</b>	76
<b>C3</b>	73
<b>C4</b>	74
<b>C5</b>	82
<b>C6</b>	83
<b>C7</b>	82

#### 4.2.2.2 Amostra de sangue

O sangue utilizado nesse projeto foi de origem animal suíno, coletado do descarte na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, após estudo experimental dos alunos de Medicina, mediante ao protocolo n°. 039/17.

As amostras de sangue foram separadas em grupos com oxigênio e sem oxigênio, para leituras de saturação de oxigênio no dente e diretamente na amostra. As amostras com oxigênio simulam um condição de normalidade do sistema de microcirculação pulpar, já o grupo sem oxigênio, representa o grupo de necrose pulpar, para que haja uma comparação e confirmação da eficiência do método com fibra óptica.

##### 4.2.2.2.1 Testes

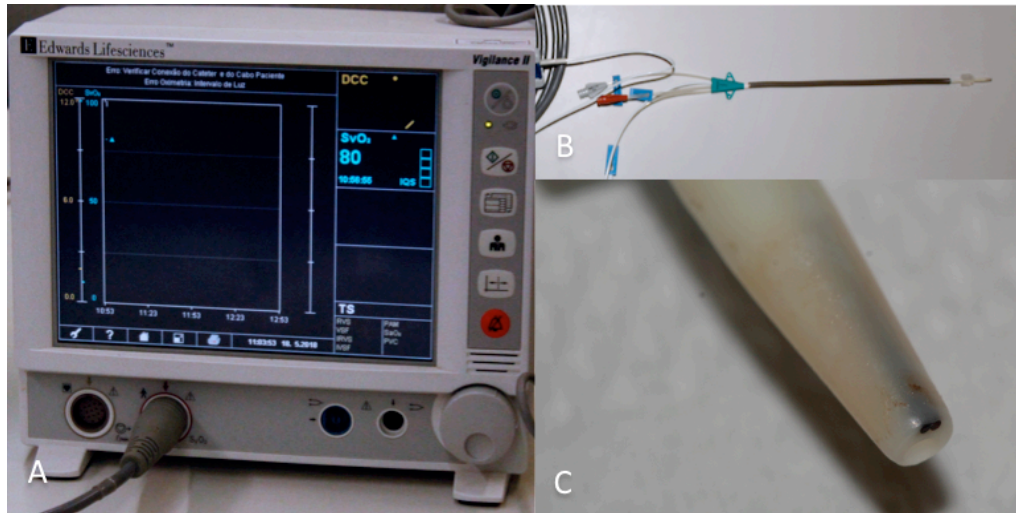
Os testes foram realizados no Laboratório de Bioengenharia do Instituto do Coração InCor Universidade de São Paulo nas dependências do Hospital das Clínicas. Todos testes foram orientados pelo engenheiro chefe do laboratório, profissional qualificado para realizar o experimento.

A leitura dos índices de saturação de oxigênio ( $SpO_2$ ), foi realizada com cateter óptico Edwards Lifesciences (TM central venous oximetry cateter set Irvine, CA, EUA) (Figura 4.1B, 4.1C) e os dados exibidos no monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA) (Figura 4.1A) foram coletados, índice de saturação de oxigênio e o índice de qualidade de sinal (IQS). O IQS representa a qualidade do sinal obtido durante a leitura de  $SpO_2$ . Esse índice é indicado por 4 quadrantes que apresentam 3 colorações: “Vermelha” indica sinal baixo, “Laranja” sinal médio e “Verde” sinal alto.

Um modelo experimental (*set up*), foi elaborado exclusivamente para esse estudo, onde o dente e sonda foram fixados com morsa, a seringa com as soluções instalada na bomba de infusão e acoplada ao cateter de silicone que atravessou toda extensão radicular e coronária para simular a microcirculação pulpar. O sangue foi homogeneizado na máquina extracorpórea, para coleta com e sem oxigênio.



Figura 4.1 – (A) Monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA). (B) Cateter reflexivo de fibra óptica. (C) Ponteira da fibra óptica reflexiva



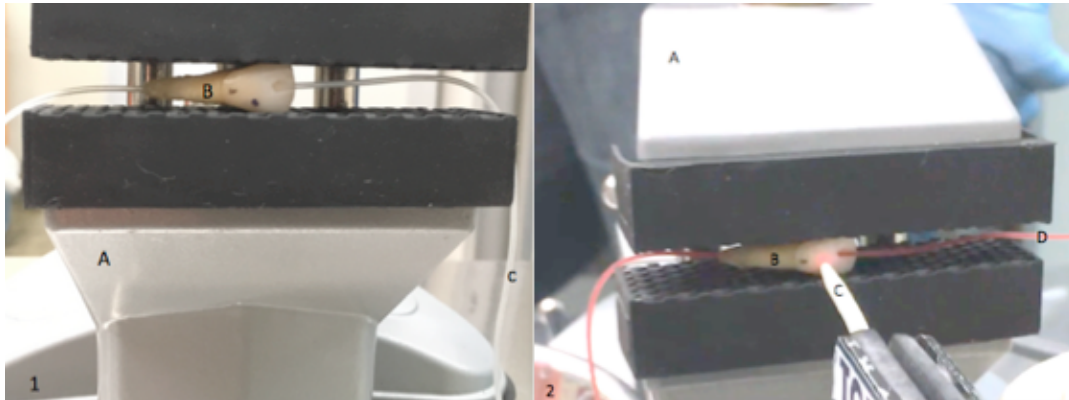
Fonte: A autora

Para realizar o estudo, dente e sensor de fibra óptica foram fixadas em morsa presa à mesa, permitindo uma padronização e para evitar interferências no sinal devido a movimentação ( Figura 4.2).

O dente foi fixado na morsa em posição horizontal, e foi demarcado com caneta permanente a área de incidência da luz de fibra óptica, à 2mm do terço cervical, para evitar desvios e manter uma padronização (Figura 4.3).



Figura 4.2 - *Set up* sistema de infusão de sangue no dente. 1(A) Morsa de fixação do dente; (B) dente incisivo central superior (C) Cateter de silicone transparente. 2 (A) Morsa de fixação do dente; (B) dente incisivo central superior (C) Cateter reflexivo de fibra óptica (D) Cateter de silicone transparente



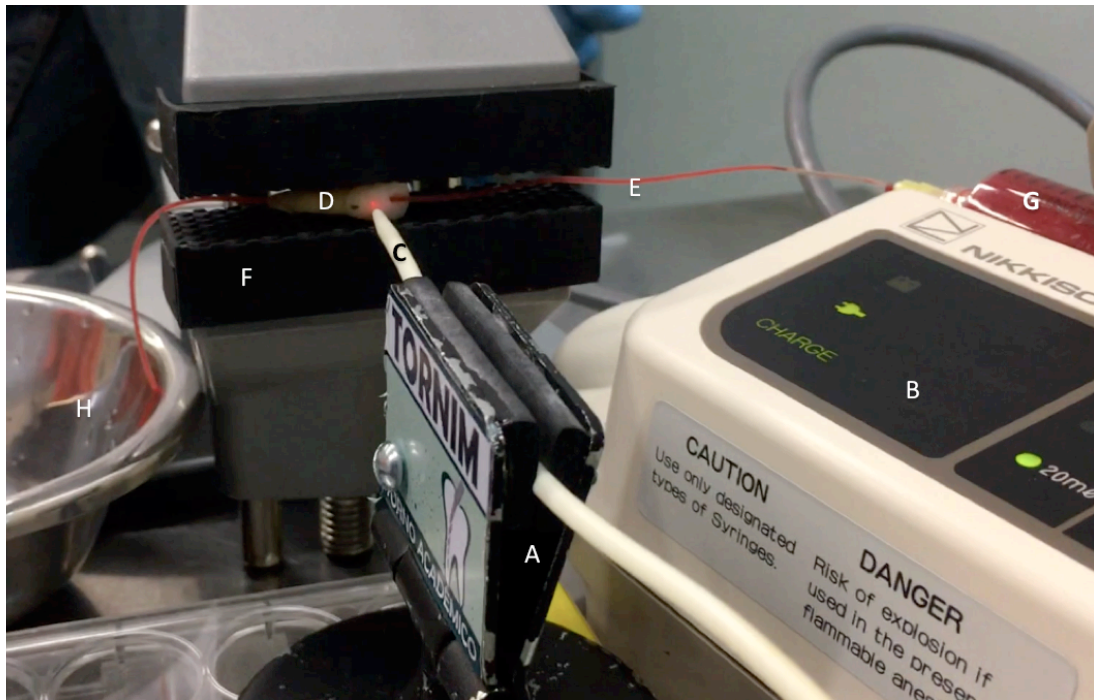
Fonte: A autora

Figura 4.3 - *Set up*. (A) Monitor Vigilance II (E Edwards Lifesciences LLC, Irvine, CA, EUA). (B) Bomba de infusão volumétrica (NIKKISO CO); (C) Cateter reflexivo de fibra óptica. (D) Morsa da fibra óptica. (E) Morsa de fixação do dente



Fonte: A autora

Figura 4.4 – *Set up* sistema de infusão de sangue no dente. (A) Morsa de fixação do cateter de fibra óptica; (B) Bomba de infusão volumétrica com seringa NIKKISO CO); (C) Cateter reflexivo de fibra óptica; (D) Incisivo central superior; (E) Cateter de silicone transparente; (F) Morsa; (G) Seringa com amostra de sangue; (H) Cuba de inox



Fonte: A autora

Testes iniciais foram realizados com as soluções corantes. As soluções foram injetadas pela bomba de infusão volumétrica (NIKKISO CO) com seringa descartável de 10ml, através do cateter que atravessa por toda extensão do canal radicular, ultrapassando também a coroa.

A ponta de fibra óptica foi posicionada na face vestibular do dente, à 2mm do terço cervical da coroa e 30 segundos foram necessários para estabilização do sinal até a visualização no monitor *Vigilance* (Figura 4.4). Cada amostra com 10ml da solução foi injetada com fluxo de 40.1ml/min (Meyer,1993; Matthews; Andrew, 1995).

As luzes do laboratório permaneceram acesas, a sonda e o dente permaneceram estabilizados e sem qualquer contato no *set up* durante todo o teste. Os dados exibidos no monitor foram coletados após leitura para cada uma das 7 amostras de solução corante.

Os testes com sangue foram divididos em 4 grupos. Grupo S (n=10) - leituras de SpO<sub>2</sub> no dente com sangue sem O<sub>2</sub>; grupo SD (n=10) - leituras de SpO<sub>2</sub> diretamente na amostra de sangue sem O<sub>2</sub>; grupo G (n=10) - leituras de SpO<sub>2</sub> no dente com sangue e O<sub>2</sub>; grupo GD (n=10) - leituras de SpO<sub>2</sub> diretamente na amostra de sangue com O<sub>2</sub>, totalizando 40 leituras de SpO<sub>2</sub>. A homogeneização do sangue foi realizada com auxílio de uma máquina utilizada durante cirurgias cardíacas, para fazer a circulação extracorpórea (HL20, Getinge). O sangue foi heparinizado e aquecido por um aquecedor acoplado ao *set up* de circulação extracorpórea (Figura 4.5).

Figura 4.5 – *Set up* sistema de circulação do sangue. (A) Máquina de circulação extracorpórea (HL20, Getinge)



Fonte: A autora

#### 4.2.2.2.2 *Teste com sangue sem oxigênio (O<sub>2</sub>)*

Após atingir a temperatura de 36.8°C, 10 ml da amostra de sangue foram coletadas da máquina para o teste sem mistura de oxigênio. A seringa com 10ml da amostra foi acoplada à bomba de infusão volumétrica (NIKKISO CO), com fluxo sanguíneo de 40.1ml/min (Meyer, 1993; Matthews; Andrew, 1995), injetado no cateter para percorrer toda extensão radicular e coronária do dente.

A ponteira da sonda foi posicionada à 2mm do terço cervical, para a estabilização do sinal, foi necessário aguardar 30 segundos, e após a leitura, com as luzes acessas e nenhum movimento no *set up*. Os dados exibidos no monitor foram coletados para cada uma das 10 amostras para comparar os índices de SpO<sub>2</sub> do grupo S.

Ao finalizar cada teste, o cateter foi limpo com irrigação vasta de solução salina para evitar contaminação no sinal.

Após os testes no dente, o sangue desprezado, foi coletado em uma cuba de inox para fazer a leitura dos índices de SpO<sub>2</sub> diretamente na amostra, grupo SD. Foi realizada uma leitura com a sonda submersa diretamente em contato com 10ml da amostra de sangue sem O<sub>2</sub>. Para a estabilização do sinal, foi necessário aguardar 30 segundos, e após a leitura, os dados do grupo SD, foram coletados do monitor. Entre cada teste o cateter foi limpo com irrigação vasta de solução salina para evitar contaminação no sinal.

#### 4.2.2.2.3 *Teste com sangue e oxigênio (O<sub>2</sub>)*

O gás oxigênio foi injetado no *set up* da circulação extra corpórea sanguínea para homogeneização do sangue.

Para controle da quantidade de pressão de oxigênio (pO<sub>2</sub>) na amostra de sangue, em milímetros de mercúrio (mmHg), o monitor de pO<sub>2</sub> (Polystan) foi utilizado com sensores acoplados diretamente nos tubos por onde o sangue oxigenado corre. Um total de 164 mmHg de O<sub>2</sub> foram injetados para o teste do grupo G, e Grupo GD Após atingir

temperatura de 36.8°C, 10 ml da amostra de sangue foi coletada para o teste do grupo G (Figura 4.6).

A seringa com 10ml da amostra foi acoplada à bomba de infusão volumétrica (NIKKISO CO), com fluxo sanguíneo de 40.1ml/min (Meyer,1993; Matthews; Andrew, 1995), injetado no cateter para percorrer toda extensão radicular e coronária do dente..

A ponteira da sonda foi posicionada à 2mm do terço cervical, para a estabilização do sinal, foi necessário aguardar 30 segundos. Após a leitura, com as luzes acesas e nenhum movimento no *set up*, os dados exibidos no monitor foram coletados para comparar os índices de saturação de oxigênio do grupo G.

Após os testes no dente, o sangue desprezado, foi coletado em uma cuba de inox para fazer a leitura dos índices de SpO<sub>2</sub> diretamente na amostra, grupo GD. Foi realizada uma leitura com a sonda submersa diretamente em contato com 10ml da amostra de sangue com O<sub>2</sub>. Para a estabilização do sinal, foi necessário aguardar 30 segundos, e após a leitura, os dados do grupo GD, foram coletados do monitor. Novamente entre cada teste o cateter foi limpo com irrigação vasta de solução salina para evitar contaminação no sinal.

Figura 4.6 – (A) Aparelho monitor de pO<sub>2</sub> POLYSTAN



Fonte: A autora

#### 4.2.2.2.2 Análise dos resultados

Foram coletados todos os dados referentes à concentração de oxigênio em diferentes grupos durante os testes, com corante, no dente com amostra de sangue com e sem O<sub>2</sub> e leituras diretamente na amostra de sangue com e sem O<sub>2</sub>. Os dados referentes à concentração de oxigênio dos grupos foram tabulados e analisados estatisticamente pelo teste ANOVA 1-fator e teste de Tukey.



## 5 RESULTADOS

Os dados coletados foram analisados pelo teste ANOVA 1-fator e teste de Tukey.

Tabela 5.2- Médias e desvios padrões do índice de saturação de oxigênio, por grupo: direto na amostra de sangue com e sem O<sub>2</sub>, no dente e sangue com e sem O<sub>2</sub>

<b>Grupo</b>	<b>% SpO<sub>2</sub> Dente</b>	<b>% SpO<sub>2</sub> Direto na amostra de sangue</b>
<b>Com O<sub>2</sub></b>	82,6 ± 0,966 <sup>Aa</sup>	95,1 ± 0.316 <sup>Ab</sup>
<b>Sem O<sub>2</sub></b>	67,9 ± 0,737 <sup>Ba</sup>	85,2 ± 1,032 <sup>Bb</sup>

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa entre os grupos experimentais e letras minúsculas intragrupo (Tukey, p<0,05).





## 6 DISCUSSÃO

Por muito tempo a busca por um método que avalie a vascularização pulpar é de grande interesse de dentistas e pesquisadores, mas a limitação tecnológica do passado esbarrou nas peculiaridades da estrutura dental. O presente estudo buscou restaurar com novas tecnologias a tentativa de avaliar a vitalidade pulpar utilizando recursos ópticos.

O teste *in vitro* foi selecionado, pois permite avaliar com maior controle a capacidade de leitura de fluxo sanguíneo e saturação de oxigênio pulpar sem qualquer contaminação de tecido periodontal durante o teste da sonda reflexiva e dente, para reduzir a interferência no sinal. Em estudos *in vivo*, movimentos involuntários como deglutição e respiração contaminam o sinal, e interferem nos índices de saturação de oxigênio. Além dessas vantagens o grande atrativo é que a alta concentração de O<sub>2</sub> não causou danos, o que poderia ser irreversível em um teste *in vivo*.

A sonda de espectrofotometria reflexiva de fibra óptica foi selecionada para esse estudo (Edwards Lifesciences TM central venous oximetry cateter set), devido a sua capacidade de analisar SpO<sub>2</sub> de sangue venoso e arterial misturados, assim como ocorre no interior da polpa dental, por essa não possuir um verdadeiro suprimento sanguíneo colateral (kim,1985). Ademais, a sonda reflexiva de fibra óptica não sofre interferência de luz externa como a sonda de pulso transmissível, descartando a necessidade de apagar as luzes, ou cobrir a sonda e dente durante o teste. Além de que, durante todo teste a sonda foi fixada em uma morsa mantendo a posição sem nenhuma movimentação além de manter uma distância padrão de 2mm (Fein et al., 1997), ao contrário do estudo de Upthegrove et al. (1966), que ajustou ao máximo de pressão do dispositivo ao dente para garantir a estabilidade de sinal com da sonda transmissível.

Alas, a escolha pela fibra óptica também visou favorecer sua aplicabilidade na superfície dentária, visto que o princípio básico da oxímetria reflexiva de fibra óptica funciona com a emissão da luz de uma lâmpada de tungstênio que é transmitida através de uma parte do feixe de fibra óptica; a luz aferente é transmitida

para o sangue, onde é disseminado por células vermelhas. Uma parte dessa luz retorna e é capturada por duas sessões do feixe da fibra óptica, essa alteração de intensidade de luz é detectada e processada eletronicamente (Harrison et al., 1966).

O modelo experimental utilizado nesse estudo utilizou um único dente de humano extraído com o objetivo de apenas servir de arcabouço para manter o sangue contido para que o sistema circulatório fosse avaliado nesta simulação de fluxo sanguíneo pulpar (Nobblet et al., 1996; Schmitt et al., 1991; Schulz et al., 2012; Niklas et al., 2014).

O sistema microcirculatório foi criado através de um cateter de silicone transparente de 2mm de diâmetro externo e 1 mm interno com 10 cm de comprimento, em um incisivo central superior de 15mm. O cateter foi utilizado para evitar que as soluções penetrassem no interior dos túbulos dentinários, o que levaria à contaminação do espécime e alteração dos resultados.

O pequeno diâmetro do cateter foi ajustado ao canal radicular, porém na porção coronária esse volume é inferior ao volume necessário para uma perfusão sanguínea equivalente ao tamanho da câmara pulpar, da dentina e esmalte que o envolvem, o que provavelmente levou ao baixo índice de qualidade de sinal (IQS). Outro modelo utilizando medidas idênticas em molar, demonstrou diferença na saturação com tubo rígido e flexível, contudo, além da provável extensão do tubo flexível, o sensor teve ajuste na amplitude de sinal (Niklas et al., 2014).

Para simular a circulação sanguínea foi necessário montar um sistema com a máquina de circulação extracorpórea (HL20, Getinge), utilizado em cirurgias cardíacas. Esse primeiro *set up*, permite a injeção de O<sub>2</sub> e homogeneização das amostras de sangue para posterior simulação da vascularização pulpar. O controle da concentração de O<sub>2</sub> foi monitorada por análise direta com aparelho pO<sub>2</sub> (POLYSTANT), que foi instalado diretamente no tubo do sistema de circulação e para avaliar em tempo real a quantidade de pO<sub>2</sub> em milímetro de mercúrio na amostra a ser testada.

O modelo experimental da microcirculação pulpar, foi criado através de uma bomba de infusão (NIKKISO CO) com fluxo sanguíneo contínuo de 40.1 ml/min/g, pois não necessita de pulso para análise com sonda reflexiva, contrário ao sistema utilizado por Diaz- Arnold et al. (1994) e Noblett et al. (1996), que utilizaram bomba

peristáltica e fluxo de 1.0ml/min/g e intercalando com solução salina para simular um pulso. O tempo necessário para estabilização de sinal é de 30 segundos, o mesmo aplicado e observado em estudos anteriores (Munshi et al., 2002; Anusha et al., 2017; Gopikrishna et al., 2007), contrario aos 5 segundos utilizados em sensores com amplitude otimizada, que confere maior sensibilidade e eficiência na leitura de SpO<sub>2</sub> (Setzer et al., 2012).

A estrutura dental confere um grande desafio para aplicação de recursos ópticos. Sua complexa estrutura e diferentes camadas atuam mais como um meio que dispersa luz, ao invés de transmitir esse feixe de luz até o objetivo final, a polpa dental, que está restrita e alojada no interior dessa complexa estrutura. O potencial de absorção de luz pode variar de acordo com a composição estrutural de cada camada exposta à luz. O potencial de absorção de luz do esmalte e dentina apresenta o maior pico de absorção a 270nm (Spitzer; Bosch,1975). No presente estudo não foi possível ajustar o comprimento de onda, o teste foi realizado de acordo com a configuração do fabricante. Provavelmente por essa razão o sinal de índice de qualidade (IQS) se manteve baixo, indicado pela cor vermelha no monitor.

A relação da absorção de luz e comprimento de onda está atrelada à quantidade de células vermelhas presentes na câmara pulpar e não da pressão sanguínea (Diaz- Arnold et al., 1994). Os testes com soluções corante serviram como guia para avaliar o modelo experimental e a capacidade da sonda em captar concentrações de pigmentos diferentes, a diferença nos índices de saturação demonstraram êxito e sensibilidade da sonda para esse recurso (Tabela 5.1). O pequeno volume do cateter restringe a quantidade de células vermelhas, ou seja, do volume total presente na câmara pulpar durante o teste, o que pode ter influência nos resultados obtidos.

No estudo a média de saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) nas amostras em dente com O<sub>2</sub> foi de 82,6%, resultado semelhante aos raros estudos *in vitro* disponíveis na literatura. Schimitt et al. (1991), obtiveram valores de SpO<sub>2</sub> de 80-90% no modelo com a polpa de borracha de maior diâmetro, já na polpa de menor diâmetro os valores apresentaram índices de 70%. A diferença dos valores de SpO<sub>2</sub> indica uma limitação óptica de captar sinais dessa pequena circulação, o que deve ser considerado em dentes em condições de menor volume da câmara pulpar e

consequentemente da polpa inclusive dentes que sofreram trauma (Caldeira, 1997 ; Estrela et al., 2017).

Acredita-se que o sinal de IQS da espectrofotometria reflexiva de fibra óptica pode ser otimizado se aumentar a amplitude de sinal e o tamanho da sonda para ampliar a área receptora (a sonda utilizada no estudo media 2 mm), porém cabe lembrar que a sua indicação é de aplicação direta no vaso sanguíneo (Kahan et al., 1996 ; Benaron et al., 2004).

Outros autores realizaram um ajuste na amplitude de sinal para tomadas de saturação de oxigênio *in vivo*, pois a estrutura dental oferece maior interferência do que outras áreas de aplicação da oximetria (Calil et al., 2008; Kataoka et al., 2011 ; Setzer et al., 2012). Parece claro que a interferência de sinal pode ser solucionada com aumento da amplitude de sinal e ampliar a superfície de receptores (Schulz et al., 2012).

Neste estudo não foi realizada análise bioquímica da amostra de sangue. A pressão do oxigênio,  $pO_2$  em milímetros de mercúrio (mmHg) foi mantida igual para todas amostras com  $O_2$ , que dispensa análise bioquímica individual, para cada uma das amostras. No total 40 amostras de 10 ml cada, foram utilizadas para realizar o estudo, 20 amostras com sangue sem  $O_2$  e 20 com  $O_2$ . Foram realizadas 4 tomadas diferentes de  $SpO_2$  no dente e diretamente na amostra de sangue com e sem  $O_2$ , com força de teste 1.

Os resultados do presente estudo demonstraram índices de  $SpO_2$  maiores direto na amostra de sangue, diferente das leituras no dente, indicando a necessidade de ajuste amplitude de sinal da fibra óptica para utilização em dente. O teste de Tukey demonstrou diferença estatística entre todas tomadas de  $SpO_2$  (Tabela 5.1). Os baixos índices de  $SpO_2$  no dente, confirmam que a estrutura dental apresenta um interferência na leitura de sinal, ainda assim a indicação da sonda utilizada no estudo é de uso invasivo, ou seja, a fibra deve estar em contato direto com o sangue. Outro fator para os baixos índices de leitura é do pequeno volume de sangue presente na microcirculação simulada.

Considerando que o sinal de IQS permaneceu vermelho, os índices de saturação de foram em média de 77,28% para soluções corante, 67,9 % em dente

com amostra de sangue sem O<sub>2</sub>, e 85,2% direto na amostra de sangue sem O<sub>2</sub>, 82,6% nos testes em dente com amostra de sangue e O<sub>2</sub>, similar aos outros estudos (Gopikrishna et al., 2007; Stella et al., 2015). Outros autores obtiveram índices mais elevados na média de 90% (Calil et al., 2008; Setzer et al., 2012; Anusha et al., 2017) e 95,1% direto na amostra de sangue com O<sub>2</sub>. Esses índices demonstram a viabilidade da técnica em utilizar uma sonda de fibra óptica reflexiva para avaliar a saturação de oxigênio pulpar.

Com o avanço da tecnologia, novas análises da saturação de oxigênio pulpar parecem confirmar estudos prévios e buscam uma solução para otimização de métodos que avaliem a vascularização pulpar. A modificação e adaptação da sonda de oximetria à estrutura dental são foco de novas pesquisas, porém alguns estudos demonstram dados insuficientes para reproduzir e comparar metodologias. (Balan; Nileena, 2017). Novos estudos da saturação de oxigênio pulpar com índices discrepantes dos anteriores, sinalizam para sondas melhor adaptadas e com maior precisão nas tomadas de SpO<sub>2</sub>, mas ainda assim há necessidade de um entendimento da complexidade anatômica dental para estabelecer um recurso adequado para avaliar o tecido pulpar com confiabilidade.

A aplicação de fibra óptica reflexiva como recurso de sonda de oximetria para avaliar a saturação pulpar parece promissor, necessitando de ajustes para aplicação odontológica.



## 7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo a utilização da sonda reflexiva de fibra óptica, embora sendo um dispositivo de alto custo nesse primeiro estudo, é um recurso válido para aplicação de oximetria pulpar, mesmo com a complexa estrutura dental.

Os resultados de SpO<sub>2</sub> em sistema simulado de circulação demonstraram sensibilidade na leitura de sinais em diferentes soluções com médias de SpO<sub>2</sub> de:

- Com soluções corante: 77,28 %
- Direto na amostra de sangue sem O<sub>2</sub>: 85,2 %
- Direto na amostra de sangue com O<sub>2</sub>: 95,1%
- No dente com O<sub>2</sub>: 82,6 %
- No dente sem O<sub>2</sub>: 67,9%





## REFERÊNCIAS<sup>1</sup>

- Abd-Elmeguid A Yu. DC. Dental Pulp Neurophysiology: Part 1. Clinical and Diagnostic Implications. J Canad Dent Assoc. 2009 Feb (75), No.1: 55-9.
- Alghaithy RA, Qualtrough AJ. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. Int Endod J. 2017;50(2):135-42.
- Andrews SA, Van Hassel HJ, Brown AC. A method for determining the physiologic basis of pulp sensory response. A preliminar report. J Hosp Dent Pract. 1972;6:49-53
- Anusha B, Madhusudhana K, Chinni SK, Paramesh Y. Assessment of pulp oxygen saturation levels by pulse oximetry for pulpal diseases – A Diagnostic Study. J Clin Diagn Res. 2017 Sep;11(9):36-9.
- Balan P, Nileena KR. Modification of pulse Oximetry probe for evaluation of pulp vitality in anterior teeth- An in vivo evaluation. Orig Reas Paper Dent Scien. 2017 Dec;6(12):9-11.
- Bargrizan M, Ashari MA, Ahmadi M, Ramezani J. The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. Dent Traumatol. 2016;32(1):43-7.
- Barker SJ, Tremper KK. "Pulse oximetry: applications and limitations. Inter Anest Clin. 1987;25.3:155-75.
- Baumgardner KR, Walton RE, Osborne JW, Born JL. Induced hypoxia in rat pulp and periapex demonstrated by 3H-misonidazole retention. Jour of Dent Res. 1996;75:1753-60.
- Bender IB. Pulpal pain diagnosis- a review. J Endod. 2000; 26 (3): 175-9.
- Benaron DA, Parachikov IH, Friedland S, Soetikno R, Brockutne J, van der Starre P.J., Nezhad C, et al. Continuous, noninvasive, and localized microvascular tissue oximetry using visible light spectroscopy. Anesthesiology. 2004;110(6):1469-75.

---

<sup>1</sup> De acordo com Estilo Vancouver.

Brown AC, Yankowitz D. Tooth pulp tissue pressure and hydraulic permeability. *Circulation Res.* 1964 July (15):42-50.

Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, Silva JA, Alencar AHG, Estrela C. Oxygen Saturation in the Dental Pulp of Permanent Teeth: A Critical Review. *JOE.* 2014 Aug;4(8):1054-7.

Caldeira CL. Avaliação clínica da resposta pulpar obtida em pacientes submetidos aos testes de vitalidade com frio (gelo e diclorodifluorometano) em função da faixa etária e grupo dentário [dissertação de Mestrado]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo; 1997.

Caldeira CL, Barletta FB, Ilha MC, Abrão CV, Gavini G. Pulse Oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. *Dent Traum.* 2016;32:385-89.

Caldeira CL, Suzuki MK, Bezerra AG, Gavini G, Aun CE. Observações sobre a utilização da oximetria de pulso em dentes traumatizados. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 2007;61(3):187-93.

Calil E, Caldeira CL, Gavini G, Lemos EM. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. *Int Endod J.* 2008 Sep;41(9):741-6.

Cerqueira M, Ferreira M, Caramelo F. Development and initial testing of a pulse Oximetry prototype for measuring dental pulp vitality. *J Phys.* 2015; 616:1-6.

Chambers IG. The role and methods of pulp testing in oral diagnosis: a review. *Int Endod J.* 1982;15:1-5.

Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal Fluid Dynamics in Human Teeth, In Vivo. *J Endod.* 1995 Apr;21(4):191-4.

Dastmalchi N, Jafarzadeh H, Moradi S. Comparison of the efficacy of a custom-made pulse oximeter probe with digital electric pulp tester, cold spray, and rubber cup for assessing pulp vitality. *J Endod.* 2012;38(9):1182-6.

Diaz- Arnold AM, Wilcox LR, Arnold MA. Optical detection of pulpal blood. *J Endod* 1994;20:164-8.

Espina AI, Castellanos AV, Ferreira JI. Age related changes in blood capillary endothelium of human dental pulp: an ultrastructural study. *Int Endod J* 2003;36:395-403.

Estrela C, Serpa GC, Alencar AHG, Bruno KF, Barletta FB, Felipe WT, Estrela CRA, Souza JB. Oxygen saturation in the dental pulp of maxillary premolars in different age groups - Part 1. *Braz Dent J.* 2017;28:573-577.

Fien M, Gluskin A, Goon W. Evaluation of optical methods of detecting pulp vitality. *J Biomed Optics.* 1997; 2:58-73.

Gopikrishna V, Gupta T, Kandaswamy D. Evaluation of Efficacy of a New Custom-Made Pulse Oximeter Dental Probe in Comparison With the Electrical and Thermal Tests for Assessing Pulp Vitality. *J Endod.* 2007 May;33:411-4.

Gopikrishna V, Pradeep G, Venkateshbabu N. Assessment of pulp vitality: a review. *Int J Paediatr Dent.* 2009 Jan;19(1): 3–15.

Gazelius B, Olgart L, Edwall L. Non- invasive recording of blood flow in human dental pulp. *Endod Dent Traumatol.* 1986; 2:219-21.

Harrison DC, Kapany NS, Miller HA, Silberirust N, Henry WL, Drake RP. Fiber optics for continuous in vivo monitoring of oxygen saturation. *Am Heart J.* 1966 Jun;71(6):766-74.

Hirmer M, Danilov SN, Giglberger S, Putzger J, Niklas A, Jager A, Hiller KA, et al. Spectroscopic Study of Human Teeth and Blood from visible to Terahertz Frequencies for Clinical Diagnosis of Dental Pulp Vitality. *J Infrared Milli Terahz Waves.* 2012; 33:366-75.

Jafarzadeh H, Rosenberg PA. Pulse oximetry: review of a potential aid in endodontic diagnosis. *J Endod.* 2009 Mar; 35(3):329–33.

Kahan RS, Gulabivala K, Snook M, Setchell DJ. Evaluation of a pulse Oximeter and customized probe for pulp vitality testing. *J. Endod* 1996;22:105-9.

Kataoka SHH, Setzer FC, Gondim-Junior E, Pessoa OF, Gavini G, Caldeira CL. Pulp vitality in patients with intraoral and oropharyngeal malignant tumors undergoing radiation therapy assessed by pulse oximetry. *J Endod.* 2011 Sep;37(9):1197-200.

Kataoka SHH, Setzer FC, Gondim-Junior E, Fregnani ER, Moraes CJP, Pessoa OF, Gavini G, Caldeira CL. Late Effects of Head and Neck Radiotherapy on Pulp Vitality Assessed by Pulse Oximetry. JOE. 2016 June;42(6):886-9.

Kim S. Microcirculation of the dental pulp in health and disease. J Endod 1985;11:465-71.

Kosturkov D, Uzunov TS. Pulse Oximetry and electric pulp test in intact teeth and teeth with hyperaemia pulpaе. Act Med Bulg. 2017; XLIV (2):10-3.

Kumar J, Kumar Av. Reflectance Pulse Oximetry Using Single Light Source. Proc Eng. 2012;38:2484-90.

Matthews B, Andrew D. Microvascular architecture and exchange in teeth. Microcirculation.1995; 2:305-13.

Mills RW. Pulse oximetry – a method of vitality testing for teeth? Br Dent J 1992 May;172(9):334–5.

Meng Zhuo XSY, Yao H, Liu YLT, Wang YLG, Lan S. Measurement of the refractive index of human teeth by optical coherence tomography. J Biomed Opt. 2009 May/June14(3):034010-4.

Meyer MV. Pulpal blood flow: use of radio-labelled microspheres. Int Endod J. 1993 Jan;26 (1):6-7.

Munish AK, Amitha MH, Sangeeth R. Pulse Oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality. J Clin Pediatric Dent. 2002;26(2):141-6.

Niklas A, Hiller KA, Jaeger A, Brandt M, Putzger J, Ermer A. Et al. In vitro optical detection os simulated blood pulse in a human tooth pulp model. Clin Oral Invest. 2014;18:1401-9.

Noblett WC, Wilcox LR, Scamman F, Johnson WT, Diaz-Arnold A. Detection of Pulpal Circulation in vitro by Pulse Oximetry. J Endod. 1996 Jan; 22 (1):1-5.

Odor TM, Chandler NP, Watson TF, Pitt Ford TR, Mc Donald F. Laser light transmission in teeth: a study of the patterns in diferente species. *Int Endod J*. 1999;32:296-302.

Olgart L. Neural control of pulpal blood flow. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1996;7(2):159-71.

Peterson K, Soderstrom C, Kiani-Anaraki M, Lévy G. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. *Endod Dent Traumatol*. 1999;15:127-31.

Radhakrishnan S, Munish Ak, Hegde AM. Pulse oximetry: a diagnostic instrument in pulpal vitality testing. *J Clin Pediatr Dent*. 2002 Winter: 26(2):141-5.

Rodd HD, Boissonade FM. Vascular status in human primary and permanent teeth in health and disease. *Eur J Oral Sci*. 2005 Apr;113(2):128-34.

Sarkela V, Kopola HK, Oikarinen K, Herrala E, "Dental pulp vitality measurement based on multiwavelength photoplethysmography," *Proc. SPIE 2631, Medical and Fiber Optic Sensors and Delivery Systems*. 1995 Jan 3 (2631):72-83.

Schmitt JM, Webber RL, Walker EC. Optical determination of dental pulp vitality. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1991 Apr;38(4):346–352.

Schulz I, Putzger J, Niklas A, Brandt M, Jager A, Hardt A et al. PPG signal acquisition and analysis on in vitro tooth model for dental pulp vitality assessment. *ARC*. 2012;16: 1-5.

Setzer FC, Kataoka SHH, Natrieli F, Gondim-Junior E, Caldera CL. Clinical Diagnosis of Pulp Inflammation Based on Pulp Oxygenation Rates Measured by Pulse Oximetry. *J Endod*. 2012 Jul;38(7):880-3.

Setzer FC, Challagulla P, Kataoka SHH, Trope M. Effect of tooth isolation on laser Doppler readings. *Int Endod J*. 2013;46:517-22.

Setzer FC, Kataoka SHH, Natrielli F, Gondim-Junior E, Caldeira CL. Clinical Diagnosis of Pulp Inflammation Based on Pulp Oxygenation Rates Measured by Pulse Oximetry. *JOE*. 2012 July;38 (7):880-3.

Seltzer S, Bender IB, Nazimov H: "Differential Diagnosis of pulp Conditions. O Surg, O Med O Pathol. 1965;19:383-91.

Shahi P, Sood PB, Sharma A, Madan M, Shahi N, Gandhi G. Comparative Study of Pulp Vitality in Primary and Young Permanent Molars in Human Children with Pulse Oximeter and Electric Pulp Tester. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2015;8(2):94-8.

Souza SFC, Thomaz CPS. Healthy Dental Pulp Oxygen Saturation Rates in Subjects with Homozygous Sickle Cell Anemia: A Cross-Sectional Study Nested in a Cohort. *J Endod.* 2017;43:1997-2000.

Spitzer D, Bosch JJT. The Absorption and Scattering of Light in Bovine and Human Dental Enamel. *Calcif Tiss Res.* 1975;17:129-37.

Stella JPF, Barletta FB, Giovanella LB, Graziotin-Soares R, Tovo MF, Felipe WT, et al. Oxygen Saturation in Dental Pulp of Permanent Teeth: Difference between Children/Adolescents and Adults. *J Endod.* 2015;41(9):1445-9.

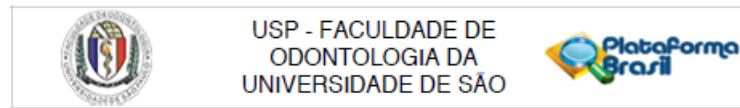
Tamura T, Maeda Y, Sekine M, Yoshida M. Wearable Photoplethysmographic Sensors – Past and Present. *Electronics.* 2015;3:282-302.

Trowbridge H, Kim S. Pulp development, structure and function. In: Cohen S, Burns RC, Eds. *Pathways of the Pulp*, 7th ed. St. Louis, MO: Mosby;1998. P.386–424.

Upthegrove DD, Bishop JG, Dorman HL. A method for detection of blood flow in the dental pulp. *J Dent Res.* 1966;45:1115-9.

Zijlstra WG. A manual of reflection Oximetry. *Anesthesiology.* 1960 Jul;21(4):444.

## ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE OXIMETRIA REFLEXIVA COM FIBRA ÓPTICA PARA AVALIAR SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO

**Pesquisador:** VANESSA MOREDO ALONSO

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 00254818.0.0000.0075

**Instituição Proponente:** Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.065.720

## Apresentação do Projeto:

O correto diagnóstico da condição pulpar é indispensável para seleção do tratamento adequado. Os recursos mais utilizados para identificar a saúde da polpa dentária, são testes subjetivos, e podem ser qualificados como testes de sensibilidade. Os testes de sensibilidade, apresentam limitações importantes, pois avaliam a resposta nervosa sensorial à aplicação de estímulos e dependem da percepção dolorosa do paciente. Considerando a necessidade de superar as limitações dos testes de sensibilidade, novos recursos para diagnosticar a vitalidade pulpar tem sido propostos. Dentre os novos recursos o oxímetro foi incorporado à prática endodôntica.

## Objetivo da Pesquisa:

Validar o método de avaliar a saturação de oxigênio em dentes, utilizando sonda reflexiva de fibra óptica, e avaliar a confiabilidade e a praticidade deste novo recurso de oxímetro, e adaptá-lo para o uso odontológico. Analisando o potencial da fibra óptica, na tomada de SpO2, in vitro, simulando diversas condições de inflamação pulpar, com soluções coradas e sangue suíno com diferentes concentrações de oxigênio, hipotetizando que a nova tecnologia possa captar sinais oriundos da polpa dental sem interferência da estrutura dental e dos tecidos periodontais.

## Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos por se tratar de pesquisa com dentes extraídos.

**Benefícios:** Uma sonda de oximetria dental permitiria uma análise objetiva, segura, rápida e indolor

**Endereço:** Av Prof Lineu Prestes 2227  
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 05.508-900  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)3091-7960 **Fax:** (11)3091-7814 **E-mail:** cepto@usp.br





USP - FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 3.065.720

das condições inflamatórias da polpa dental, sem interferências dos tecidos periodontais.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa é bastante interessante e seus resultados poderiam facilitar o diagnóstico de pulpites.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Foram apresentados:

- Projeto completo
- Autorização da CEUA
- Autorização do banco de dentes

**Recomendações:**

Tendo em vista a legislação vigente, devem ser encaminhados ao CEP-FOUSP relatórios parciais anuais referentes ao andamento da pesquisa e relatório final, utilizando-se da opção "Enviar Notificação" (descrita no Manual "Submeter Notificação", disponível na Central de Suporte - canto superior direito do site [www.saude.gov.br/plataformabrasil](http://www.saude.gov.br/plataformabrasil)).

Qualquer alteração no projeto original deve ser apresentada "emenda" a este CEP, de forma objetiva e com justificativas para nova apreciação.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há pendências.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_P ROJETO_12096889.pdf	30/11/2018 20:46:31		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao_de_anuencia.pdf	26/11/2018 22:18:23	VANESSA MOREDO ALONSO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.doc	26/11/2018 22:10:04	VANESSA MOREDO ALONSO	Aceito
Declaração de Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	CEUA.pdf	03/10/2018 22:06:46	VANESSA MOREDO ALONSO	Aceito
Declaração de	BancodeDentes.pdf	03/10/2018	VANESSA MOREDO	Aceito

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227  
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900  
 UF: SP Município: SAO PAULO  
 Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br



USP - FACULDADE DE  
ODONTOLOGIA DA  
UNIVERSIDADE DE SÃO



Continuação do Parecer: 3.065.720

Manuseio Material Biológico / Biorepositório / Biobanco	BancodeDentes.pdf	22:06:14	ALONSO	Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRosto.pdf	03/10/2018 21:43:22	VANESSA MOREDO ALONSO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 07 de Dezembro de 2018

---

Assinado por:  
**Maria Gabriela Hays Biazevic**  
(Coordenador(a))

Endereço: Av Prof Lineu Prestes 2227  
Bairro: Cidade Universitária CEP: 05.508-900  
UF: SP Município: SAO PAULO  
Telefone: (11)3091-7960 Fax: (11)3091-7814 E-mail: cepfo@usp.br