

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA

NATASHA SEGALLA BUENO

**DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO PULPAR  
POR MEIO DA OXIMETRIA DE PULSO E DA FLUXOMETRIA LASER DOPPLER:  
REVISÃO DE LITERATURA**

Porto Alegre

2017

NATASHA SEGALLA BUENO

**DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO PULPAR  
POR MEIO DA OXIMETRIA DE PULSO E DA FLUXOMETRIA LASER DOPPLER:  
REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Cirurgiã-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. Régis Burmeister do Santos

Porto Alegre

2017

### CIP - Catalogação na Publicação

Segalla Bueno, Natasha

DIAGNÓSTICO DA CONDIÇÃO PULPAR POR MEIO DA  
OXIMETRIA DE PULSO E DA FLUXOMETRIA LASER DOPPLER:  
REVISÃO DE LITERATURA / Natasha Segalla Bueno. --  
2017.

33 f.

Orientador: Régis Burmeister do Santos.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade  
de Odontologia, Curso de Odontologia, Porto Alegre,  
BR-RS, 2017.

1. Oximetria de Pulso. 2. Fluxometria Laser  
Doppler. 3. Diagnóstico endodôntico. 4. Endodontia. I.  
Burmeister do Santos, Régis, orient. II. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pela oportunidade de realizar o meu sonho. Sei que não foram fáceis esses cinco anos fora de casa. Sei que houve muitos sacrifícios da parte de vocês para que nada me faltasse. Obrigada por todo apoio e amor que vocês me deram.

Ao meu orientador, Prof. Régis, por guiar meus passos incertos na construção deste trabalho, pela paciência, gentileza e amizade.

Aos demais mestres que dividiram seus conhecimentos e possibilitaram a construção de uma profissional que entende além da técnica, como também do lado humano dos pacientes.

Ao meu namorado Thiago, que me deu apoio e incentivo nos dias corridos e cansados, sempre acreditando no meu potencial.

Aos meus amigos de Caxias do Sul, que entenderam minha ausência nos finais de semana, com as provas e trabalhos por fazer. Obrigada por manter aquela amizade do colégio ainda viva, mesmo que à distância.

Aos meus amigos de Porto Alegre, que se tornaram minha família aqui e me acolheram tão bem, principalmente Eduarda Hilgert e, minha dupla da Faculdade, Eduarda Maria de Silvestre. Dividiram os momentos mais difíceis da graduação comigo, compartilharam alegrias, lágrimas, festas, plantões pré-provas, angústias, ansiedade sempre com bom humor.

Aos demais familiares e amigos que percorrem esse caminho comigo e torceram pelo meu sucesso profissional e pessoal.

## RESUMO

O diagnóstico em Endodontia possui muitas variáveis clínicas. Com o auxílio dos dados obtidos na anamnese, análise dos sinais clínicos e dos resultados de testes auxiliares, pode-se chegar a um correto plano de tratamento. Hodiernamente, utilizam-se na prática clínica testes que avaliam a resposta neural a estímulos, de modo que muitas vezes não refletem o estado atual da polpa. Testes auxiliares que avaliam a circulação sanguínea, como a Oximetria de pulso, fluximetria laser Doppler, espectrometria por duplo comprimento de onda e a fotopletismografia, estão sendo introduzidos na prática odontológica. Esse estudo visa revisar na literatura a eficácia, as limitações e as vantagens da oximetria de pulso e da fluxometria laser Doppler, através de uma revisão da literatura nas bases PubMed, LILACS e Portal Capes. Os dados colhidos da literatura sugerem que ambos os testes são eficazes para diagnóstico da condição pulpar, entretanto é necessário cautela na interpretação dos seus resultados, devido a interferências externas e outras variáveis.

Palavras-chave: Diagnóstico pulpar. Endodontia. Oximetria de pulso. Fluxometria laser Doppler.

## **ABSTRACT**

Endodontic diagnosis has many clinical variables. With the aid of the data obtained in the anamnesis, analysis of clinical signs and the results of auxiliary tests, a correct treatment plan can be obtained. Tests that evaluate a neural response to stimuli are often used in clinical practice, so they often do not reflect the actual state of the pulp. Auxiliary tests that evaluate blood circulation, such as pulse oximetry, laser Doppler fluoxymetry, double wavelength spectrometry and a photoplethysmography, are being introduced into dental practice. This study aims to review the efficacy, as limitations and as advantages of pulse oximetry and Doppler laser flowmetry, in the literature through a review of the literature in the PubMed, LILACS and Portal Capes databases. The data collected from the literature suggest that both tests are effective for diagnosis of the pulp condition, however caution is required in the interpretation of its results due to external interferences and other variables.

Keywords: Pulp diagnosis. Endodontics. Pulse oximetry. Laser Doppler flowmetry.

## LISTA DE ABREVIATURAS

CN: Controle negativo

CP: Controle positivo

F: Fluxo

F (%): Variação percentual do fluxo

FLD: Fluxometria Laser Doppler

HeNe: Hélio-Neônio

Hz: Hertz

kHz: Quilohertz

mW: Megawatts

Nm: Nanômetro

NP: Necrose pulpar

OP: Oximetria de Pulso

PI: Pulpite irreversível

PR: Pulpitereversível

UA: Unidades arbitrárias

UP: Unidade de perfusão

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>07</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	10
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>11</b>
<b>4. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
4.1 OXIMETRIA DE PULSO.....	12
4.2 FLUXOMETRIA LASER DOPPLER.....	20
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Para definir um diagnóstico ou para elencar hipóteses diagnósticas é necessário não somente a história da doença atual e os sintomas relatados, como também, o conhecimento teórico e informações colhidas por exames clínicos e radiográficos. Além disso, deve-se levar em conta a interpretação dos sinais e sintomas, o que pode ser um desafio pela subjetividade dos diversos aspectos apresentados, principalmente em Endodontia, onde muitas vezes o quadro de dor já está instalado, podendo levar a uma resposta superestimada do paciente aos testes auxiliares e interpretações de exames rotineiros de forma equivocada.

O diagnóstico em Endodontia, mormente quando se trata de doenças da polpa, reveste-se de grande dificuldade pela sua situação anatômica e pelas modificações de expressão da dor considerando o sítio onde está localizada a alteração.

O exame clínico, a inspeção e a exploração são muito importantes para localizar a origem de sintomas e sinais da queixa do paciente. Procura-se por lesões de cárie, fístulas, restaurações (avaliando-se integridade, extensão, adaptação e profundidade), mobilidade, dentre outros (SOARES; GOLDBERG, 2011). O teste clínico ideal seria aquele que fosse objetivo, eficaz, confiável, passível de ser reproduzido por qualquer profissional e sem causar dor ao paciente. Já é muito bem sedimentado o uso de testes auxiliares – teste elétrico, térmicos (frio e calor), percussão, palpação apical - além de exames complementares como as radiografias. Porém os testes auxiliares devem ter seus resultados interpretados com cautela, sempre com respaldo das informações provindas da anamnese e do exame clínico e radiográfico.

O teste elétrico baseia-se na aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade e alta frequência sobre o esmalte da coroa dentária. Ele demonstra que algumas fibras na polpa são capazes de responder a estímulos e não denota a vitalidade pulpar. Algumas considerações devem ser feitas, como por exemplo, isolamento adequado do dente a ser testado e uso de meio de condução de corrente adequado. O teste elétrico não é recomendado em dentes com coroas protéticas ou bandas ortodônticas (LIN; CHANDLER, 2008). Os resultados do teste elétrico são mais precisos quando há ausência de resposta, geralmente quando a polpa está necrótica, como demonstrado em estudo de Petersson et al. (1999) onde o valor preditivo de necrose encontrado foi de 88%.

Muitos materiais podem ser usados em testes térmicos. Para o teste com o calor é utilizado bastão de guta-percha aquecida. Para testes com frio são utilizados o gelo, o dióxido de carbono congelado ou spray refrigerante. Brannstrom (1986), em seu estudo, concluiu que

as respostas aos testes térmicos se devem à movimentação do fluido dos túbulos dentinários que estimulam as terminações nervosas presentes no complexo dentino-pulpar. No trabalho de Silva (2012), os resultados utilizando o teste de sensibilidade ao frio apresentaram a sensibilidade de 94% (dentes com necrose pulpar foram identificados como necrosados) e de 75% de especificidade (dentes com vitalidade pulpar foram identificados como vitais), nos testes com o calor a sensibilidade foi 94% e a especificidade 58%.

Testes de percussão vertical e horizontal são feitos com toques leves sobre a coroa, com instrumento de ponta romba, que não objetivam verificar se polpa está ou não vital, mas sim, auxiliar na identificação de uma alteração tecidual periapical, originada de uma inflamação no ligamento periodontal devido à infecção bacteriana nos canais radiculares.

A palpação digital é feita sobre os tecidos moles e duros e objetiva examinar saliências, edemas, flutuações e sensibilidade da região. Como nos demais testes, como no teste de percussão, é interessante repetir o teste em outra região para servir de controle e comparação de tecidos homólogos e adjacentes (LEONARDO, 2011).

As radiografias também são um recurso que auxiliam muito na obtenção de informações. Nelas podemos observar a região periapical, integridade da lâmina dura, região de furca, variações da anatomia de raízes e/ou condutos radiculares, lesões de cárie e reabsorções dentinárias. Muitas vezes é necessária a realização de mais de uma tomada radiográfica, com diferentes incidências e angulações para dissociação.

Métodos não invasivos são estudados e aplicados nos últimos anos e avaliam não a condição sensitiva da polpa por meio da resposta neural, mas, sim, sua vascularização, tendo em vista que ela é responsável pela manutenção da vitalidade do tecido. Dentre esses exames estão a oximetria de pulso, laser Doppler, fotopletismografia e espectrometria de comprimento de onda dupla.

A fotopletismografia é usada desde 1937 e tem sido comparada com o laser Doppler, com resultados semelhantes, segundo Tyagi et al. (2012). Depende de uma fonte de luz e um fotodetector que meça pequenas variações na luz associadas à perfusão e captação de volume. Esse efeito ocorre devido à absorção da luz feita pela hemoglobina e o restante de luz incidindo sobre o fotodetector, evidenciando as mudanças na microcirculação.

A espectrometria de comprimento de onda dupla, assim como a oximetria de pulso, determina o nível de saturação de oxigênio utilizando dois comprimentos de onda (760nm e 850 nm) (ELMIGUID, 2009). Em estudo *in vitro* Nissan et al. (1992) sugerem que este pode ser um bom teste para vitalidade pulpar, uma vez que identificou câmaras pulpares vazias, cheias de sangue oxigenado e com tecido pulpar em modelos de dentes de humanos e de cães.

O teste com oximetria de pulso consiste em dois diodos emissores de luz, um deles transmitindo luz infra-vermelha e outro luz vermelha, e um fotodetector no lado oposto ao tecido a ser analisado. A absorção da luz infra-vermelha é feita pela hemoglobina oxigenada e a luz vermelha pela hemoglobina desoxigenada. A diferença entre a absorção de luz vermelha e infravermelha é analisada e convertida pelo oxímetro para determinar a saturação de sangue arterial. Em comparação aos testes térmicos e elétricos em dentes permanentes recentemente traumatizados, a oximetria de pulso indicou vitalidade pulpar desde o dia 0 até 6 meses de acompanhamento, enquanto a proporção de dentes vitais avaliados com testes térmicos e elétricos aumentaram de zero no dia 0 para 29.4% no 28º dia, 82.35% em 2 meses e 94.11% em 3 meses (GOPIKRISHNA, 2007). No estudo de Gopikrishna (2007), comparando testes auxiliares de diagnóstico pulpar, a precisão foi de 86% para o teste térmico (frio), 81% para o teste elétrico e 97.5% para o teste com oximetria de pulso.

O laser Doppler utiliza um feixe de comprimento de onda próximo ao infravermelho e outro feixe de luz vermelha direcionado à coroa, que guiam-se através dos túbulos dentinários, por um eletrodo adaptado de fibras ópticas. Através da coroa, o feixe detecta o movimento das hemácias no tecido pulpar. O sinal transmitido é a velocidade (fluxo) destas células, medido em “unidades de perfusão” (1 UP = 10 mV), segundo European Laser Dopplers Users’ Groups. No estudo de Evans (1999), o laser Doppler, comparando com testes de sensibilidade (elétrico e cloreto de etila) em dentes traumatizados, a sensibilidade e especificidade encontradas foi de 1.0. Apesar de os outros testes terem mostrado alta especificidade (0.97-1), foram encontrados valores baixos para sensibilidade (0.13-0.49), mostrando que o laser Doppler teve mais eficácia no diagnóstico e mais confiabilidade do que os outros testes.

Em alguns casos, a deposição de dentina secundária na câmara pulpar e nos canais radiculares em idosos ou dentina secundária depositada como sendo uma seqüela de trauma impossibilita ou dificulta a resposta ao estímulo, como demonstrado no estudo de Ehrmann, em 1977, onde o teste térmico para avaliar a vitalidade pulpar não foi efetivo. O estresse pós-traumático pulpar em dentes recém traumatizados pode levar a uma resposta falsa-negativa aos testes de sensibilidade quando realizados logo após o trauma.

Em Endodontia, o diagnóstico é concluído mais por sugestão de achados clínicos do que pela certeza da condição pulpar, dado este que só seria determinado histologicamente - o que é inviável na prática clínica. Para um bom e correto diagnóstico que conduza a um adequado plano de tratamento, é fundamental que os exames realizados sejam os mais próximos possíveis da realidade para evitar retratamentos ou acidentes.

Assim, tendo em vista que o ideal seria avaliar objetivamente o estado da polpa dental por meio da avaliação da circulação sanguínea, e não por meio da resposta neural a estímulos, justifica-se a importância do profissional reconhecer novos métodos para determinação do diagnóstico de vitalidade pulpar para conduzir a um adequado plano de tratamento.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho é uma revisão da literatura onde o objetivo é levantar dados sobre a eficiência no diagnóstico clínico da condição pulpar realizado através da avaliação da circulação sanguínea, visando facilitar a decisão sobre o tipo de tratamento a ser instituído.

### **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Buscar na literatura pesquisas que investigaram equipamentos e técnicas de aplicação da oximetria de pulso e da fluxometria laser Doppler para diagnóstico pulpar.

### 3 METODOLOGIA

Foram identificados os descritores controlados e não controlados na base da BIREME (DeCS – Descritores em Ciências da Saúde) e selecionadas as palavras-chaves para busca. Os descritores que constam na base da BIREME utilizados foram:

Controlados: *laser Doppler flowmetry, pulse oximetry, pulp diagnosis, endodontics.*

Não-controlados: *vitality tests.*

Como critérios de inclusão foram consideradas publicações entre os anos 1970 e 2016, incluindo artigos de periódicos, relatos de caso, teses, monografias e dissertações, na língua portuguesa e inglesa. Os critérios de exclusão incluíam publicações duplicadas e em outras línguas excetuando portuguesa e inglesa.

A busca foi realizada nas seguintes bases de dados disponíveis na internet: PubMed, Portal CAPES e Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). Posteriormente, a literatura foi analisada e inserida no trabalho de acordo com a pertinência do assunto e objetivo do trabalho.

## 4 REVISÃO DA LITERATURA

A Odontologia, de modo geral, e a Endodontia, em particular, enfrentam, frequentemente, a difícil tarefa de identificar a real condição pulpar, se há vitalidade, se haverá ou não alteração da normalidade, se será possível a sua recuperação ou a necrose total será o seu destino?

O correto diagnóstico da condição da polpa dental é essencial para conduzir a um adequado tratamento. Pelo fato da polpa ser um tecido conjuntivo isolado pela dentina e esmalte, são necessários recursos auxiliares no diagnóstico endodôntico, que não podem incluir nos protocolos clínicos a inspeção direta ao âmago câmara pulpar. Além dos testes auxiliares utilizados rotineiramente, como os testes térmicos, elétricos e de cavidade, novos métodos tem sido empregados para auxiliar no diagnóstico, entre eles a oximetria de pulso (OP) e a fluxometria laser Doppler (FLD).

Os testes de sensibilidade comumente utilizados são subjetivos e indiretamente avaliam a sensibilidade pulpar através de estímulos de resposta neural das fibras, porém não definem a integridade pulpar. O sistema nervoso é resistente a inflamação, podendo ainda gerar reações mesmo quando os tecidos já estão degenerados, levando a respostas falso-positivas da polpa. Exemplo disso são os dentes com ápice aberto e recentemente traumatizados podem gerar uma resposta falso-negativa (ELMEGUID; YU, 2009). Além disso, esses testes abrem espaço para outras interpretações do profissional e dependem da reação do paciente, levando, muitas vezes, a resultados equivocados.

A OP e FLD avaliam a circulação sanguínea do tecido, condição necessária para existir vitalidade pulpar.

### 4.1 OXIMETRIA DE PULSO

A oximetria de pulso foi introduzida por Takuo Aoyagi, em 1972 no Japão, com primeiro objetivo de monitoramento cardíaco. Pode ser utilizada em pacientes de qualquer idade, em ambientes hospitalares e ambulatoriais. Em Medicina está indicada para monitoramento durante anestesia geral, visando o controle de sinais vitais durante procedimentos com sedação ou cirurgias orais. Na Odontologia, é um teste mais preciso de diagnóstico pulpar, tendo em vista que avalia a circulação sanguínea, que é vital para a manutenção da saúde da polpa. A OP tem uma importância considerável no diagnóstico pulpar de dentes recém traumatizados.

Trata-se de um teste indolor, um recurso auxiliar objetivo de diagnóstico da vitalidade pulpar que registra a condição atual da polpa dental por meio da circulação sanguínea. Por ser um método não invasivo, tem sido bem aceito pelos pacientes, tendo em vista que não provoca dor para determinar diagnóstico pulpar (SCHNETTLER; WALLACE, 1991).

Preferencialmente, as medições devem ser feitas em partes extremas do corpo como dedos das mãos ou pés, nariz, lóbulos das orelhas entre outros. Há algumas limitações no uso deste teste, como a movimentação do paciente durante o exame, anemia, meta-hemoglobina, interferências de outras fontes luminosas, entre outros. O parâmetro de mensuração da saturação de oxigênio na avaliação da vitalidade pulpar é o mesmo valor da taxa de saturação de oxigênio no sangue arterial obtido através da medição feita no dedo do paciente (SAYLER, 2003). Atualmente, não há equipamentos específicos para medição da saturação de oxigênio de uso odontológico, porém acopla-se ao sensor utilizado nos dedos algum outro material, entre eles, odontológicos como silicón de condensação, para o sensor se adaptar melhor ao tamanho e formato das coroas dentárias (RESENDE, 2011).

A determinação da concentração de sangue arterial é calculada utilizando a Lei de Beer-Lambert, que relaciona a absorção e transmissão de luz que passa através de um meio material e a sua concentração (no caso, o oxigênio presente nas hemoglobinas). O princípio da oximetria de pulso é a absorção de diferentes comprimentos de onda (luz vermelha e infravermelha) feita pelas hemoglobinas, de acordo com o nível de oxigênio presente dentro delas. A hemoglobina que está saturada de oxigênio (sangue arterial ou oxihemoglobina) absorve a luz infravermelha, que se encontra na faixa de 850 – 1000nm. A hemoglobina com menos oxigênio (sangue venoso ou desoxihemoglobina) absorve luz vermelha (600 – 750nm), deixando a luz infravermelha atravessá-la. (CONSELHO REGIONAL DE ENFERMAGEM, 2009).

Todos equipamentos possuem dois diodos emissores de luz (LEDs) vermelha e infravermelha e um diodo receptor de luz, que capta a diferença de absorção e de não absorção dos comprimentos de onda. Essas mudanças na absorção de luz vermelha e infravermelha são captadas e analisadas pelo equipamento que processa os dados demonstrando o valor do sangue arterial da região do sensor.

Jafarzedeh e Rosenberg, em 2009, ressaltaram em seu estudo algumas limitações inerentes ao paciente como o excesso de dióxido de carbono no sangue que pode interferir nos valores da hemoglobina desoxigenada; aumento da acidez decorrente de uma inflamação que causa desoxigenação da hemoglobina e mudança nos valores de saturação de oxigênio no sangue; desordens nas hemoglobinas e movimentação do corpo podem contribuir para leituras

de valores equivocados. Há limitações derivadas do ambiente, como interferências luminosas; interferências no próprio sensor, por causa da dificuldade de adaptação às características anatômicas dos dentes pois, caso contrário, se o sensor não adaptar no tamanho e formato da coroa, os resultados podem não serem obtidos; dentes com extensas restaurações não são indicados para esse tipo de teste.

Ciobanu, Ion e Ungureamu (2012) fizeram um estudo onde o objetivo foi avaliar a eficiência na determinação da vitalidade pulpar utilizando a oximetria de pulso. Um grupo controle de 40 dentes tratados endodonticamente foi utilizado, além de 120 dentes, de pacientes entre 20 e 40 anos de idade. Primeiramente, os valores da saturação de oxigênio foram medidos nos dedos dos pacientes, e após foi adaptado o sensor posicionando-o no dente. Os valores da saturação foram registrados 30 segundos após a adaptação do sensor. As análises encontraram valores de saturação de oxigênio de 83.30% em incisivos centrais superiores, 78.51% em incisivos laterais superiores, 84.56% em caninos superiores, 97% nas medições nos dedos e 0 no grupo controle. Os valores encontrados nesse estudo concordam com outros já publicados. Concluiu-se que além da OP ser um instrumento de diagnóstico efetivo, é um método melhor para avaliação da vitalidade pulpar do que os métodos que testam a inervação da polpa.

Os resultados falsos-positivos são em menor número do que comparado aos testes de frio, elétrico e taça de borracha (calor), de acordo com os valores encontrados com oximetria de pulso no estudo de Dastmalchi, Jafarzadeh, Moradi(2012). Vinte e quatro pacientes foram avaliados para comparação entre testes para diagnóstico pulpar, sendo eles a oximetria, teste elétrico, teste térmico (frio) e taça de borracha. Foi considerada normal a saturação de oxigênio com valores entre 86% e 100%. Todos os dentes selecionados tinham o ápice fechado, não apresentavam sintomas ou sinais de necrose, não tinham cáries ou restaurações extensas. Todos os dentes foram submetidos aos quatro testes, e após alguns dias, foi realizado o tratamento endodôntico, onde através da abertura da câmara pulpar pode-se ter certeza da vitalidade dos mesmos através da inspeção visual direta. No estudo de Dastmalchi, Jafarzadeh e Moradi (2012), nenhum falso-positivo foi obtido pela OP, enquanto os outros três testes apresentaram esse resultado. Os quatro testes mostraram respostas falso-negativa, sendo com a oximetria de pulso 1 (um) dente da amostra apresentou esse resultado. Neste estudo, os testes de sensibilidade térmicos e elétrico tiveram pouca concordância de resultados. O teste com maior sensibilidade foi a OP, enquanto o com menor sensibilidade foi o teste térmico com o frio. Houve pouca concordância entre os testes elétrico e térmico em relação ao padrão-ouro utilizado no estudo (inspeção direta). Os autores concluíram que a

oximetria parece ser uma ferramenta para diagnóstico mais confiável para avaliação da vitalidade pulpar do que os testes convencionais.

Sadique et al. (2013), utilizaram uma amostra que contou com 60 pacientes, que foram separados em três grupos: I - incisivos centrais superiores, II - incisivos laterais superiores, III - caninos superiores. Como critério de inclusão, não poderiam ter cáries, fraturas, alterações periapicais visíveis radiograficamente e deveriam apresentar boa saúde periodontal. Foi usado um grupo controle de 30 dentes tratados endodonticamente. O objetivo do estudo foi avaliar a acurácia da oximetria de pulso em determinar vitalidade pulpar. Todos os pacientes tiveram mensurada a saturação de oxigênio primeiramente no dedo, e depois no dente, utilizando o mesmo sensor. A saturação de oxigênio encontrada nos grupos foi de 85.11 para grupo I, 80.21 para grupo II e 89.55 para grupo III, e 0% de saturação no grupo controle. O OP se mostrou uma boa ferramenta para avaliar a condição pulpar. Nesse estudo, os autores citam que os resultados obtidos, vão ao encontro aos achados de Gopikrishna et al. (2006), onde os valores obtidos foram 79.31 para incisivos centrais superiores, 79.61 para incisivos laterais superiores e 79.85 para caninos superiores.

Setzer et al. (2012) avaliaram a correlação entre saturação de oxigênio encontrado na polpa e diagnósticos clínicos de pulpite reversível, pulpite irreversível e necrose pulpar. Para a amostra, 58 pacientes, entre 25 e 55 anos, foram examinados e baseados nos achados clínicos e radiográficos. A amostra foi dividida em 4 grupos: saúde pulpar (controle positivo - CP), pulpite reversível (PR), pulpite irreversível (PI), necrose pulpar (NP). Um grupo de controle negativo (CN) foi utilizado com dentes endodonticamente já tratados. Antes de examinar os dentes com o oxímetro de pulso, foram medidas as saturações de oxigênio nos dedos dos pacientes. Três dentes de cada paciente foram examinados, entre molares e pré-molares, sendo 1 do grupo teste e 2 para o grupo controle. Todos os grupos de teste (PR, PI, CN) tiveram menor oxigenação do que os dentes com saúde pulpar, explicam-se os resultados menores em PR e PI devido ao próprio estado inflamatório da polpa. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre os grupo PR – PI; PR – NP; PR - CN; PR - CP; CN – CP; NP – CP; PI – NP; PI – CN; PI – CP e PI – NP. Os valores para saturação nos dedos e em polpas saudáveis foram maiores do que os achados em estudos prévios, provavelmente devido ao tipo de aparelho, onde o sensor foi ajustado na intensidade baixa de luz, tendo assim uma melhor penetração tanto em tecidos moles como nos duros, resultando em leituras de valores mais altos de oxigenação. A OP se mostrou ser um teste objetivo e eficaz para determinar o grau do processo patológico pulpar, tendo em vista as diferenças significativas encontradas nos valores de oxigenação e os achados clínicos.

Calil et al. (2008) avaliaram o oxímetro de pulso como teste de vitalidade em dentes sem sinais clínicos de inflamação e comparou estes resultados com os níveis de saturação obtidos na medição nos dedos dos mesmos pacientes. Trinta e dois dentes incisivos centrais superiores foram analisados e 32 caninos superiores de 17 pacientes. Dez dentes tratados endodonticamente foram usados no grupo controle. Os dentes foram testados com teste térmico (frio) previamente à medição com oxímetro. A captação de perfusão obtida nos dedos foi maior que nos dentes, fazendo com que fosse necessário ampliar o sinal 2.5 vezes. O potencial do oxímetro de pulso em avaliar a vitalidade pulpar foi confirmado em dentes sem sinais clínicos de inflamação. Os valores de saturação encontrados nos dedos foram de 95%; nos incisivos de 91.29%, caninos 90.69% e 0% no grupo controle. Não houve diferenças significativas entre os valores de saturação obtida nos dedos e nos dentes, como não houve diferença significativa nos valores de saturação de oxigênio entre incisivos e caninos.

Pela capacidade do oxímetro avaliar a polpa através da circulação sanguínea e não pela resposta neural como nos testes de sensibilidade utilizados normalmente, é um recurso muito útil para diagnóstico naqueles dentes que perderam a função sensorial devido a traumatismos, por exemplo, ou em situações de rizogênese incompleta.

O diagnóstico de necrose pulpar após uma luxação, ou algum outro tipo de traumatismo, é tradicionalmente por meio de radiografias (alterações no periápice e no ligamento periodontal), alteração da cor coronária e na evolução da sensibilidade pulpar, através de testes térmicos e elétricos, ao longo do tempo. Há algumas limitações no uso desses testes em dentes recém traumatizados, uma vez que nessas situações as fibras nervosas podem não responder aos testes de sensibilidade, porém ainda mantendo um tecido vascular preservado e vital. Além da falta de respostas a esses estímulos, fatores como medo, ansiedade e antecipação da dor podem levar a falsas respostas e causar desconforto ao paciente (CALDEIRA et al., 2016).

Inflamação do tecido, pressão ou tensão das fibras nervosas causada pelo trauma, podem reduzir a resposta neural a estímulos externos devido ao estresse pós-traumático e levar a uma resposta falso-negativa. Bhaskarand e Rappaport, em 1973, testaram 25 dentes de indivíduos diferentes com teste elétrico e térmico (calor e frio) em dentes com histórico de trauma variando o período de 6 meses a 10 anos após o acidente. Nenhum dos dentes respondeu aos testes e na radiografia não havia sinais de lesão periapical. Durante a abertura da câmara pulpar, observou-se que todos tinham sangramento pulpar normal, ou seja, com polpas vitais. Com esse achado, pode-se concluir que um trauma severo pode comprometer a função sensorial sem alterar a circulação sanguínea da polpa. Os autores sugerem que todos os

dentes que sofreram traumatismos, na ausência de fístula, abscesso dento-alveolar ou radiolucidez na região periapical, devem ser considerados dentes vitais, mesmo na ausência de resposta aos testes convencionais, por conseguinte, o tratamento endodôntico deveria ser adiado até ser obtido um diagnóstico conclusivo de necrose pulpar.

No estudo de Gopikrishna et al., em 2007, resultados falso-positivos não ocorreram quando dentes recém traumatizados foram avaliados com a oximetria, desde o “dia zero” até 6 meses após o trauma, no estudo. Houve diferença significativa para os resultados dos testes térmicos e elétricos no dia zero até o 28º dia, quando a vitalidade pulpar foi detectada. Após 2, 3 e 6 meses, não houve diferença entre os três testes. Nesse estudo, 17 dentes foram avaliados com o oxímetro, testes elétrico e térmico, no dia referente ao trauma (dia 0), dia 2, dia 4, dia 7, dia 15, dia 21, dia 28, após 2 meses, 3 e 6 meses. Um grupo controle positivo foi utilizado com 30 dentes vitais, sem cáries, sem fraturas, alterações radiográficas e completa formação do ápice.

No estudo de Abrão (2006), 59 dentes permanentes de 26 pacientes foram avaliados após traumatismo por luxação e após ausência de resposta ao teste térmico frio. Foram mensuradas a oxigenação inicialmente no dedo indicador de cada paciente, após, com o mesmo sensor, nos dentes traumatizados, em três tempos experimentais (0, 30 e 60 dias). Um grupo controle de dentes tratados endodonticamente não apresentou resposta ao oxímetro. Com o oxímetro foi possível detectar, pela identificação da circulação de sangue oxigenado, a viabilidade pulpar, enquanto outros testes são imprecisos na avaliação da polpa de dentes traumatizados. Em dez dentes devido a uma provável necrose pulpar ou por baixos índices de hemoglobina oxigenada não houve leitura pelo aparelho. Nesse estudo, a OP foi eficiente no diagnóstico pulpar.

A avaliação da condição pulpar após o trauma dental por meio de testes de sensibilidade (térmico frio e quente e elétrico), teste de vitalidade (oximetria de pulso) foi o objetivo da pesquisa de Resende (2011). Foram examinados 71 dentes permanentes traumatizados e 79 dentes colaterais. Os pacientes foram submetidos, além dos testes de sensibilidade e vitalidade, ao exame radiográfico. Dentes que na radiografia já apresentavam tratamentos endodôntico foram utilizados como grupo controle. Dentes colaterais aos que sofreram traumatismo dento-alveolar foram usados como grupo controle positivo. As medições com o oxímetro foram realizadas nos dedos indicadores dos pacientes, e em seguida nos dentes, sendo repetido três vezes em cada dente. Foram considerados como vitais aqueles que obtinham saturação de oxigênio acima de 79%. Todos os dentes do grupo controle negativo do trabalho de Resende (2011) apresentaram respostas negativas aos testes térmicos

e elétrico e valores abaixo de 79% na oximetria. Houve resultados falso-positivos em 10,7% do teste frio, 10,7% no teste de calor, 10,5% no teste elétrico e 6,5% no teste com oxímetro. A falha na determinação do diagnóstico com oxímetro de pulso pode ser explicada pela falta de adaptação do sensor, interferência do tecido periodontal, interferência do ambiente (interferência luminosa), movimento do paciente ou do operador. Resende validou o oxímetro de pulso, onde esse teste apresentou menos erros de diagnóstico em relação à condição da polpa em dentes traumatizados, além de ser um teste objetivo, indolor, independente da subjetividade do paciente ao estímulo.

Caldeira et al. (2016) analisaram 59 dentes, de 46 pacientes de idade entre 14-42 anos, que sofreram luxação lateral (sem fratura óssea), 2-7 dias após o trauma, que não respondiam ao teste térmico frio, dados foram comparados aos estudos de Setzler et al., de 2011, onde a mensuração de oxigênio mínima para determinar vitalidade pulpar foi 90%; valores entre 78% a 89% indicava pulpíte e valores abaixo de 70% indicavam necrose pulpar. Inicialmente na amostra do estudo de Caldeira et al. foi mensurada a oxigenação dos dentes de cada paciente, e após em cada dente traumatizado e no dente contralateral, o qual já havia respondido ao teste térmico. Os testes foram repetidos 30 e 60 dias após o trauma, e acompanhados a cada 3 meses com a mesma repetição de exame, até concluir 24 meses. Um grupo controle (endodonticamente tratados e restaurados) foi inserido e suas oxigenações foram mensuradas. Nos resultados desse estudo, foi percebida diferença significativa entre os grupos controle negativo vs grupo controle positivo; pulpíte vs controle negativo; dentes vitais vs pulpíte; dentes vitais vs necrose; pulpíte vs necrose; dentes traumatizados (vitais, com pulpíte ou necrose) vs controle negativo. Os resultados mostraram que as diferenças entre vital e grupo controle positivo não foram significativas. Nos meses de acompanhamento, 10 dentes apresentaram baixa saturação no oxímetro e em 30 e 60 dias tiveram alteração da cor coronária, presença de fístula ou alterações periapicais. Os outros 49 dentes da amostra começaram a responder aos estímulos térmicos após 3 a 9 meses e obtiveram mensuração da oxigenação de, pelo menos, 89% deles. Para Caldeira et al. (2016), a oximetria provou ser um teste objetivo, eficaz, simples e indolor para avaliação do status da polpa.

Bargrivan et al. (2015) utilizaram a oximetria de pulso para avaliar a vitalidade pulpar nessas condições. Examinaram 123 crianças, de 5 a 13 anos, sendo 187 dentes com ápice aberto e 132 dentes com ápice fechado, que não tinham histórico de trauma, eram livres de cárie e fraturas. Um grupo controle de 10 dentes tratados endodonticamente tiveram as medições feitas com o OP. Comparando-se os resultados, foi observado que a saturação de oxigênio em dentes com ápice fechado era significativamente menor do que com ápice aberto.

Também foi analisado o estágio de desenvolvimento radicular com o nível de oxigênio, e observou-se uma correlação negativa significativa, onde quanto mais avançado o estágio de desenvolvimento, menos oxigênio era detectado, provavelmente porque, com o desenvolvimento, o tamanho do ápice é reduzido, reduzindo, assim, o fluxo sanguíneo. Além de ter sido efetivo, o oxímetro de pulso mostrou-se como uma boa opção de recurso diagnóstico para ser usado em crianças que mostram medo e ansiedade, por ser um dispositivo atraumático.

Foram selecionadas 155 crianças de idade entre 4 e 15 anos, com dentes sem cáries, restaurações e traumas, para o estudo comparativo de Shahi et al. (2015) de vitalidade pulpar em molares permanentes jovens e molares decíduos utilizando o OP e o teste elétrico. Dividiu-se a amostra em quatro grupos: Grupo I (grupo controle, de 20 segundos molares decíduos e primeiros molares permanentes tratados endodonticamente), Grupo 2 (85 segundos molares decíduos vitais), Grupo 3 (85 primeiros molares permanentes jovens vitais), Grupo 4 (50 dentes com necessidade de tratamento endodôntico). Mensurou-se a oxigenação dos dedos de cada criança, anteriormente a mensuração da oxigenação dos dentes e do teste elétrico. Após os testes, foram feitas as aberturas coronárias dos dentes do grupo 4 para inspeção visual. A OP detectou um falso-negativo no grupo 4, todos os não-vitais do grupo 1 como não-vitais, todos dentes dos grupos 2 e 3 como vitais. O teste elétrico identificou 2 falso-positivos do grupo 1; todos como vitais do grupo 2; 17 falso-negativo no grupo 3; 11 falso-positivos no grupo 4. Os autores consideraram que o não paralelismo dos diodos ou movimentação do paciente pode ter levado ao resultado falso-negativo detectado pelo oxímetro. No teste elétrico, 20% do grupo 3 tiveram falsas respostas, provavelmente devido a rizogênese incompleta. Concluíram que o teste elétrico tem confiabilidade razoável no diagnóstico em dentes decíduos traumatizados ou afetados por cárie. Enquanto isso, a oximetria de pulso é um indicador de vitalidade pulpar independentemente da doença, do tipo de dentição e do estágio de formação dos dentes.

#### 4.2 FLUXOMETRIA LASER DOPPLER

A fluxometria Laser Doppler é um teste que foi introduzido na Odontologia nos anos 80, tem sido considerada um método mais sensível e eficaz do que outros testes convencionais de sensibilidade (térmico e elétrico) no diagnóstico pulpar, principalmente em dentes recentemente traumatizados e em dentes com rizogênese incompleta, onde pode gerar desconforto ao paciente frente ao estímulo e com resposta subjetiva. Esse método também

tem sido utilizado no monitoramento da revascularização de dentes traumatizados (LIMJEERAJARUS, 2014). A desvantagem do uso da fluxometria laser Doppler para utilização na clínica é o alto custo do aparelho e a sua manutenção.

A fluxometria laser Doppler avalia de forma não-invasiva o suprimento sanguíneo, a velocidade do fluxo e a concentração das hemácias em um determinado volume, onde estiver ao alcance do laser. Usualmente, utilizam-se comprimentos de onda emitidos através de um diodo entre 633 - 810nm, com potência de 1 a 3 mW, através de um sensor, acoplado a uma fibra óptica. A radiação também pode ser gerada por um laser HeNe (Hélio-Neônio) com comprimento de onda de 632,8nm. Ao emitir a radiação sobre um determinado tecido, uma parte dessa radiação é espalhada pelas hemácias em movimento presentes da polpa, sofrendo um desvio de frequência proporcional a velocidade das células. Dois feixes de mesma intensidade de radiação são emitidos através do sensor. O feixe que é espalhado devido ao movimento das hemácias terá sua frequência de onda alterada, diferentemente do feixe que atingiu o restante do tecido, que está estático e que continua sem alteração na frequência (JAFARZADEH, 2009).

Essas alterações na frequência foram denominadas efeito Doppler, sendo a frequência diretamente proporcional a velocidade das hemácias. Na polpa dental, a radiação laser é guiada até a polpa pelos túbulos dentinários, que funcionam como fibras ópticas. Outra fibra óptica capta essa parcela de radiação espalhada pelas hemácias e leva a um fotodiodo que converte a radiação em sinais elétricos (sinal Doppler). O sinal é processado por um aparelho para obter as informações a respeito do fluxo sanguíneo, que é expresso em unidades de perfusão (UP). Os aparelhos limitam a faixa do sinal em "bandas" para melhor distinção entre a relação do sinal Doppler e ruídos do sistema, correspondente a uma faixa que limita a velocidade máxima mensurável das hemácias. A banda Doppler que compreende entre 20 Hz a 3kHz é para velocidade das hemácias de até 1 mm/s. Uma banda entre 20 Hz a 22 kHz é para velocidades de 10 mm/s (MORAES, 2006).

Há muitos tipos de sensores disponíveis no mercado, dependendo do seu uso. Em Odontologia, tem sido usada para as medições uma agulha de aço inoxidável de 1.5 mm de diâmetro e 10-80mm de comprimento, o que é uma vantagem pela facilidade em alcançar os dentes e o osso, uma vez que o acesso é mais dificultado. (LIMJEERAJARUS, 2014).

Além do diagnóstico em Endodontia, a FLD pode ser usada em outras áreas da Odontologia. No tratamento ortodôntico, o Laser Doppler aparenta ser mais eficaz no monitoramento do fluxo pulpar dos dentes, principalmente aqueles submetidos a movimentação rápida. Observa-se que na primeira semana de expansão, o fluxo aumenta

rapidamente, e após diminui gradativamente até os valores normais quando está no período de contenção. Na cirurgia oral, é utilizado para monitoramento e diagnóstico dos dentes envolvidos em cirurgias ortognáticas, uma vez que esses dentes irão, transitoriamente, não responder a testes elétricos e térmicos. As medições do fluxo sanguíneo em tecidos moles em reconstruções faciais podem indicar a menor chance de infecção e o bom reparo do tecido quando há um bom suprimento sanguíneo. Em implantodontia, pode-se fazer avaliação do fluxo sanguíneo no osso onde será colocado o implante, principalmente em pacientes que receberam radiação. Essa avaliação é importante para prevenir perda precoce do implante e reduzir os riscos de osteoradionecrose. (LIMJEERAJARUS, 2014). Pode também ser usado para monitoramento de dentes traumatizados, uma vez que a resposta neural está comprometida temporariamente; monitoramento das reações pulpare frente aos testes térmicos e elétrico; monitoramento da alteração do fluxo sanguíneo relacionada a fator da idade (menor hemodinâmica); monitoramentoda revascularização em dentes reimplantados (JAFARZADEH, 2009).

Assim como outros testes, a FLD possui algumas limitações. Coroas protéticas, restaurações de amálgamas - dependo do seu tamanho e extensão - podem ter um efeito na leitura do fluxo pulpar. Existem algumas alterações sistêmicas do paciente que podem interferir no fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, na detecção do mesmo, como alterações nos níveis de estrogênio. Interferências externas como vibrações provenientes do ambiente ou movimentos próximos ao aparelho ou movimentos involuntários do pacientetambém podem influenciar na veracidade do sinal. A FLD é muito sensível a pequenos movimentos, então se sugere fazer suportes para o sensor com poliuretano, acrílico ou silicone, visando fixar o sensor/agulha na superfície do esmalte para evitar interferências (SILVEIRA; VALE,2012).

A proximidade do sensor na margem da gengiva durante a medição, bem como a radiação espalhada podem atingir também a gengiva e o periodonto, podendo distorcer o sinal (LIMJEERAJARUS, 2014). Tem sido observado que quanto mais próximo da gengiva, maior será o sinal registrado devido ao maior volume de tecido atingido pela radiação. Entretanto, nesse caso, será maior a porcentagem de sinal proveniente do periodonto, interferindo assim na confiabilidade do teste. Para diminuir as interferências na leitura, sugerem que o sensor deve ser posicionado sobre a coroa dentária afastado 2 a 3 mm da margem gengival; fazer isolamento da gengiva com borracha escura ou opaca, ou ainda limitar a banda Doppler, pois uma banda menor irá captar os sinais provenientes de arteríolas de menor calibre, diminuindo a interferência da região do periodonto, onde se encontram vasos mais calibrosos do que

aqueles encontrados na polpa (MORAES, 2006; ABOOTT; CHEN, 2009; EDUARDO, 2004).

Mesmo em dentes desvitalizados, os valores obtidos na leitura do laser Doppler não serão zero, pois a radiação se espalha para os tecidos vizinhos, como ligamento periodontal e gengiva marginal, contaminando o sinal. Para analisar os resultados da mensuração do fluxo sanguíneo de um dente, é recomendado comparar os valores a outro dente que serve como controle positivo, preferencialmente de uma área que não será afetada durante o teste no dente com dúvida do diagnóstico (ABOOTT; CHEN, 2009).

Cadioli et al. (2010) fizeram um relato de caso usando a fluxometria laser Doppler para diagnóstico pulpar em dentes decíduos traumatizados. Uma criança de quatro anos sofreu um traumatismo na região dos dentes 51 e 61. Após dois anos de controle, observaram na radiografia imagens sugestivas de lesões periapicais, porém clinicamente sem sinais de necrose pulpar em ambos. Analisaram os quatro incisivos superiores com a FLD. Os valores, medidos em unidades arbitrárias (UA), de fluxo (F) obtidos foram: dente 52, F= 6,7 UA; dente 51, F= 2.1 UA; dente 61, F= 2,3 UA; dente 62, F= 5.5 UA. Pelo estudo de Wanderley (2004), utilizado como referência para esses autores, valores obtidos menores de 4,7 UA indicam dentes desvitalizados. Foi calculada a variação percentual do fluxo (F(%)) entre os dentes também indicaram necrose pulpar, uma vez que valores menores do que 58,5% indicam dentes desvitalizados, e os valores encontrados foram  $F(\%) = 51/52 = 40,4\%$  e  $61/62 = 3,2\%$ . Optou-se por realizar o tratamento endodôntico dos incisivos centrais, e durante a abertura coronária, a necrose pulpar foi confirmada por meio da inspeção visual. Conclui-se que a FLD foi eficaz para conseguir realizar o diagnóstico de necrose pulpar mesmo sem sinais clínicos que indicassem ausência de vitalidade. Conseguir realizar um correto diagnóstico nessas situações é desejável para diminuir prejuízos nos germes dos dentes permanentes e melhorar o prognóstico dos decíduos que foram traumatizados.

Silveira e Vale fizeram uma revisão de literatura em 2010. Dentre os achados dessa revisão, destacam-se a necessidade de definir melhores parâmetros para a técnica, em relação ao comprimento de onda utilizado; observam que a provável melhor banda Doppler para distinguir dentes vitais e não-vitais seria 20 Hz - 3,1 kHz; em relação a distância entre as fibras ópticas que emitem e recebem as radiações e compõem a sonda, a distância mais confiável seria de 0,5mm; nestas condições seria alcançada maior eficiência na avaliação imediata da condição pulpar após traumatismos. A fluxometria laser Doppler aparenta ser eficaz para distinção dos dentes vitalizados dos não-vitalizados. Apesar disso, ainda não é

uma prática comum na clínica, e a médio e longo prazo pode haver redução do custeio e popularização do teste.

Jafarzadeh, em 2009, realizou revisão da literatura usando as bases PubMed e MEDLINE. No estudo relatou indicações, como avaliação e monitoramento do fluxo sanguíneo presente na câmarapulpal, acompanhamento após traumas, cirurgias e tratamentos ortodônticos. São ressaltados fatores que podem afetar os resultados, como *design* do sensor, dispositivos para isolamento da gengiva, posição do sensor, distância do tecido gengival, estresse, drogas (nicotina), entre outros. A fluxometria laser Doppler provou ser eficaz e confiável, mas é necessária precaução e controle em fatores externos (meio ambiente) e interferência do resultado com o tecido periodontal. O alto custo do aparelho ainda é uma barreira na prática clínica, porém seu uso em crianças é indicado, uma vez que esses pacientes tem uma maior dificuldade de comunicação com o profissional e suas respostas aos testes convencionais podem não serem confiáveis.

Eduardo, em 2004, avaliou na sua tese os resultados quantitativos e qualitativos da fluxometria laser Doppler. Dois grupos de pacientes participaram do estudo, com idade entre 18 e 55 anos. O grupo I continha 17 indivíduos com dentes desvitalizados e homólogos saudáveis. O grupo II continha quatro indivíduos que apresentavam dentes saudáveis, onde foram feitos registros de dez pares de dentes. Foram classificados como saudáveis após análise radiográfica e testes térmicos (quente e frio). Para a leitura da fluxometria utilizou-se um molde de silicón de condensação para fixação da sonda, a banda do sinal foi ajustada para 3,1 kHz, comprimento de onda de 780nm, distante 3mm da margem gengival. Foi calculada a média de três registros por dente foi. O autor estudou a variação percentual de fluxo e diferença de fluxo entre os homólogos do mesmo paciente. A curva ROC foi utilizada para avaliar as performances dos parâmetros de fluxo, variação percentual de fluxo, fluxo e diferença entre fluxos para discutir o valor como teste de vitalidade pulpar. A curva ROC é o gráfico da sensibilidade vs especificidade, numa faixa de valores de porcentual de fluxo. Na prática, a curva ROC significa a probabilidade de um par de homólogos aleatórios (um sendo vital e outro não vital) ser corretamente diagnosticado, mostrando a capacidade do teste de discriminar as duas condições. Por meio da análise das curvas ROC foi constatado que os parâmetros porcentual de fluxo e diferença entre fluxos são melhores discriminantes que fluxo em si, sem diferenças estatísticas entre eles.

Roy et al., em 2008, investigaram os valores do fluxo sanguíneo pulpar e a curvas das células sanguíneas em movimento, registradas pela medida de fluxo laser Doppler para a disfunção da vitalidade pulpar na prática odontológica geral e para comparar as curvas MBCV

(velocidade de movimento das células sanguíneas) com os testes diagnósticos padrão em traumatologia. O estudo mostrou não haver diferenças estatísticas entre os valores do fluxo sanguíneo pulpar dos dentes com polpa vital e dos não vitais. As curvas obtidas 25 fluxometria laser Doppler da velocidade de movimento das células sanguíneas mostraram-se totalmente diferentes entre os vitais e os não vitais. Nos dentes não vitais, as curvas da MBCV sempre estiveram de acordo com as respostas negativas dos testes de sensibilidade. Os autores concluíram que a FLD pode ser um novo método para identificar o status pulpar em dentes traumatizados e ajudar na decisão do tratamento.

Roeykens et al. (2002) reportaram um caso onde uma paciente teve fratura alveolar e sofreu luxação dos incisivos centrais e canino superior. Após a contenção rígida por dez semanas, a paciente retornou para o acompanhamento. Durante 30 semanas, os dentes acometidos foram submetidos a testes de sensibilidade térmico (frio e calor), elétrico e vitalidade com FLD. Quatro anos depois, a mensuração com FLD foi feita novamente e os incisivos não haviam sido tratados endodonticamente. Para os testes de sensibilidade térmicos houve resposta até a nona semana; para o teste elétrico, houve resposta a partir da sétima semana. Em quatro anos, todos os dentes, exceto o 11, retornaram com valores normais aos testes, mostrando que a FLD tem um valor de diagnóstico muito importante nas primeiras semanas após o traumatismo, podendo evitar um tratamento endodôntico equivocado.

No estudo de Evans et al. (1999) foram utilizados 67 dentes com indicação de tratamento endodôntico após traumatismo e 84 dentes vitais anteriores não traumatizados, sendo que 84% da amostra estavam na mesma arcada do dente que tinha sofrido o trauma. Os autores compararam os testes de percussão, teste elétrico, FLD, exame radiográfico, cor da coroa e avaliaram o histórico do trauma. Concluíram que a FLD foi um método mais confiável do que os outros testes empregados para diferenciar dentes vitais de não vitais, onde o valor de especificidade e sensibilidade foi de 1.0.

A eficácia em distinguir polpas vitais de polpas necróticas por meio da fluxometria laser Doppler foi o objetivo do trabalho de Ingólfsson et al., publicado em 1994. O estudo também avaliou quais dentre cinco diferentes sondas seria a mais adequada. Onze dentes foram avaliados clinicamente, por meio do teste elétrico, da profundidade de sondagem e do exame radiográfico. Um grupo controle de dentes contralaterais foi examinado, obtendo resposta normal ao teste elétrico, sem alterações de cor de coroa e sem alterações radiográficas. Os autores utilizaram, também, um grupo controle em outros dez pacientes com polpas vitais. Para a medição com a FLP, foi usada uma base de material borrachóide para estabilizar a sonda na superfície dos dentes.

Neste trabalho, o grupo-teste de onze dentes com diagnóstico clínico de necrose foi confirmado durante o tratamento endodôntico que se sucedeu. Nos resultados da FLD, dois dentes apresentaram valores maiores do que seus contralaterais vitais. Segundo os autores, isso pode ser explicado pela total calcificação da câmara pulpar, de acordo com a radiografia realizada, e pelo menor tamanho da câmara pulpar, quando comparado ao outro dente vital do paciente. Esses fatores levaram a valores maiores provavelmente por terem sido alteradas as propriedades ópticas devido a essas modificações anatômicas, podendo ter associado ao fluxo valores do ligamento periodontal e da gengiva, aumentando, assim, os números obtidos. Todos os sensores obtiveram leituras menores nos dentes com necrose pulpar do que com polpa vital. Com a menor sonda, foi possível distinguir 10 de 11 dentes com polpa necrosada das com polpa vital, sendo que com as outras sondas o mesmo ocorreu em apenas nove. A respeito do teste elétrico no grupo teste, 4 dentes responderam positivamente, enquanto 7 tiveram uma resposta negativa. Sugere-se que o laser Doppler pode detectar com maior precisão a condição de vitalidade pulpar do que com métodos que são atualmente empregados na prática clínica. Além disso, possibilita um diagnóstico precoce e menos desconforto e dor ao paciente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de serem métodos menos comuns, a oximetria de pulso e a fluxometria laser Doppler têm se mostrado eficazes no diagnóstico pulpar. Devido à alta resistência do tecido nervoso presente na polpa, é possível que respostas positivas possam ser geradas frente a estímulos, mesmo quando os outros tecidos já estão comprometidos. Logo, uma vez que ambos os testes avaliam a função circulatória da polpa, diferenciando-se dos testes convencionais que avaliam a função sensorial, a avaliação feita pela OP e FLP revelam a real condição pulpar.

A oximetria de pulso é uma boa ferramenta de diagnóstico, pois são encontradas menores taxas de erro em obter resultados falsos-negativos foram obtidas em comparação aos testes de sensibilidade, mesmo em dentes recém traumatizados.

Para avaliação de dentes recém traumatizados ou com ápice aberto, a OP é uma boa alternativa para condução de um correto plano de tratamento. Devido ao estresse pós-traumático, a resposta neural pode ser diminuída ou inexistente temporariamente aos testes térmicos e elétrico quando decorrido pouco tempo do trauma.

Contudo, limitações são encontradas para realizar a captação dos dados, como interferências luminosas, falta de adaptação do sensor à coroa dentária, aumento da acidez decorrente de uma inflamação que causa desoxigenação da hemoglobina, desordens nas hemoglobinas, movimentação do corpo e presença de restaurações extensas. Assim, deve-se avaliar a condição do paciente para indicar o uso do teste, bem como interferências provindas do meio ambiente devem ser minimizadas.

A fluxometria laser Doppler é um método mais confiável para distinguir dentes vitais de não vitais (EVANS et al., 1999; SILVEIRA; VALE, 2012). Em dentes recém traumatizados, a FLD também tem um valor de diagnóstico muito importante. É eficaz para realizar o diagnóstico de necrose pulpar em dentes que não apresentam sinais clínicos que indicassem ausência de vitalidade durante o exame clínico intra-bucal, e para realizar diagnóstico precoce em dentes recém traumatizados, evitando, assim, um tratamento endodôntico desnecessário.

Há limitações no uso da FLD, como qual melhor dispositivo para isolamento da gengiva, posição do sensor, distância do sensor em relação ao tecido gengival para evitar contaminação do sinal uso de drogas como a nicotina. Interferências externas como vibrações do ambiente ou movimentos próximos ao aparelho ou, ainda, pequenos movimentos do paciente podem influenciar na captação do sinal.

Para ambos os testes, o desconhecimento por parte dos profissionais sobre essas novas possibilidades diagnósticas em Endodontia diminui o acesso a esses equipamentos nos consultórios, dificultado, também, pelo alto custo e falta de informação sobre as técnicas. Ainda são necessários novos estudos para melhor aprimoramento da técnica da oximetria de pulso, bem como desenvolvimento de um *design* de sensor específico e padronizado para realizar as mensurações. Em relação à fluxometria laser Doppler, é necessária uma melhor definição de parâmetros para a técnica visando diferenciar dentes desvitalizados de vitalizados, além de melhor conhecimento em relação ao comprimento de onda utilizado e cuidado e controle em fatores externos e interferências do periodonto para realizar a leitura tanto em dentes permanentes como decíduos.

Tanto a oximetria de pulso como a fluxometria laser Doppler se mostraram promissoras no correto diagnóstico de doenças pulpares. São eficazes, seguros, indolores e bem aceitos pelos pacientes.

Entretanto, a definição do diagnóstico pulpar não deve ser baseada somente pela interpretação dos resultados obtidos pela OP ou FLD, e sim ser feita com cautela, sempre observando sinais clínicos, sintomas, exames radiográficos e considerando a história da doença para concluir um diagnóstico correto.

## REFERÊNCIAS

- ABRÃO, C. V. **A oximetria de pulso como recurso auxiliar na determinação de vitalidade pulpar de dentes permanentes traumatizados.** [Dissertação] –Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo. 2006.
- BARGRIZAN et al. The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth. **Dental Traumatology**, v. 32, p. 43-47, 2016.
- BHASKAR, S. N.; RAPPAPORT, H. M. Dental vitality tests and pulp status. **JADA**, v. 86, p. 409-411, Feb. 1973.
- BRANNSTROM, M. The Hydrodynamic Theory of Dentinal Pain: Sensation in preparations, caries, and the dentinal crack syndrome. **Journal of Endodontics**, v. 12, n. 10, p. 453-457, Oct. 1986.
- CADIOLI, I. C. et al. Uso da fluxometria laser Doppler em dentes decíduos traumatizados. **RGO - Rev Gaúcha Odontol.**, Porto Alegre, v. 58, n. 2, p. 263-268, abr./jun. 2010.
- CALDEIRA, C. L. et al. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. **Dental Traumatology**, v. 32, p. 385-389, 2016.
- CALIL, E. et al. Determination of pulp vitality in vivo with pulse oximetry. **International Endodontic Journal**, v. 41, p. 741-746, 2008.
- CHEN, E.; ABBOTT, P. V. Dental Pulp Testing: a Review. **Internacional Journal of Dentistry**, v. 2009, p. 01-12, 2009.
- CIOBANU, G.; ION, I.; UNGUREANU, L. Testing of pulp vitality by pulse oximetry. **International Journal of Medical Dentistry**, v. 2, n. 2, p. 94-98, apr. 2012.
- CONSELHO REGIONAL DE ENFERMAGEM DE SÃO PAULO. **Oximetria de pulso arterial**, 10f., dez. 2009.
- 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. **JOE**, v. 38, n. 09, p. 1182-1186, Sep. 2012.
- EHMANN, E. H. Pulp testers and pulp testing with particular reference to The use of dry ice. **Australian Dental Journal**, v. 22, n. 4, p. 272-279, Aug. 1977.
- ELMIGUID, A. A.; DONALD, C. YU. Dental Pulp Neurophysiology: Part 2. Current Diagnostic Tests to Assess Pulp Vitality. **JADC**, v. 75, n. 2, 139-143, mar. 2009.
- EVANS, D.; REID, J.; STRANG, R.; STIRRUPS, D. A comparison of laser Doppler flowmetry with other methods of assessing the vitality of traumatised anterior teeth. **Endod Dent Traumatol.** n. 15, 1999.

GOPIKRISHNA, V.; KANDASWAMY, D.; TINAGUPTA, K. Evaluation of efficacy of a New Custom-Made Pulse Oximeter Dental Probe in comparison with the electrical and thermal tests for assessing pulp vitality. **JOE**, v. 33, n. 4, p. 411-414, Apr. 2007.

GOPIKRISHNA, V.; KANDASWAMY, D.; TINAGUPTA, K. Comparison of electrical, thermal, and pulse oximetry methods for assessing pulp vitality in recently traumatized teeth. **JOE**, v. 33, n. 05, p. 531-535, May. 2007.

INGÓLFSSON, A. R. et al. Efficacy of laser Doppler flowmetry in determining pulp vitality of human teeth. **EndodDentTraumatol**, v. 10, p. 83-87, ago. 1994.

JAFARZADEH, H. Laser Doppler flowmetry in endodontics: a review. **International Endodontic Journal**, v. 42, p. 476-490, jan. 2009.

JAFARZADEH, H.; ROSENBERG, P. A. Pulse Oximetry: Review of a Potential Aid in Endodontic Diagnosis. **JOE**, v. 35, n. 03, p. 329-333, mar. 2009.

LIMJEERAJARUS, C. Laser Doppler flowmetry: basic principle, current clinical and research applications in dentistry. **CU Dent J**. v. 37, p. 123-136, 2014.

LIN, J.; CHANDLER, N. P.; Electric pulp testing: a review. **International Endodontic Journal**, n. 41, p. 365-374, 2008.

MARIO, L. **Endodontia – Tratamento de canais radiculares: princípios técnicos e biológicos**. São Paulo: Artes Médicas, 2005.

MORAES, M. P. **Fluxometria Laser Doppler da polpa dental após o clareamento com laser de diodo**. [Dissertação] – Faculdade de Odontologia, Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 50f., 2006.

NISSAN, Roni et al. Dual wavelength spectrophotometry as a diagnostic test of the pulp chamber contents. **Oral Surg Oral. Med Oral Pathol**. v. 74, n. 4 p. 508-514, out. 1992.

EDUARDO, F. T. O. P. **Avaliação da Fluxometria Laser Doppler como teste de vitalidade pulpar**. [Dissertação] - Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Autarquia associada à Universidade de São Paulo. 72f., 2004.

PETERSSON, A. et al. Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. **International Endodontic Journal**, n. 45, p. 783-801, 2012.

PETERSON, K. et al. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality. **EndodDentTraumatol**, n. 15, p. 127-131, 1999.

RESENDE, E. F. **Avaliação retrospectiva da condição pulpar após trauma dental**. [Dissertação] – Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

ROEYKENS, H. et al. A two-probe laser Doppler flowmetry assessment as an exclusive diagnostic device in a long-term follow-up of traumatised teeth: a case report. **Dental Traumatology**, v. 18, p. 86-91, 2002.

ROY et al. Evaluation of laser Doppler flowmetry for the assessment of pulp vitality in general dental practice. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 106, p. 615-620, 2009.

SADIQUE, M. et al. Evaluation of Efficacy of a Pulse Oximeter to Assess Pulp Vitality. **Journal of International Oral Health**, v. 06, n. 03, p. 70-72, mar. 2014.

SAYLER, J. W. Neonatal and Pediatric Pulse Oximetry. **RESPIRATORY CARE**, v. 48, n. 04, p. 386-398, abr. 2003.

SCHNETTLER, J. M.; WALLACE, J. A. Pulse oximetry as a diagnostic tool of pulp vitality. **Journal of Endodontics**, v. 17, n. 10, p. 488-490, out. 1991.

SETZER, F. et al. Clinical diagnosis of pulp inflammation based on pulp oxygenation rates measured by pulse oximetry. **JOE**, v. 38, n. 07, p. 880-883, jul. 2012.

SHAHI, P. et al. Comparative study of pulp vitality in primary and young permanent molars in human children with pulse oximeter and electric pulp tester. **International Journal of Clinical Pediatric Dentistry**, v. 08, n. 02, p. 94-98, maio/ago. 2015.

SILVA, T. et al. **Eficácia dos testes térmico e elétrico no registro do status pulpar: um estudo in vivo.** **Rev. bras. odontol.**, Rio de Janeiro, v. 73, n. 2, p. 92-95, abr./jun. 2016.

SILVA, T. **Avaliação da eficácia dos testes térmicos e elétricos para registrar a vitalidade pulpar.** [Dissertação] – Faculdade de Odontologia, Universidade Estácio de Sá, 2012.

SILVEIRA, D. L.; VALE, M. S. Laser Doppler em Endodontia: revisão da literatura. **J Health Sci Inst**. v. 30, n. 02, p. 120-124, 2012.

SOARES, Ilson José; GOLDBERG, Fernando. **Endodontia: técnicas e fundamentos.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

TYAGI, Shashi et al. New vistas in endodontic diagnosis. **Saudi Endodontic Journal**, v. 2, n. 2, p. 85-90, May/Aug. 2012.