

Oximetria de Pulso no Diagnóstico Pulpar

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 09 de setembro de 2021



CESPU

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

Daniela Alexandra Teixeira Cardoso

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Oximetria de Pulso no Diagnóstico Pulpar

Trabalho realizado sob a Orientação de “Especialista Dr. António Ferraz”

Declaração de Integridade

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.

RESUMO

Introdução: O diagnóstico da condição pulpar é essencial para o estabelecimento do tratamento adequado. A vitalidade pulpar está relacionada com a vascularização e têm sido desenvolvidos testes que avaliem o fluxo sanguíneo, como, a oximetria de pulso.

Objetivos: O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática integrativa sobre a oximetria de pulso, incluindo o método, vantagens e desvantagens, e termos de comparação com os demais métodos de diagnóstico.

Materiais e métodos: Foi realizada uma pesquisa eletrónica nas bases de dados PubMed e EBSCO, com as seguintes combinações: oximetria de pulso, diagnóstico pulpar e testes de vitalidade. Os critérios de seleção para os artigos escolhidos incluíram publicados entre 2011 e 2021, língua inglesa, envolvendo originais, estudos *in-vivo*, de meta análise e ensaios clínicos.

Resultados: Foram encontrados 47 artigos, dos quais 14 forneciam dados importantes para este estudo. A seleção feita abrangia parâmetros como, a descrição do método do oxímetro, valores de referência em dentes vitais e não vitais, vantagens e desvantagens, e estudos que incluíssem outros métodos de diagnóstico.

Discussão: A oximetria de pulso é um método não invasivo bem aceite para avaliar a saúde vascular, com base nas medições de saturação de oxigénio. Resultados promissores obtidos em diversos estudos reforçam as vantagens do oxímetro de pulso em comparação aos testes de sensibilidade.

Conclusão: O método do oxímetro é uma mais-valia em termos de diagnóstico, mas requer evolução na adaptação oral para que os resultados obtidos sejam os mais próximos da realidade.

Palavras-chave: oximetria de pulso, diagnóstico pulpar e testes de vitalidade.

ABSTRACT

Introduction: The diagnosis of the pulp condition is essential for the establishment of adequate treatment. Pulpal vitality is related to vascularization and tests that assess blood flow, such as pulse oximetry, have been developed.

Objectives: The aim of this study was to carry out an integrative systematic review of pulse oximetry, including the method, advantages and disadvantages, and terms of comparison with other diagnostic methods.

Materials and methods: An electronic search was performed in the PubMed and EBSCO databases, with the following combinations: pulse oximetry, pulp diagnosis and vitality tests. The selection criteria for the chosen articles included published between 2011 and 2021, English language, involving originals, in-vivo studies, meta-analysis and clinical trials.

Results: 47 articles were found, of which 14 provided important data for this study. The selection made included parameters such as the description of the oximeter method, reference values in vital and non-vital teeth, advantages and disadvantages, and studies that included other diagnostic methods.

Discussion: Pulse oximetry is a well-accepted non-invasive method for assessing vascular health based on oxygen saturation measurements. Promising results obtained in several studies reinforce the advantages of pulse oximeter compared to sensitivity tests.

Conclusion: The oximeter method is an asset in terms of diagnosis, but it requires evolution in the oral adaptation so that the results obtained are the closest to reality.

Keywords: pulse oximetry, pulp diagnosis and vitality tests.



ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
OBJETIVOS	3
MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
1) Desenvolvimento do protocolo.....	5
2) Critérios de elegibilidade.....	5
3) Questão em foco.....	5
4) Critérios de inclusão e exclusão.....	5
5) Fontes de informação.....	6
6) Determinação de resultados.....	7
RESULTADOS.....	8
1) Seleção de estudos.....	8
ETAPA 1: Resultados da base de dados.....	8
ETAPA 2: Artigos revistos.....	8
ETAPA 3: Artigos incluídos.....	8
2) Caracterização dos estudos incluídos.....	10
DISCUSSÃO.....	19
1) Desenvolvimento do teste de diagnóstico.....	19
2) Oximetria de Pulso vs. Testes Contemporâneos.....	19
3) Estruturas intervenientes.....	20
4) Método de utilização.....	21
5) Valores de saturação.....	21
6) Eficácia.....	24
7) Desvantagens.....	24



CONCLUSÃO.....	27
BIBLIOGRAFIA.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada na revisão	9
--	---

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – PICOS	5
Tabela 2 – Critérios de inclusão e exclusão utilizados na pesquisa bibliográfica	5
Tabela 3 – Estratégias de pesquisa na base de dados PUBMED	6
Tabela 4 – Estratégias de pesquisa na base de dados EBSCO	7
Tabela 5 – Resultados relevantes dos artigos selecionados para a revisão	10



LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

PO – Oximetria de Pulso

SaO₂ – Saturação do Oxigénio

LEDs – Díodos Emissores de Luz

PICO – (paciente, intervenção, comparação, outcome)

CP – Controlo Positivo

CN – Controlo Negativo

INTRODUÇÃO

A Oximetria de Pulso é um meio auxiliar de diagnóstico pulpar não invasivo, objetivo, indolor e muito sensível, com base nas medições de saturação do oxigênio.^{1,2,3,4}

Como se trata de uma abordagem atraumática, pode ser facilmente usada em crianças com medo e ansiedade dentária.¹

O objetivo deste teste de vitalidade é avaliar o estado da polpa e concluir se esta tem necessidade de algum tratamento. O fator determinante da vitalidade pulpar é o fluxo sanguíneo.

As doenças que afetam a polpa dentária são de origem inflamatória ou infecciosa. Em qualquer dos casos, a microcirculação dentro da polpa dentária saudável inicia uma resposta inflamatória como parte de um complexo mecanismo defensivo para manter a integridade e a saúde da polpa dentária. Assim, é geralmente aceite que a avaliação do fornecimento de sangue dentro da polpa dentária é o indicador mais antigo e pode ser o único indicador verdadeiro disponível do estado real da saúde da polpa.⁵

A Oximetria de Pulso tem como critério a conformidade com o tamanho, forma e contornos anatómicos dos dentes.^{6,3} Para que as medições sejam precisas, o suporte do sensor deve assegurar a colocação firme do dispositivo no dente, mantendo assim os LEDs e o fotorreceptor numa posição paralela o mais possível de modo a garantir que a luz seja transmitida através da coroa.

O oxímetro de pulso é um dispositivo que calcula a saturação do oxigênio usada na prática médica, enquanto administrada anestesia intravenosa.⁷ Consiste numa fonte de luz diodo que emite espectro vermelho e infravermelho que transiluminam o tecido.^{8,1} Estas são recebidas por um diodo detetor que capta picos de absorvância devido à circulação sanguínea pulsátil. É a relação entre a absorvância de cada comprimento de onda que fornece a percentagem de oxigenação do sangue.

Ambos os tipos de luz são necessários porque as hemoglobinas oxigenadas e desoxigenadas têm cores diferentes e absorvem quantidades de luz diferentes. Na região vermelha, a oxihemoglobina absorve menos luz do que a desoxihemoglobina e vice-versa na região infravermelha. Esta informação é usada para calcular a saturação de oxigênio e a taxa de pulso.^{9,1,3} O instrumento não requer aquecimento ou calibração anterior.

Previamente, o clínico deve reunir todas as informações disponíveis sobre a história clínica do paciente, o exame clínico, testes de sensibilidade e vitalidade e exames radiológicos.¹⁰ De seguida, avaliar essas informações e os resultados do diagnóstico que são relevantes. Para que deste modo haja mais facilidade em obter um diagnóstico diferencial consoante estes parâmetros.

O sucesso do tratamento do canal radicular depende, além de outros fatores, da precisão de diagnóstico de uma patologia pulpar.

Com a monitorização das alterações no nível de saturação do oxigénio do fluxo sanguíneo da polpa, a Oximetria do Pulso pode ser capaz de detetar inflamação pulpar ou necrose parcial da polpa no dente, mesmo que ainda respondam a outros testes atuais.

OBJETIVOS

O objetivo é efetuar uma revisão sistemática sobre a utilização da oximetria de pulso no diagnóstico pulpar, as suas vantagens e desvantagens, avaliar a sua eficácia e eficiência, descrevendo as etapas desta técnica e o material usado comparativamente aos métodos contemporâneos.

MATERIAIS E MÉTODOS

1) DESENVOLVIMENTO DO PROTOCOLO

Esta revisão foi conduzida e relatada de acordo com o PRISMA. Um protocolo incluindo todos os aspetos de uma metodologia de revisão sistemática foi desenvolvido antes do início desta revisão. Isso incluiu a definição da questão em foco, uma pergunta PICO.

2) CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Os estudos incluídos na presente revisão sistemática integrativa foram selecionados segundo a estratégia PICOS (PICOS Strategy) (Tabela 1).

População	Pacientes com dentes vitais, não vitais e traumatizados.
Intervenção	Oximetria de Pulso no diagnóstico pulpar
Comparação	Diferenças em relação aos métodos contemporâneos
Resultados	Eficácia deste método, vantagens e desvantagens
Desenho do estudo	Artigos originais, estudos <i>in-vivo</i> , estudos de meta análise e ensaios clínicos

Tabela 1) PICOS

3) QUESTÃO EM FOCO

A questão definida foi: “Qual a definição e método da Oximetria de Pulso, as suas vantagens e desvantagens, tais como termos de comparação aos testes convencionais?”

4) CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Crítérios de Inclusão	Crítérios de Exclusão
Publicados entre 2011 e 2021	Estudos realizados em animais
Texto Integral	Acessibilidade de dados incompleta ou insuficiente

Estudos que descrevam a técnica de <i>Oximetria de Pulso</i>	Escritos noutra língua que não o Inglês
Estudos que forneçam dados e função da <i>Oximetria de Pulso no Diagnóstico Pulpar</i>	Teses, dissertações e resumos

Tabela 2) Critérios de inclusão e exclusão usados na pesquisa bibliográfica

5) FONTES DE INFORMAÇÃO

Para a elaboração da presente revisão sistemática foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases de dados EBSCO e PUBMED, nas quais foram utilizados os seguintes termos: "Pulse oximetry", "Endodontic", "Pulp diagnosis", "Vitality tests" e combinações de vários termos e estratégias de pesquisa foram aplicadas para identificar os estudos apropriados. Estes incluem estratégias de pesquisa que estudam a Oximetria de Pulso, a sua evolução, vantagens e desvantagens deste método e comparações com outros testes já usados.

Na tabela seguinte encontram-se as combinações usadas em ambas as bases de dados (Tabelas 3 e 4).

Combinações de pesquisa	Artigos encontrados	Artigos selecionados
(Pulse Oximetry) AND (Endodontic)	14	10
(Pulse Oximetry) AND (Pulp Diagnosis)	6	2
(Pulse Oximetry) AND (Vitality Tests)	4	3

Tabela 3) Estratégias de pesquisa na base de dados PUBMED

Combinações de pesquisa	Artigos encontrados	Artigos selecionados
(Pulse Oximetry) AND (Endodontic)	9	4
(Pulse Oximetry) AND (Pulp Diagnosis)	1	0
(Pulse Oximetry) AND (Vitality Tests)	13	7

Tabela 4) Estratégias de pesquisa na base de dados EBSCO

6) DETERMINAÇÃO DOS RESULTADOS

O principal resultado de interesse foi definirmos a Oximetria de Pulso e o seu método de funcionamento.

Há estudos que abordam a definição deste método, como funciona, tecnicamente até aos materiais usados. Em outros estudos, ressalta-se o uso do oxímetro de pulso em relação aos testes de vitalidade convencionais. Foram encontrados também estudos que indicam as vantagens e desvantagens deste meio de diagnóstico, visto que é mais recente e o método ainda tem que ser apurado.

RESULTADOS

1) SELEÇÃO DE ESTUDOS

ETAPA 1: Resultados da base de dados

Com a pesquisa realizada foram encontrados um total de 47 artigos (24 na plataforma PUBMED e 23 na EBSCO). Foi feita uma revisão preliminar dos títulos, resumos e estudos acessíveis para verificar se os artigos atendiam ao objetivo pretendido do estudo.

ETAPA 2: Artigos revistos

Avaliou-se a qualidade dos estudos selecionados, verificando se respeitavam os critérios de inclusão e exclusão. Após remoção de duplicados e segundo os critérios, ficaram um total de 14 artigos.

ETAPA 3: Artigos incluídos

Foi concluída uma avaliação completa. Foram preparados os resumos dos artigos incluídos com uma organização em tabelas dos seus resultados.

Os artigos elegíveis receberam um rótulo de nomenclatura de estudo, combinando os nomes dos primeiros autores e o ano de publicação. As seguintes variáveis foram recolhidas para esta revisão: nome dos autores, ano de publicação, título, objetivos dos estudos, amostra, resultados obtidos e conclusões.

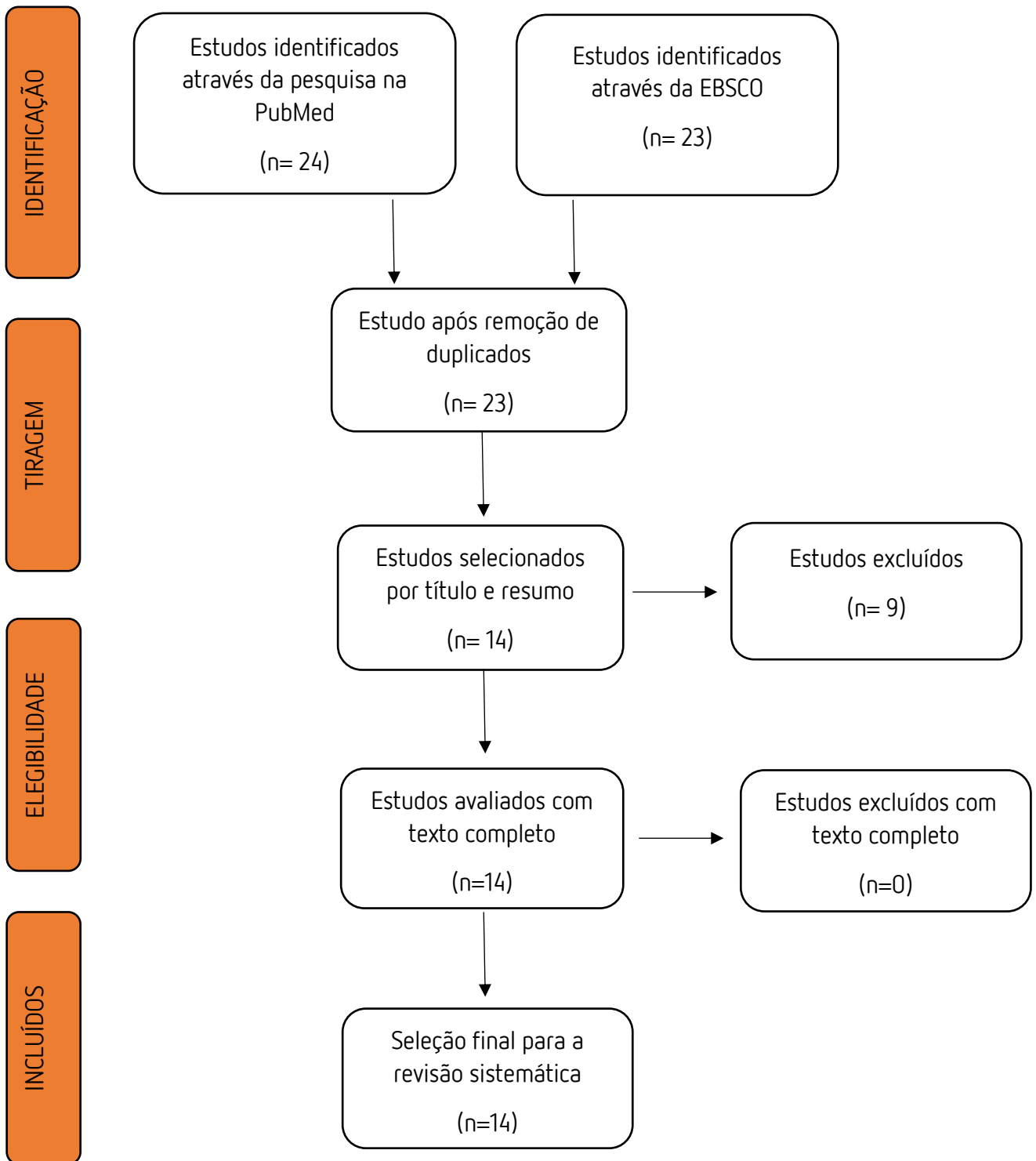


Figura 1) Fluxograma da estratégia de pesquisa utilizada na revisão.

2) CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS INLCUÍDOS

Estudo	Título	Objetivo	Amostra	Resultados	Conclusão
Bargrizan, M., Ashari, M. A., Ahmadi, M., & Ramezani, J. (2016)	The use of pulse oximetry in evaluation of pulp vitality in immature permanent teeth	Investigar a utilização de oximetria de pulso para avaliar o estado da vitalidade da polpa em dentes permanentes imaturos.	187 dentes (incisivos centrais e laterais), com ápice aberto; 132 dentes (incisivos centrais e laterais), com ápice fechado, pertencentes a 123 crianças, com idades compreendidas entre os 68 e 166 meses	O valor médio de saturação de oxigénio nos dentes com um ápice fechado foi significativamente inferior aos dentes com um ápice aberto.	Quanto maior for o estágio do desenvolvimento da raiz, menor o oxigénio do sangue.
Caldeira, C. L., Barletta, F. B., Ilha, M. C., Abrão, C. V., & Gavini, G. (2016)	Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth	Analisar a eficácia da Oximetria de Pulso na determinação da vitalidade da polpa nos dentes traumatizados com base nas medições de saturação de	59 dentes traumatizados (incisivos maxilares ou mandibulares, caninos ou pré-molares) de 46 doentes de ambos os sexos, com idades compreendidas	10 dentes que apresentaram baixa %SpO2 nas taxas de 30 e 60 dias mostraram mudança de cor, fístulas ou alterações periapais, com início variado. Estes dentes foram identificados como necróticos e infetados (periódico apical crónico), e o tratamento endodôntico foi prescrito. Todos os outros 49 dentes da amostra começaram a responder ao teste de pulverização a frio após	Nas condições de estudo que envolvam dentes luxados que não respondessem a um teste de polpa fria, a Oximetria de Pulso provou ser um método direto, objetivo e fiável para testar a vitalidade da polpa.

		oxigênio (%SpO ₂).	entre os 14 e os 42 anos	períodos que variam de 3 a 9 meses e atingiram %SpO ₂ leituras de pelo menos 89%.	
Ciobanu, G., Ion, I., & Ungureanu, L. (2012/04/ /Apr-Jun2012)	Testing of pulp vitality by pulsoximetry	Analisar a vascularização ao nível da maxila, incisivos e caninos permanentes, registando os valores da saturação de oxigênio da polpa com um oxímetro de pulso adaptado, e avaliar a sua eficácia na determinação da vitalidade pulpar.	120 dentes, incisivos centrais e laterais superiores e caninos, em pacientes com idades entre os 20 e 40 anos	O valor médio de SaO ₂ na polpa, para incisivos centrais superiores, era de 83,30%, para incisivos laterais superiores de 78,51%, e para caninos superiores de 84,56%. O valor médio de SaO ₂ no sangue arterial, registado ao nível dos dedos, era de 97%. No caso de dentes não vitais, o valor de SaO ₂ foi 0.	O oxímetro de pulso com sensor modificado representa um instrumento eficiente para determinação da vitalidade pulpar; A análise da vascularização pulpar no dente é o melhor método para a investigação da vitalidade da polpa; A oximetria de pulso fornece um método eficiente para pesquisas subsequentes em pacientes com patologias gerais, como, por exemplo, diabetes, quando as modificações vasculares gerais podem impactar no terminal da polpa vascularizada.
Pozzobon, M. H., de Sousa Vieira, R., Alves, A. M. H., Reyes-Carmona, J., Teixeira,	Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry	Conceber e construir um suporte de sensores dentários de Oximetria de Pulso personalizado, avaliar a eficácia	123 dentes de 84 crianças dos 4 aos 13 anos, sendo que caninos estão apenas incluídos nas idades entre os 10 e 13	A oximetria do pulso foi capaz de identificar todas as polpas clinicamente normais contidas na amostra, e todos os dentes endodonticamente tratados (controlos) não mostraram resposta. Assim, a taxa de precisão para a determinação do fluxo	A oximetria do pulso foi eficaz na determinação do fluxo sanguíneo da polpa nos dentes primários e permanentes utilizando o DPHS. Não foi possível demonstrar uma correlação entre o nível de SaO ₂ nos dedos e nos dentes.

C. S., de Souza, B. D. M., & Felipe, W. T. (2011)		na determinação do fluxo sanguíneo da polpa nos dentes primários e permanentes, e comparar os níveis de SaO ₂ obtidos nos dentes e no dedo mindinho dos pacientes.		sanguíneo da polpa utilizando o oxímetro foi de 100%.	
Sadique, M., Ravi, S. V., Thomas, K., Dhanapal, P., Simon, E. P., & Shaheen, M. (2014)	Evaluation of efficacy of a pulse oximeter to assess pulp vitality	Pesquisa para encontrar um método de determinação para avaliar a circulação pulpar envolvida no uso de comprimento de onda duplo espectrofotometria, fluxometria por laser Doppler (LDF) e oximetria de pulso.	Incisivos centrais superiores normais, incisivos laterais e caninos de 60 pacientes com idade entre os 15 e 40 anos	O grupo de controle (30 dentes não vitais) apresentou 0% de oxigênio. O valor médio de 85,11 (DP ± 2,07) para incisivos centrais superiores, 80,21 (DP ± 2,03) para incisivos laterais e 89,55 (DP ± 1,09) para caninos superiores. Valor médio no dedo indicador do paciente (grupo controle) foi de 95,88% (DP ± 0,66).	O oxímetro de pulso mostra-se como um método preciso para avaliar a vitalidade da polpa em comparação aos métodos contemporâneos.
Sandhu, G. K., Bal, C. S., Bhullar,	Evaluation and efficacy of new	Avaliar a eficácia e confiabilidade do teste de	114 dentes (45 vitais, 45 não vitais e 24 com	Os 45 dentes vitais responderam de igual modo no dia 0, 7 e 14, dando 100% de precisão.	Entre os testes de vitalidade pulpar, a Oximetria de Pulso mostrou-se o mais eficaz.

<p>K. K., & Singh, R. (2015/01/ /Jan-Jun2015)</p>	<p>custom made pulse oximeter dental probe in comparison with electric and termal test</p>	<p>Oximetria de Pulso, determinar a vitalidade de dentes não vitais, vitais e traumatizados em comparação com os testes térmicos e elétricos para obter uma terapêutica endodôntica com sucesso.</p>	<p>história de trauma); O estado da polpa foi estudado entre 7 a 14 dias</p>	<p>Os 45 dentes não vitais também deram 100% em todos os testes. Os 24 dentes traumatizados deram 29,20% no teste elétrico ao 14º dia, mas sem eficácia no dia 0 e no dia 7. Oximetria de Pulso deu 100% eficácia. Testes térmicos no 7º dia deram 33,3% e 70,80% no 14º dia.</p>	<p>O teste térmico (quente) foi o segundo mais eficaz pois mostrou 100% eficácia nos dentes saudáveis e não vitais, sendo menos eficaz nos dentes traumatizados.</p>
<p>Thirumalai, V., & Neelakantan, P. (2014)</p>	<p>Pulp vitality tests</p>	<p>Discutir os verdadeiros testes da vitalidade da polpa.</p>	<p>Fluxometria por laser Doppler; Mecanismo do LDF; Oximetria de Pulso; Teste de Cristal Líquido</p>	<p>O laser Doppler tem sido amplamente utilizado para monitorar mudanças dinâmicas no fluxo sanguíneo pulpar em resposta às mudanças de pressão e após a administração de anestesia local; O LDF pode diferenciar de forma confiável entre dentes saudáveis e não vitais; A oximetria de pulso é uma técnica que analisa as mudanças na transmissão da luz através de um leito vascular arterial pulsátil.</p>	<p>Embora técnicas como fluxometria doppler a laser e Oximetria de Pulso tenham demonstraram sucesso no diagnóstico, dificuldades técnicas ainda controlam a aplicação destas tendências emergentes na prática clínica de rotina.</p>

				Teste de Cristal Líquido usa cristais líquidos colestéricos para avaliar a diferença de temperatura entre polpas vitais e não vitais.	
Vaghela, D., & Sinha, A. (2011/01/ / Jan- Jun2011)	Pulse oximetry and laser doppler flowmetry for diagnosis of pulp vitality	Avaliar a Oximetria de Pulso e fluxometria Doppler a laser no diagnóstico de vitalidade pulpar.	Uma sonda contendo um dódo que emite luz em dois comprimentos de onda: luz vermelha de aproximadamente 660nm e luz infravermelha de aproximadamente 940 nm	Os resultados do estudo mostraram que o oxímetro adaptado a uma sonda odontológica é eficaz, preciso e um método objetivo de avaliar a vitalidade pulpar.	A falta de confiabilidade de testar a resposta do nervo da polpa do dente está bem documentada.
Bander, A. (2017)	Assessment of pulp oxygen saturation levels by pulse oximetry for pulp diseases	Conceber e construir um suporte de sensores dentários de PO personalizado, avaliar a eficácia do PO na determinação do fluxo sanguíneo da polpa nos dentes primários	Um oxímetro de pulso BCI 3301 (Smiths Medical PM Inc., Waukesha, WI, EUA) (Fig. 1a) combinado com dois sensores (3025) calibrados no Laboratório de Avaliação Técnica do Instituto de	A taxa de precisão para a determinação do fluxo sanguíneo da polpa utilizando o PO foi de 100%. O tempo necessário para o sinal de PO SaO2 foi menor nos dentes primários (PCI – média de 58,04 ± 18,01 s; PC – uma média de 64,07 ± 20,34 s) do que dentes permanentes.	A oximetria de pulso foi eficaz na determinação do fluxo sanguíneo da polpa nos dentes primários e permanentes utilizando o DPHS. Não foi possível demonstrar uma correlação entre o nível de SaO2 nos dedos e nos dentes.

		e permanentes, e comparar os níveis de SaO2 obtidos nos dentes e no dedo mindinho dos pacientes.	Engenharia Bio-Médica da UFSC; Um sensor foi usado para medir a saturação de oxigênio (SaO2), no dedo mindinho do paciente, e o outro para medi-lo nos dentes.		
Grabliauskienė, Ž., Zamaliauskienė, R., & Lodienė, G. (2021)	Pulp vitality testing with a developed universal pulse oximeter probe holder	Desenvolver um porta-sonda universal de oxímetro de pulso para medir a saturação de oxigênio e avaliar o uso da oximetria de pulso como um teste para a vitalidade da polpa, comparando os níveis de saturação de oxigênio no dedo indicador e em	Dentes livres de cáries, fraturas e descoloração; Boa Higiene oral; sem sangramento durante a sondagem; profundidade de sondagem periodontal entre 1mm e 3mm; sem mobilidade dentária; resposta normal ao teste de frio; sem história de dor ou trauma; sem calcificação da câmara pulpar; sem alterações	Em todos os pacientes, o nível de saturação de oxigênio no dedo indicador foi significativamente maior do que o de saturação do oxigênio em todos os tipos de dentes. Não houve correlações estatísticas significativas entre os níveis de oxigênio no dedo indicador e nos dentes superiores, embora os inferiores apresentem correlação positiva.	Este estudo confirmou o potencial uso clínico de um oxímetro de pulso com um suporte universal para verificar a vitalidade da polpa dentária.

		polpas dentárias saudáveis.	periapicais, reabsorção interna ou externa; sem dor à percussão e palpação. Pacientes com dentes tratados com canal radicular foram escolhidos para o grupo de controle negativo. 138 pacientes		
Shahi, P., Sood, P. B., Sharma, A., Madan, M., Shahi, N., & Gandhi, G. (2015)	Comparative study of Pulp Vitality in primary and Young Permanent Molars in Human Children with Pulse Oximeter and Electric Pulp Tester	Avaliar e comparar o oxímetro de pulso e o método convencional para analisar a vitalidade da polpa no 2º molar e 1º molar permanente jovem.	20 dentes (1º e 2º molares)	<p>O teste de polpa elétrica identificou 18 dos 20 dentes endodonticamente tratados não vitais como não vitais, enquanto 2 dentes tratados endodonticamente deram respostas falso-positivas.</p> <p>Todos os segundos molares primários vitais foram identificados como vitais.</p> <p>Dos 85 jovens, os primeiros molares permanentes vitais, o teste da polpa elétrica identificou 85, enquanto 17 dentes vitais deram respostas falsas negativas.</p>	Este estudo mostra que o oxímetro de pulso é objetivo, muito sensível e não invasivo que pode ser usado como um método de rotina para avaliar a vitalidade pulpar nos dentes primários, nos permanentes jovens e dentes permanentes maduros.

				O teste de polpa elétrica deu 11 respostas falsas.	
--	--	--	--	--	--

Tabela 5) Resultados relevantes dos artigos selecionados para revisão

DISCUSSÃO

1) Desenvolvimento do teste de diagnóstico

Em 1935, foi construído o primeiro dispositivo capaz de introduzir a saturação do oxigénio no sangue, *in vivo*, por tecido transluminante, por Carl Matthes.¹¹ Foram usados dois comprimentos de onda, um que era sensível às mudanças de saturação do oxigénio e outro da espessura do tecido. Contudo, o dispositivo tinha limitações quanto à calibragem e na obtenção de valores absolutos.¹¹

Em 1940, J. R. Squire,¹¹ desenvolveu uma técnica que consistia em comprimir o tecido de modo que o sangue fosse eliminado. Esta foi posteriormente usada como oxímetro de pulso em salas de operações. Ainda no mesmo ano, Glen Millikan¹¹ apelidou o termo “oxímetro” para descrever um aparelho usado no ouvido que visava detetar a saturação do oxigénio no sangue em grandes altitudes.¹¹

Após estes feitos, foram usados dispositivos similares para detetar episódios de dessaturação arterial em pacientes durante a anestesia.¹¹

O oxímetro de pulso foi inventado em 1970, por Takuo Aoyagi, um engenheiro biomédico que trabalhava na Shimadzu Company, em Kyoto, Japão.⁶

Já em 1972, Takuo Aoyagi,¹¹ descobriu que as curvas de wash-out eram modificadas devido ao fluxo pulsátil e ao tentar eliminá-las, detetou que as taxas de absorção diferem consoante os comprimentos de onda que dependem da saturação do oxigénio.¹¹

Posteriormente foram desenvolvidos díodos emissores de luz (LEDs), fotodetetores e microprocessadores adicionais que ajudaram na evolução da técnica, e os oxímetros de pulso foram amplamente introduzidos na prática clínica.¹¹

2) Oximetria de Pulso vs. Testes Convencionais

Para alcançar um resultado ótimo em qualquer tratamento, a precisão na avaliação do estado pulpar é fundamental.⁶

Em qualquer teste convencional é determinado o funcionamento dos nervos, o que leva muitas vezes a uma resposta errada porque a vitalidade pulpar é determinada pelo suprimento de sangue e não pelo funcionamento dos nervos.^{12,4}

Nos testes térmicos, por exemplo, em variadas situações clínicas, é difícil determinar o estado pulpar por consequência de dentes traumatizados, bruxismo e radioterapia.⁹

Em testes elétricos a fiabilidade na dentição decídua é mediana na avaliação do estado de saúde, mas ineficaz quando a polpa se encontrada afetada por doença ou trauma.^{2,4}

Geralmente, a polpa fica inflamada no momento após o trauma e a primeira fase de cura é a resposta vascular, que consiste numa hemorragia na zona danificada. Esta resposta vascular é seguida por uma resposta inflamatória que aparece nas primeiras horas após o acidente.^{8,2,3}

A fase seguinte inclui edema com maior permeabilidade dos vasos sanguíneos, causando alterações na estrutura das bainhas de mielina das fibras nervosas e, conseqüentemente, alterando a sua excitabilidade.^{8,3}

3) Estruturas intervenientes

A polpa, normalmente, apresenta-se inflamada logo após o trauma, e a primeira fase para regredir o processo é a resposta vascular, e por consequência haverá hemorragia na área danificada. Esta resposta vascular é seguida por uma resposta inflamatória que aparece nas primeiras horas após o trauma.^{8,2,3} A fase seguinte inclui edema com maior permeabilidade dos vasos sanguíneos, causando alterações na estrutura das bainhas de mielina das fibras nervosas e, conseqüentemente, alterando a sua excitabilidade.⁸

Existem dois tipos de fibras sensoriais presentes na polpa: mielinizado (fibras A) e não mielinizado (fibras C). As fibras A inervam predominantemente a dentina e são sob agrupadas de acordo com os seus diâmetros e velocidades de condução. As fibras C inervam o corpo da polpa.^{8,3}

4) Método de utilização

A Oximetria de Pulso é usada para avaliar o fluxo sanguíneo, medindo a saturação do oxigênio.¹¹ É uma abordagem atraumática que pode ser facilmente usada em crianças com medo e ansiedade dentária. Este método tem melhor prestação quando o sensor fica estável no dente durante a monitorização. Para expandir a utilização de oxímetro de pulso, é essencial que o transmissor e o detetor estejam paralelos.¹ No entanto, este dispositivo é confiável, de fácil acesso e disponibilidade para ter em consultório.⁴

O sensor do oxímetro funciona com dois tipos emissores de luz de díodos: luz vermelha (comprimento de onda de 640 nm) e luz infravermelha (comprimento de onda de 940 nm). Mudanças periódicas na quantidade de luz vermelha e infravermelha absorvida pelo leito vascular antes de chegar ao fotodetetor, indicam a mudança pulsátil no volume de sangue. Esta relação é utilizada pelo oxímetro de pulso para analisar a saturação do sangue arterial.^{13,11,7}

Noblett et al.⁹ modificou uma pinça de borracha e tentou detectar a circulação sanguínea da polpa, *in vitro*. Kahan et al.⁹ conduziram um estudo *in vivo* e mediram o nível de saturação de oxigênio em incisivos pela mesma técnica. Goho⁹ modificou uma sonda auditiva para avaliar a saturação de oxigênio no sangue em incisivos superiores. Gopikrishna et al.⁹ utilizou materiais plásticos ligados a uma pinça de amortecimento de borracha para fazer um suporte de sonda para dentes anteriores superiores.⁹ No entanto, esses métodos não mantêm o posicionamento paralelo dos LEDs e o fotodetetor da sonda.⁹

Stella et al.⁹ desenvolveu em aço inoxidável um porta-sonda de oxímetro de pulso adaptado apenas para os incisivos centrais superiores. Estrela et al.⁹ inventou dois suportes de aço inoxidável, um para pré-molares superiores e outro para molares.⁹

5) Valores de Saturação

Autor	Grupos	SaO2 média (%)
Bargrizan et al.(2)	Ápice fechado (incisivo central)	84,8
	Ápice fechado (incisivo lateral)	82,48
Caldeira et al.(4)	Saudável (CP)	93
	Pulpite reversível	92
	Pulpite irreversível	89

	Necrose pulpar Obturado (CN)	71 0
Ciobanu et al.(5)	Incisivo central Incisivo lateral Canino Dente não vital	83,3 78,51 84,56 0
Pozzobon et al.(6)	Incisivo central (primário) Canino (primário) Incisivo central (permanente) Canino (permanente)	58,04 64,07 83,4 76,07
Sadique et al.(7)	Incisivo central Incisivo lateral Canino Dente não vital	85,11 80,21 89,55 0
Vaghela et al.(11)	Saudável (CP) Pulpite reversível Pulpite irreversível Necrose pulpar Obturado (CN)	94,60 85,45 81,60 70,70 0
Grabliauskienė et al.(12)	<u>Maxila:</u> Incisivo Canino Pré-molar Molar <u>Mandíbula:</u> Incisivo Canino Pré-molar Molar	94,5 91,5 96 91 95,5 94 96 94

Tabela 6) Média dos valores de saturação

Os níveis de saturação de oxigénio da polpa em diferentes condições inflamatórias servem como uma ferramenta útil no diagnóstico das doenças da polpa.³

A sensibilidade e especificidade da oximetria de pulso nos grupos de controlo positivo são aproximadamente iguais e no controlo negativo é 0%.^{3,8}

Relativamente aos resultados adjacentes, podem variar, na quantidade de amostra, no método usado, na marca do oxímetro, nas idades dos pacientes e nos fatores ambientais.⁷

No estudo de Caldeira et al.⁸ foram recrutados 46 pacientes, enquanto no de Vaghela et al.³ há 100 pacientes, o que pode levar à diferença na média de valores.

Quanto à metodologia usada para comparação de valores e tempo, o teste Tukey HSD foi usado por Caldeira et al.⁸ e por Vaghela et al.³, no entanto, para os valores de saturação, o primeiro autor usou a classificação Spearman enquanto o segundo autor optou pelo método de análise de variância. Com a classificação Spearman, Caldeira et al.⁸ estudou correlação no grupo de controlo positivo e dentes traumatizados, contudo, no teste análise de variância, Vaghela et al.³, não obteve qualquer correlação entre os mesmos dois grupos.

Em questão de diferenças de tempo para avaliar os níveis de saturação, Caldeira et al.⁸ escolheu o teste Cochran Q e Vaghela et al.³ o coeficiente Pearson. Este modo avalia a correlação entre duas leituras após 30 segundos e após 30 minutos.³ No teste Cochran Q, a correlação é vista em três tempos diferentes e são eles aos 7, 30 e 60 dias após o trauma.⁸

No entanto, em termos de posição dos díodos e no uso do oxímetro, Caldeira et al. e Vaghela et al. adotaram a mesma fórmula.^{3,8}

Em termos de valores ditos normais em polpas aparentemente saudáveis, Ciobanu et al.⁶ e Pozzobon et al.² tiveram resultados muito aproximados nos incisivos centrais permanentes, com valores de 83,3%⁶ e 83,4%², respetivamente. Nos caninos permanentes não há o mesmo sucesso nos valores, visto que Ciobanu et al.⁶ obteve 84,56% no valor de saturação e Pozzobon et al.² apenas 76,07%. Estes dois autores estudaram o mesmo número de dentes, apenas com uma diferença de 3 dentes, mas diferiram nas idades dos pacientes pois Ciobanu et al.⁶ compreendeu idades entre 20 e 40 anos, e Pozzobon et al.² entre 4 e 13 anos de idade.^{2,6} Os parâmetros de inclusão para Ciobanu et al.⁶ foram: bom estado periodontal; sem modificações radiológicas apicais; sem reconstruções coronários, enquanto Pozzobon et al.² incluiu: dentes isentos de cáries, restauros ou defeitos de desenvolvimento; mobilidade.^{2,6}

Outra diferença relevante nos estudos falados são os oxímetros utilizados. O oxímetro de pulso NT portátil foi o escolhido por Ciobanu et al., Pozzobon et al. utilizou o oxímetro BCI 3301 com sensor 3025 em aço inoxidável.^{2,6}

Relativamente ao tempo de medições dos valores de saturação, Ciobanu et al. e Pozzobon et al. seguiram o mesmo método, análise de Pearson.^{2,6}

A análise de Pearson foi também usada no estudo de Sadique et al., que recrutou 60 pacientes entre os 15 e os 40 anos, incluindo: ausência de cárie, fratura ou descoloração; alterações radiográficas periapicais e boa saúde periodontal.^{2,6,7}

O oxímetro referente a este projeto foi o Critare 504 e os valores de saturação obtidos tanto nos centrais como nos caninos, são equivalentes aos de Ciobanu et al.⁶, sendo que as idades dos pacientes, o método de análise e os critérios de inclusão não diferem muito.^{6,7}

6) Eficácia

Devido à fiabilidade dos valores registados pelo oxímetro de pulso, o valor clínico é aceite de imediato em caso de dentes traumatizados, tendo uma importância especial, na monitoração dos pacientes após tratamentos conservadores, ou na verificação da vitalidade de alguns dados vitais.^{2,6,7}

A Oximetria de Pulso é capaz de detetar o fluxo sanguíneo de polpa através do esmalte e da dentina.²

Os níveis de saturação de oxigênio estão relacionados com a capacidade de transporte de oxigênio da hemoglobina, estes tendem a ser mais baixos nos dentes do que no resto do corpo devido à localização da polpa, que está rodeada de tecido duro criando assim um obstáculo na deteção da vascularização. Além disso, a difração da luz infravermelha através dos prismas de esmalte pode resultar em leituras mais baixas dos níveis de saturação de oxigênio.^{1,8,11}

Estes níveis diminuem durante a fase inflamatória do processo necrótico. Mesmo os dentes com polpas necróticas têm uma certa percentagem de oxigenação devido a possíveis restos de fluxo sanguíneo, mas os níveis são reduzidos.^{1,8}

7) Desvantagens

A dificuldade prática em usar um oxímetro de pulso está no suporte que precisa de ser adaptado aos contornos dos dentes e ajustado ao tamanho e forma. Tal como as sondas,

que deviam ser específicas consoante a anatomia do dente. Devia também haver mais facilidade da colocação do aparelho nas partes distais da cavidade oral.^{1,7,11}

Outra das desvantagens consiste na absorção associada ao sangue venoso e aos constituintes do tecido não são diferenciados, ou seja, o oxímetro lê os dados de forma igual.²

A vitalidade dos dentes traumatizados deve ser cuidadosamente monitorizada, porque as fibras nervosas podem recuperar a sua função ao longo do tempo.¹

CONCLUSÃO

Avaliar de forma precisa o estado de saúde da polpa dentária é um desafio.

O método de análise à vascularização pulpar, a oximetria de pulso, apresenta um nível alto de fiabilidade comparativamente com os testes de inervação da polpa.

No entanto, pode ser influenciada por uma série de fatores, como por exemplo, tamanho da amostra, dentes estudados (que diferem em tamanho e forma), os fatores ambientais, marcas de oxímetro de pulso e, geralmente, a metodologia utilizada.

São também observadas dificuldades técnicas quanto à aplicação deste método na prática clínica.

Contudo, o oxímetro de pulso com sensor modificado representa um instrumento eficiente para a determinação da vitalidade pulpar em pacientes comuns e em pacientes que apresentam patologias, melhorando assim este método de diagnóstico.

BIBLIOGRAFIA

1. 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.
2. Pozzobon MH, de Sousa Vieira R, Alves AMH, Reyes-Carmona J, Teixeira CS, de Souza BDM, et al. Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth using pulse oximetry: Assessment of pulp blood flow in primary and permanent teeth. *Dent Traumatol.* 2011;27(3):184–8.
3. Bander A. Assessment of pulp oxygen saturation levels by pulse oximetry for pulpal diseases –A diagnostic study. *J Clin Diagn Res.* 2017;11(9):ZC36–9.
4. 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.
5. Alghaithy RA, Qualtrough AJE. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review. *Int Endod J.* 2017;50(2):135–42.
6. Ciobanu G, Ion I, Ungureanu L. Testing of pulp vitality by pulsoximetry. *Int J Med Dent.* 2012/04//Apr-Jun2012;16(2):94–8.
7. Sadique M, Ravi SV, Thomas K, Dhanapal P, Simon EP, Shaheen M. Evaluation of efficacy of a pulse oximeter to assess pulp vitality. *J Int Oral Health.* 2014;6(3):70–2.
8. Caldeira CL, Barletta FB, Ilha MC, Abrão CV, Gavini G. Pulse oximetry: a useful test for evaluating pulp vitality in traumatized teeth. *Dent Traumatol.* 2016;32(5):385
9. Grabliauskienė Ž, Zamaliauskienė R, Lodienė G. Pulp vitality testing with a developed universal pulse oximeter probe holder. *Medicina (Kaunas).* 2021;57(2):101.
10. Buch A. Dental pulp testing : A review. *Journal of Ahmedabad Dental College & Hospital (JADCH).* 2012/03//Mar-Aug2012;3(1):2–6.
11. Vaghela D, Sinha A. Pulse oximetry and laser doppler flowmetry for diagnosis of pulpal vitality. *J Interdiscip Dent.* 2011/01//Jan-Jun2011;1(1):14.
12. Thirumalai V, Neelakantan P. PULP VITALITY TESTS. *Int J Clin Dent.* 2014;7(1):39–44.

13. Sandhu GK, Bal CS, Bhullar KK, Singh R. Evaluation and efficacy of new custom made pulse oximeter dental probe in comparison with electric and thermal test. An in-vivo study. *Indian Journal of Comprehensive Dental Care (IJCDC)*. 2015/01//Jan-Jun2015;5(1):523–7.
14. Lambert P, Miguens SAQ Jr, Solda C, Sganzerla JT, Reichert LA, Estrela C, et al. Reference values for pulp oxygen saturation as a diagnostic tool in endodontics: a systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod*. 2020;45(4):e48.