



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

***WEARABLES, NEARABLES E APPS NO DIAGNÓSTICO
DOS DISTÚRBIOS DE SONO: UMBRELLA REVIEW***

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:
Leandro Rodrigues Fernandes

Viseu, 2024



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

**WEARABLES, NEARABLES E APPS NO DIAGNÓSTICO
DOS DISTÚRBIOS DE SONO: *UMBRELLA REVIEW***

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa
para obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Por:
Leandro Rodrigues Fernandes

Orientador: Professor Doutor Nélio Veiga
Coorientador: Professora Doutora Susana Falardo

Viseu, 2024

Agradecimentos

Ao meu orientador, **Professor Doutor Nélio Veiga** pelo apoio e orientação oferecidos ao longo da minha jornada acadêmica.

À minha coorientadora, **Professora Doutora Susana Falardo** pela sua orientação e conselhos durante este percurso. A sua expertise foi fundamental para a realização desta tese.

À **Instituição, Professores e Funcionários** pela partilha de conhecimento ao longo destes longos anos.

Aos meus pais, gostaria de expressar a minha imensa gratidão pelo amor, apoio incondicional e encorajamento constante ao longo de toda a minha vida. Sem vocês, nada disso seria possível. Muito obrigado por tudo!

Aos meus avós e tios, pelas palavras de incentivo e presença constante ao longo destes anos, foram fundamentais para a minha trajetória.

Ao meu binómio, Hélio Libório, pelo companheirismo, ajuda tanto profissional como pessoal que foi fundamental para superar os desafios e alcançar nossos objetivos. Muito obrigado por estar ao meu lado em cada passo dessa jornada!

Aos amigos que Viseu me deu, **Mélanie, Carla, Tatiana, Carolina, Beatriz, José Miguel, Duarte, Francisco e André** por terem sido o meu refúgio, proporcionado tantos momentos de alegria e risos. Este percurso não seria o mesmo sem vocês!

Aos meus amigos conterrâneos, **Ana, Matilde, Tomás, Tiwi e Ramos** por estarem sempre lá para mim quando mais precisei!

Resumo

Introdução: O sono desempenha um papel crucial na manutenção da saúde cognitiva, cardiovascular, imunológica e metabólica. Ele é composto por diferentes estágios, incluindo o sono de ondas lentas (NREM) e o sono REM, cada um com características fisiológicas distintas e funções específicas. A Apneia Obstrutiva do Sono, um dos distúrbios respiratórios do sono mais prevalentes, está associada a diversas comorbidades graves, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo II e disfunções cognitivas. A polissonografia é o método padrão-ouro para o diagnóstico da AOS, mas apresenta limitações, como o elevado custo e desconforto para o paciente. Em resposta, a medicina está migrando para métodos de diagnóstico mais acessíveis e menos invasivos, incluindo o uso de *wearables*, *nearables* e *apps*. Estes dispositivos, oferecem uma alternativa promissora para o diagnóstico da AOS, fornecendo dados sobre os padrões de sono e sinais vitais de forma contínua e em ambientes domésticos. A adoção de tais tecnologias pode facilitar o diagnóstico precoce da AOS, contribuindo para intervenções mais eficazes e melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

Objetivos: O objetivo do presente estudo, foi realizar uma revisão sistemática, do tipo *umbrella review*, para avaliar se os dispositivos domésticos (*wearables*, *nearables* e *apps*) podem ser uma alternativa à polissonografia.

Materiais e métodos: A literatura considerada foi baseada nas diretrizes PRISMA com o intuito de responder à seguinte questão construída no formato PICO: “Pode a tecnologia de consumo doméstico ser uma alternativa fiável e eficaz no rastreio/diagnóstico de distúrbios do sono (AOS) para a identificação da população de risco como alternativa aos métodos convencionais tais como a PSG nível I e II?”. Os motores de busca utilizados foram a PubMed, Scopus e Cochrane Após os critérios de elegibilidade, de inclusão e exclusão, foi feita uma análise descritiva com os dados extraídos. A qualidade metodológica foi avaliada através da ferramenta AMSTAR-2, enquanto o risco de viés foi avaliado através do ROBIS.

Resultados: No total foram incluídas 6 revisões sistemáticas. Os artigos que constituem esta *umbrella review* exploram tecnologias emergentes, como aplicações para *smartphones*, dispositivos domésticos e inteligência artificial, no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono. Embora algumas dessas tecnologias mostrem potencial significativo, com vantagens como maior conforto e acessibilidade, elas ainda

apresentam limitações em termos de sensibilidade e especificidade, não substituindo completamente a polissonografia. A maioria dos estudos seguiu protocolos rigorosos, mas há necessidade de validação clínica adicional. No geral, as novas ferramentas têm o potencial de complementar, e eventualmente substituir, os métodos tradicionais, mas requerem desenvolvimento contínuo e validação mais ampla.

Conclusão: A análise revela que as tecnologias emergentes, como *smartphones*, dispositivos domésticos e inteligência artificial, têm o potencial de transformar o diagnóstico da apneia obstrutiva do sono. No entanto, esses avanços enfrentam desafios significativos, incluindo a necessidade de validação clínica rigorosa, padronização de métodos, e integração segura na prática clínica. A colaboração multidisciplinar e a aceitação por profissionais de saúde e pacientes são cruciais. Apesar dos desafios, essas inovações podem, no futuro, complementar ou até substituir a polissonografia, oferecendo abordagens mais acessíveis e personalizadas para o manejo da apneia obstrutiva do sono.

Palavras-chave: Wearables, Nearables, Apps, Diagnóstico da apneia obstrutiva do sono, polissonografia, revisão sistemática

Abstract

Introduction: Sleep plays a crucial role in maintaining cognitive, cardiovascular, immunological and metabolic health. It is made up of different stages, including slow-wave sleep (NREM) and REM sleep, each with distinct physiological characteristics and specific functions. Obstructive Sleep Apnea, one of the most prevalent respiratory sleep disorders, is associated with several serious comorbidities, such as cardiovascular disease, type II diabetes and cognitive dysfunction. Polysomnography is the gold standard method for diagnosing OSA, but it has limitations, such as high cost and discomfort for the patient. In response, medicine is moving towards more accessible and less invasive diagnostic methods, including the use of wearables, nearables and apps. These devices offer a promising alternative for diagnosing OSA, providing data on sleep patterns and vital signs continuously and in home environments. The adoption of such technologies could facilitate the early diagnosis of OSA, contributing to more effective interventions and improving patients' quality of life.

Objectives: The aim of this study was to carry out a systematic umbrella review to assess whether home devices (wearables, nearables and apps) could be an alternative to polysomnography.

Materials and Methods: The literature considered was based on the PRISMA guidelines in order to answer the following question constructed in the PICO format: "Can home consumer technology be a reliable and effective alternative in the screening/diagnosis of sleep disorders (OSA) for the identification of the at-risk population as an alternative to conventional methods such as level I and II PSG?". The search engines used were PubMed, Scopus and Cochrane. Once the eligibility, inclusion and exclusion criteria had been met, a descriptive analysis was carried out on the data extracted. Methodological quality was assessed using the AMSTAR-2 tool, while risk of bias was assessed using ROBIS.

Results: A total of 6 systematic reviews were included. The articles reviewed explore emerging technologies, such as smartphone apps, home devices and artificial intelligence, in the diagnosis of obstructive sleep apnea. Although some of these technologies show significant potential, with advantages such as greater comfort and accessibility, they still have limitations in terms of sensitivity and specificity, and do not completely replace polysomnography. Most studies have followed strict protocols, but there is a need for additional clinical validation. Overall, the new tools have the potential

to complement, and eventually replace, traditional methods, but they require continuous development and more extensive validation.

Conclusions: The analysis reveals that emerging technologies, such as smartphones, home devices and artificial intelligence, have the potential to transform the diagnosis of obstructive sleep apnea. However, these advances face significant challenges, including the need for rigorous clinical validation, standardization of methods, and safe integration into clinical practice. Multidisciplinary collaboration and acceptance by healthcare professionals and patients are crucial. Despite the challenges, these innovations may in the future complement or even replace polysomnography, offering more accessible and personalized approaches to the management of obstructive sleep apnea.

Keywords: Wearables, Nearables, Apps, Diagnosis of obstructive sleep apnea, polysomnography, systematic review

Índice Geral

Agradecimentos	V
Resumo	VIII
Abstract.....	IX
Índice de abreviaturas.....	XIII
Índice de tabelas e figuras.....	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Estrutura do sono	2
1.1.1 Funções do sono	3
1.2 Distúrbios do sono	4
1.2.1 Distúrbios respiratórios do sono (DRS).....	6
1.3 Métodos de diagnóstico dos DRS	6
1.3.1 Estadiamento da PSG.....	8
1.3.2 Limitações da PSG I.....	9
1.4 Wearables, Nearables e Apps	11
1.4.1 Wearables	11
1.4.2 Nearables	13
1.4.3 Apps	14
2. MATERIAIS E MÉTODOS	15
2.1 Caracterização do estudo	16
2.2 Critérios de seleção	17
2.3 Recolha dos dados	18
3. RESULTADOS.....	19
3.1 Processo de seleção dos artigos, PRISMA	20
3.2 Característica dos estudos	22

3.3 Avaliação da qualidade metodológica	29
3.4 Avaliação do Risco de Viés.....	34
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO	41
6 BIBLIOGRAFIA.....	45

Índice de abreviaturas

AOS – Apneia obstrutiva do sono

ATP – Adenosina trifosfato

AVC – Acidente vascular cerebral

CPAP – *Continue Positive Airway Pressure*

DRS – Distúrbios respiratórios do sono

ECG – Eletrocardiograma

EEG – Eletroencefalograma

FDA – *Food and Drug Administration*

ICSD – *International Classification of Sleep Disorders*

NREM – *Non Rapid Eye Movement Sleep*

PPG – Fotopletismografia

PSG – Polissonografia

REM – *Rapid Eye Movement Sleep*

SIM – *Subscriber identity module*

Índice de tabelas e figuras

Tabela 1	Formato da questão PICO	16
Tabela 2	Critérios de Inclusão e Exclusão para a seleção dos artigos.	17
Tabela 3	Equação de pesquisa utilizada na PubMed e Scopus e Cochrane.	18
Tabela 4	Características dos estudos incluídos na umbrela review.....	25
Tabela 5	Critérios adotados para a análise da qualidade metodológica.	31
Tabela 6	Critérios adotados para a análise do risco de viés	34
Figura 1	Fluxograma representativo da seleção dos estudos.....	21

1. INTRODUÇÃO

1.1 Estrutura do sono

A definição clássica do sono baseia-se em características fisiológicas reversíveis que incluem a redução do movimento corporal e da atividade eletromiográfica, a diminuição da resposta a estímulos externos e a redução da frequência respiratória.(1)

A estrutura do sono é baseada em dois estados: sono de movimento ocular rápido – *Rapid Eye Movement Sleep* (REM) e sono de ondas lentas – *Non-Rapid Eye Movement Sleep* (NREM).(2)

No NREM identificamos 3 subfases (N1, N2 e N3), cada uma com características únicas.(2,3) Estes estádios do sono foram descobertos com o uso de registos eletroencefalográficos (EEG) que traçam os padrões elétricos da atividade cerebral:(3)

- O 1º estágio (N1), o sono é superficial. Esta fase desempenha um papel de transição da fase de vigília para o sono, no qual o corpo começa a relaxar e a atividade cerebral começa a diminuir, sendo facilmente interrompida por um ruído perturbador;
- No 2º estágio (N2, sono consolidado), a atividade cerebral continua a diminuir, e o corpo relaxa ainda mais. Neste estágio, ocorrem os complexos K (ondas cerebrais características deste estágio) e os sinais vitais (frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura) começam a diminuir;
- O 3º estágio (N3) é o sono profundo. Nesta fase, o corpo encontra-se em relaxamento total, permitindo o processo de regeneração e reparação do corpo;
- No estágio REM, volta a haver uma intensa atividade cerebral, durante a qual ocorrem os sonhos vividos e intensos. Esta fase é importante para o processo da consolidação da memória e para o equilíbrio emocional. Há uma atonia muscular e explosões de movimento oculares rápidos. Nesta fase, os sinais vitais voltam a aumentar.(3,4)

1.1.1 Funções do sono

O correto funcionamento do sono é essencial para o sistema cognitivo, cardiovascular, cerebrovascular, imunológico e para as funções metabólicas.(5)

Durante a fase N1, ocorre a liberação de melatonina, o que induz a sonolência. Na fase N2, há uma diminuição dos ritmos cardíacos e respiratórios, acompanhada de um relaxamento muscular e redução da temperatura. Por fim, na fase N3, ocorre o pico da liberação da hormona de crescimento (ajuda a manter o tônus muscular) e da leptina (controla a sensação de saciedade) e o cortisol começa a ser libertado até este atingir o seu pico, no início da manhã.(6) Já na fase REM, ocorre um repouso psicológico, que contribui para um bem-estar emocional e para a consolidação da memória.(5)

A redução do tempo total de sono pode levar a uma diminuição da leptina e a um aumento da grelina (causa a sensação de fome e reduz o gasto energético). Essas alterações hormonais afetam o apetite, modificando o padrão da ingestão alimentar. Esta situação é uma das explicações para a relação entre a falta de sono e a obesidade.(6)

A tolerância à glicose varia ao longo do dia, atingindo o seu mínimo à meia-noite. Isso ocorre devido a uma redução da sensibilidade à insulina, que por sua vez, depende da qualidade do sono. No início da noite, o metabolismo da glicose é mais lento devido à predominância do sono de ondas lentas, o que está associado a uma redução na captação de glicose pelo cérebro. Estes efeitos são invertidos no final da noite, quando as fases N1 e REM são predominantes, aumentando a probabilidade de ocorrerem despertares. Desta forma, a falta de sono pode estar relacionada também com o desenvolvimento de diabetes.(7)

A consolidação e o armazenamento da memória durante o sono ocorrem através do hipocampo e do córtex, regiões que permanecem simultaneamente ativas nas diferentes fases do sono. O córtex está mais ativo nas fases de vigília e REM do que o hipocampo, enquanto nas subfases NREM, a atividade de ambos é equivalente.(8)

As representações da memória são reativadas e reorganizadas em redes neurais durante o sono, processo realizado ao nível do hipocampo. O córtex serve para integrar traços da memória relacionados e sobrepostos.(8)

Segundo a teoria da “homeostase sináptica”, a força sináptica cerebral aumenta ao longo do dia, acumulando-se durante a exposição aos acontecimentos diários. Durante o sono, especialmente na fase de ondas lentas (N3), ocorre uma redução sináptica no córtex, conservando energia e evitando a saturação das ligações sinápticas. Esta redução da atividade sináptica pode beneficiar indiretamente a aprendizagem e a memória.(8,9)

Durante a fase REM, os mecanismos responsáveis pela regulação da temperatura corporal ficam suspensos. Por esta razão, a presença de temperaturas ambientais extremas pode interromper o sono.(8)

1.2 Distúrbios do sono

Os distúrbios do sono estão entre as complicações de saúde mais comuns, estima-se que 50 a 70 milhões de americanos sofrem de um distúrbio do sono.(10)

Segundo a terceira edição da *International Classification of Sleep Disorders* (ICSD), os distúrbios do sono foram classificados em sete categorias principais:(11)

- Insónia: dificuldade em iniciar e/ou manter o sono ou acordar precocemente;
- Distúrbios respiratórios relacionados com o sono (DRS): incluem a Apneia obstrutiva do sono (AOS), apneia central do sono, distúrbios de hipoventilação, distúrbios de hipoxemia relacionados ao sono e ronco;
- Distúrbios centrais da hipersonolência: incluem a narcolepsia, síndrome do sono insuficiente e hipersonolência idiopática;
- Perturbações do ritmo circadiano sono-vigília: incluem a fase tardia/avançada do sono, *jet lag* e distúrbio do trabalho por turnos;
- Parassónia: incluem sonambulismo, distúrbio comportamental do sono de movimento rápido dos olhos e terrores noturnos;
- Perturbações do movimento relacionadas com o sono: incluem a síndrome das pernas inquietas, o bruxismo do sono, o movimento periódico involuntário dos membros durante o sono e câibras nos membros inferiores;
- Outros distúrbios do sono: todos os distúrbios do sono-vigília que não são classificados nos outros lugares.(11–13)

Com o atual aumento da prevalência de obesidade na população mundial, especialmente nas sociedades ocidentais, observa-se uma maior prevalência dos DRS.(14) Um estudo sobre a prevalência dos distúrbios do sono numa comunidade ocidental demonstrou que a AOS é o distúrbio do sono mais prevalente atualmente nessa região.(15)

A AOS é uma doença com elevada prevalência, cerca de 1,2% a 7,5% da população está diagnosticada com AOS. No entanto suspeita-se que grande parte da população ainda não esteja diagnosticada.(16)

As AOS estão associadas a várias patologias, tanto a nível endócrino quanto mental, como obesidade, doenças cardiovasculares, cancro, doença pulmonar obstrutiva crónica, AVC, diabetes mellitus tipo II, depressão e ansiedade.(12) É provável que a prevalência da AOS aumente com o envelhecimento da sociedade.(17)

As AOS estão na origem de acidentes laboratoriais e acidentes de viação. Além disso, são um fator de risco para DRS, podendo causar uma maior deterioração funcional/cognitiva, bem como um aumento das comorbilidades, tais como hipertensão arterial, arritmias, cardiopatia isquémica, tromboembolismo pulmonar, hipertensão arterial pulmonar, diabetes mellitus tipo II e insuficiência cardíaca.(18)

Desta forma, o peso das AOS nos cuidados de saúde é considerável, devido à elevada prevalência de DRS não tratada e ao risco de resultados adversos significativos em termos de saúde e bem-estar.(19)

Assim, é necessário um diagnóstico precoce e correto para tratar as AOS de forma a melhorar a qualidade de vida.(20)

1.2.1 Distúrbios respiratórios do sono (DRS)

O termo “distúrbios respiratórios do sono” (DRS) refere-se a perturbações respiratórias que resultam de alterações na respiração durante o sono, sendo a AOS a perturbação mais comum dentro desta categoria, devido à sua prevalência que afeta cerca de 9-38% da população.(20–22)

A AOS é uma doença crónica caracterizada pela paragem recorrente do fluxo de ar, devido a um colapso da via aérea superior durante o sono que resulta no bloqueio total (apneia) ou parcial (hipopneia) da via aérea. O bloqueio da via aérea superior causa uma paragem na respiração até que ocorra um microdespertar, o que leva a uma reativação muscular.(18)

A gravidade da AOS é avaliada pelo índice de apneia-hipopneia, que considera o número médio de apneias (paragem do fluxo de ar com uma duração de pelo menos 10 segundos) e hipopneia por hora durante o sono. A hipopneia é definida por três fatores: 1) redução substancial do fluxo de ar (>50%); 2) redução moderada do fluxo de ar (<50%) associada à dessaturação de oxigénio (>3%); 3) redução moderada do fluxo de ar com evidência eletroencefalográfica de excitação.(21)

A AOS não tratada pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares fatais e não fatais. Esta apresenta sinais como: ressonar, sonolência excessiva diurna, irritabilidade, perda de memória e de concentração e alterações de humor. Como consequência, tem havido um aumento da pesquisa científica focada na monitorização e previsão da AOS.(23)

1.3 Métodos de diagnóstico dos DRS

O diagnóstico da AOS tem como base a história clínica e polissonografia (PSG).(20) O ronco é o sintoma mais frequente que sugere um diagnóstico de DRS.(19)

Existem quatro tipos de PSG:

- PSG I: é o exame *gold-standard* realizado para diagnosticar a AOS. É realizado em laboratório com a presença constante de um técnico, assim avalia vários parâmetros fisiológicos, como o ronco, respiração, atividade cerebral, estágios do sono, o ritmo cardíaco e os movimentos

corporais. Esta é realizada com vários sensores, incluindo o oxímetro de pulso, EEG, eletrooculograma, eletromiograma de queixo e membros, eletrocardiograma (ECG), registros de fluxo de ar, movimento torácico, saturação de oxigénio, gravação de vídeo e microfone;

- PSG II (PSG em ambulatório sem gravação de vídeo): define-se pelos mesmos parâmetros da PSG I, com as diferenças que não necessita da presença constante de um técnico, o número de canais para EEG é menor e o ECG pode ser substituído por um monitor de frequência cardíaca. Este exame é configurado para ser realizado em casa;
- PSG III (sistema portátil modificado): é um estudo cardiorrespiratório que inclui ventilação, medida com pelo menos dois canais de movimento respiratório ou de fluxo de ar, frequência cardíaca e saturação de oxigénio. Apenas as variáveis cardiorrespiratórias são avaliadas, sendo que os parâmetros neurológicos para o estadiamento do sono não estão incluídos;
- PSG IV: utiliza gravações contínuas de bioparâmetros com dispositivos que medem no mínimo um parâmetro, geralmente sendo a saturação de oxigénio.(24)

As indicações para a utilização da PSG são:

- Utilização de rotina nos distúrbios respiratórios do sono, no tratamento com ventilação nasal de pressão contínua (CPAP – “*Continue Positive Airway Press*”) em pacientes com distúrbios respiratórios do sono, na avaliação dos resultados do tratamento de distúrbios do sono, na avaliação e rastreio de comportamentos durante o sono;
- É indicada especificamente para estudo de transtornos neuromusculares e sintomas relacionados com o sono, para auxiliar no diagnóstico de interrupções do sono, para realizar o diagnóstico diferencial entre parassónia e distúrbios do sono epiléticos;
- Não é indicada como rotina no diagnóstico de doenças crónicas pulmonares, pacientes com crises epiléticas ou outros eventos que não tenham queixa específica com um distúrbio do sono.(25)

Os critérios de diagnóstico requerem a presença de sintomas/sinais (fadiga, ronco, sonolência associada, insônia, perturbação respiratória noturna subjetiva ou apneia observada) ou uma patologia médica associada (hipertensão, fibrilhação auricular, doença arterial coronária, insuficiência cardíaca congestiva, disfunção cognitiva, diabetes ou perturbação do humor), além de cinco ou mais apneias/hipopneias por hora de sono durante a PSG.(11)

Outro critério para o diagnóstico da AOS é uma frequência de eventos respiratórios obstrutivos de 15 eventos por hora. Este critério é válido para diagnóstico mesmo na ausência de sintomas ou perturbações associadas.(11)

1.3.1 Estadiamento da PSG

Nos registros da PSG, o sono é estagiado na seguinte terminologia: estágio W (vigília), estágio N1, estágio N2, estágio N3 e estágio R (REM).(26)

O sono sincronizado corresponde aos estágios N1, N2 e N3, caracterizados por ondas lentas com a frequência entre os 0,5-2 Hertz por segundo. Durante esses estágios, ocorre uma desaceleração do ritmo cardíaco e respiratório, diminuição da pressão sanguínea e relaxamento muscular contínuo.(26)

O sono dessincronizado corresponde ao estágio REM e caracteriza-se por ondas de baixa amplitude e alta frequência, presença de movimentos oculares rápidos, atonia muscular (exceto do diafragma e dos músculos oculares).(26)

Na estrutura de sono em condições regulares e de não distúrbio, o estadiamento é feito da seguinte forma:

- N1: representa 2-5% do tempo total de sono. É a transição entre a vigília e o sono, caracterizada por uma atividade de ondas cerebrais de baixa amplitude e frequência mista, movimentos oculares lentos e início do relaxamento muscular;
- N2: representa 45-50% do tempo total de sono. É um sono leve a moderado e constitui a maior parte do tempo total de sono. Caracteriza-se pela presença de fusos do sono e complexos K, redução dos movimentos oculares e diminuição da frequência cardíaca e respiratória, com continuação do relaxamento muscular;

- N3: representa 18-25% do tempo total de sono. É o sono profundo, caracterizado por um predomínio de ondas delta, que são ondas de alta amplitude e baixa frequência. Há uma diminuição significativa do tônus muscular, dificuldade para despertar e a frequência cardíaca e respiratória apresentam níveis baixos;
- Estágio R: representa 20-25% do tempo total de sono. Caracteriza-se por movimentos oculares rápidos, a atividade cerebral semelhante ao estado de vigília com baixa amplitude e alta frequência, ocorre uma paralisia temporária dos músculos esqueléticos (exceto para os músculos envolvidos na respiração e nos movimentos oculares) e existe oscilações entre a frequência cardíaca e respiratória.(26)

A análise dos diferentes estágios do sono é crucial para diagnosticar os vários distúrbios do sono. A distribuição anormal dos estágios do sono pode indicar problemas específicos que necessitam de intervenções médicas.(26)

1.3.2 Limitações da PSG I

Independentemente da PSG I ser considerada o método *gold-standard* para avaliar os parâmetros da qualidade do sono em laboratório, esta método apresenta algumas limitações, tais como:

- Ambiente artificial: dificuldade em dormir num ambiente de laboratório afetando a qualidade e quantidade do sono durante o exame. Além do efeito da primeira noite, onde os pacientes não dormem tão bem devido à novidade do ambiente, estes fatores podem influenciar os resultados do estudo;
- Custo e acessibilidade: a polissonografia em laboratório é dispendiosa devido ao equipamento especializado, à infraestrutura necessária e à presença de técnicos durante a noite. A disponibilidade de laboratórios de sono pode ser limitada, especialmente em áreas subdesenvolvidas, o que dificulta o acesso a este exame;
- Invasividade e conforto: o uso de múltiplos sensores e elétrodos no corpo pode ser desconfortável e interferir no sono do paciente. A quantidade de fios e sensores conectados ao paciente restringem os

seus movimentos durante o sono, impactando negativamente a qualidade do sono registrado;

- Duração do estudo: a polissonografia é geralmente realizada numa única noite. No entanto, os distúrbios do sono podem variar de noite para noite, assim uma única noite pode não ser representativa dos padrões de sono típicos do paciente;
- Interpretação dos resultados: a interpretação dos dados da polissonografia requer um conhecimento especializado e diferentes técnicos e médicos podem ter variações na interpretação dos resultados;
- Natureza limitada de dados comportamentais e subjetivos: o exame não captura completamente os hábitos e o ambiente do sono do paciente em casa, o que pode ser crucial para um diagnóstico abrangente.(26–28)

Devido ao elevado número de pacientes que se estima ainda estarem por diagnosticar e dada a elevada prevalência de comorbilidades associadas à AOS, é fundamental realizar o rastreio e identificação da população de risco. Assim, a utilização de alternativas menos dispendiosas para o rastreio de AOS, por meio de tecnologias, tem sido uma prioridade médica e da comunidade científica.(27)

Atualmente há um esforço para facilitar o diagnóstico através de métodos mais simplificados, como a utilização de aparelhos domésticos para o diagnóstico ser realizado a nível domiciliar, que registam apenas variáveis respiratórias, especialmente para pacientes com alta suspeita de AOS.(26)

1.4 *Wearables, Nearables e Apps*

A medicina está a passar por uma transformação digital significativa. Atualmente, estão a ser produzidas, recolhidas e organizadas grandes quantidades de dados de saúde, desde dados hospitalares até informações geradas por indivíduos através de *wearables* (dispositivos vestíveis, de uso por contacto), *Nearables* (transmissores de baixa potência que se comunicam com smartphones e outros dispositivos próximos) e *Apps*.(29,30)

Esses dispositivos operam com base no princípio de que o movimento está correlacionado com a vigília e que longos períodos de inatividade estão associados ao sono.(29)

1.4.1 *Wearables*

Os *Wearables* são dispositivos eletrónicos de contacto utilizados como acessórios. Entre os *wearables* destinados à avaliação do sono, os sensores de acelerómetro de pulso são os mais comuns.(28)

Muitos *wearables* permitem a aquisição de dados fisiológicos durante o sono.(17)

O conceito desses dispositivos consiste em fornecer dados gerais sobre os padrões diários de repouso e atividade. Embora a maioria dos *wearables* consiga classificar corretamente os períodos de sono verdadeiros, eles frequentemente erram ao classificar os períodos de vigília. Esse erro ocorre porque, mesmo quando estamos em vigília, um ligeiro movimento do braço pode ser interpretado como sono, levando a uma má interpretação de um dispositivo que monitoriza apenas o movimento grosseiro.(31)

Alguns exemplos de *wearables* reconhecidos e validados pela sociedade científica que estão disponíveis no mercado são:

- *NightOwl*: é um pequeno sensor que é colocado na ponta do dedo (sensor *NightOwl*). Este dispositivo é projetado para ser aplicado e iniciado pelo próprio paciente, fixando o sensor na ponta do dedo com um adesivo. O sensor adquire dados de acelerómetro e sinais de fotopletismografia (PPG), que medem a intensidade de luz refletida pela

superfície da pele. O estado final dos eventos respiratórios está associado a despertares corticais ou autônomos, que ativam o sistema nervoso simpático. Esses eventos causam uma vasoconstrição da artéria digital, alterando o tônus arterial periférico e diminuindo a amplitude do sinal de PPG, devido à diminuição da perfusão do tecido periférico. O *NightOwl* analisa estas alterações presentes no tônus arterial periférico.(32)

- *BiologixTM*: dispositivo constituído por um oxímetro sem fios de alta resolução com um acelerómetro incorporado, associado a uma aplicação para *smartphone* e a um algoritmo automatizado na nuvem para a deteção da dessaturação de oxigénio. Este *wearable* é validado apenas no Brasil.(33)
- *WatchPAT ONE*: é um monitor de sono descartável e de uso único, aprovado pela FDA, projetado para diagnosticar distúrbios respiratórios do sono, tal como a AOS. O dispositivo é composto por um sensor de pulso que mede alterações no volume do pulso arterial, um sensor de oximetria, um sensor de frequência cardíaca e um acelerómetro. O paciente aplica o dispositivo na ponta do dedo antes de ir dormir. Durante a noite, o dispositivo monitoriza continuamente a tonometria arterial periférica, a saturação de oxigênio, a frequência cardíaca e os movimentos corporais, registando eventos de apneia e hipopneia. O *WatchPAT ONE* recolhe e armazena dados durante o período de uso, sendo eficaz com apenas uma noite de uso.(34)

Além dos *wearables* validados cientificamente, existem também *wearables* que ainda não estão validados cientificamente, mas estão presentes no mercado como dispositivos de consumo doméstico. Os exemplos mais comuns destes *wearables* são as *smartbands* e os *smartwatch*.

A *Fitbit ChargeHR* é um exemplo de uma *smartband*. Esta está equipada com um sensor de acelerómetro triaxial que calcula passos e o gasto energético através de um algoritmo próprio, e um sensor de PPG que deteta oscilações microvasculares do volume de sangue no tecido, usado para calcular a frequência cardíaca. Os dados são recolhidos em forma de onda, composta por um componente pulsátil gerado pelas alterações cardíacas sincronizadas com o volume de sangue a cada batimento

cardíaco, e por componentes de frequência lenta atribuídos à respiração, à atividade do sistema nervoso simpático e à termorregulação.(35)

1.4.2 *Nearables*

Os *nearables*, ou dispositivos de proximidade, são outro tipo tecnologia utilizada para consumo doméstico que têm ganhado espaço na sociedade, embora a maioria ainda não tenha validação científica. Esses dispositivos são normalmente colocados sobre ou sob o colchão e realizam medições como o ritmo cardíaco através da balistocardiografia, movimentos torácicos associados à respiração, ressonar, temperatura corporal e do ambiente, níveis de umidade e movimentos do corpo.(31)

Contudo, vários fatores podem influenciar o desempenho desses dispositivos, incluindo diferenças posturais, variabilidade do índice de massa corporal e condições clínicas pré-existentes.(36)

Alguns exemplos de *nearables* presentes no mercado são:

- *Beddit Sleep Tracker*: é um sensor colocado sob o colchão que transmite dados sobre o movimento corporal, a respiração, o ritmo cardíaco e estimativas automatizadas do tempo na cama através de uma ligação por Bluetooth com uma aplicação concebida para calcular os parâmetros do sono. Um algoritmo automatizado transforma estes parâmetros de sono num gráfico de fácil leitura, permitindo a comparação das várias noites de registo.(37)
- *EmFit*: é um sensor de movimento flexível colocado sob o colchão, ao nível do tórax. Este dispositivo, usado em contextos clínicos para determinar os movimentos durante o sono, é composto por camadas finas de um polímero leve e elástico, separadas por espaços vazios de ar e revestidas com camadas condutoras de eletricidade. As alterações de pressão no polímero criam uma carga na superfície condutora, que é avaliada como um sinal de tensão. Este dispositivo está equipado com um cartão SIM que transmite os dados em tempo real para um servidor,

permitindo o registo contínuo das horas de entrada e saída da cama sem a necessidade de um diário de sono.(38)

1.4.3 Apps

As *apps* para rastreio do sono são programas especializados que podem ser descarregados em dispositivos médicos/smartphones para monitorizar o sono.(39)

Os *smartphones* possuem uma ampla gama de sensores, como giroscópios, microfones e acelerómetros, que são utilizados para acompanhar os padrões de sono.(36)

Diversas *apps* para rastreio do sono estão disponíveis em lojas digitais, como a “*Google Play Store*”. Entre as *Apps* mais descarregadas, destacam-se:

- *SnoreLab*: é uma aplicação que está em fase de validação para monitorizar o sono. Ela recolhe parâmetros como a hora de início e fim do sono, tempo total na cama, duração e percentagem de sono tranquilo, e o tempo total e níveis de ronco (leve e alto). A aplicação oferece uma avaliação precisa do ronco, com valores de precisão aceitáveis.(40)
- *Sleep Cycle*: utiliza os sensores de acelerometria e microfone incorporados no *smartphone* para rastrear o sono e fornecer despertadores personalizados, acordando os usuários nos horários ideais (durante o sono leve).(36)
- *iSleep*: emprega o microfone incorporado no *smartphone* para detetar eventos que ocorrem durante o sono, como movimentos corporais, ronco e tosse, processando os sinais acústicos para fornecer uma análise detalhada.(36)

Assim, foi definido como objetivo do presentes estudo, a realização de uma revisão sistemática, do tipo *umbrella review*, para avaliar se os dispositivos domésticos (*wearables*, *nearables* e *apps*) podem ser uma alternativa à polissonografia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização do estudo

Delineamento

Este estudo foi delineado como uma *umbrella review*, que tem como objetivo reunir todas as evidências empíricas que se enquadram nos critérios de seleção pré-especificados (tabela 2) de forma a restringir a nossa pesquisa para se conseguir responder a uma questão de pesquisa específica, definida através do formato de questão PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) (tabela 1), fornecendo assim descobertas mais confiáveis permitindo tomar decisões e tirar conclusões. A pesquisa foi realizada em 3 bases de dados e para tal formulou-se uma equação de pesquisa (tabela 3) utilizando palavras-chaves combinadas com termos MeSH.

Questão de investigação

Pode a tecnologia de consumo doméstico ser uma alternativa fiável e eficaz no rastreio/diagnóstico de distúrbios do sono (AOS) para a identificação da população de risco como alternativa aos métodos convencionais tais como a PSG nível I e II?

Tabela 1 Formato da questão PICO

P (<i>Population</i>)	I (<i>Intervention</i>)	C (<i>Comparison</i>)	O (<i>Outcome</i>)
Identificação da população de risco	Rastreio/diagnóstico de distúrbios do sono (AOS)	Métodos convencionais tais como a PSG nível I e II	Avaliar a eficácia e fiabilidade da tecnologia de consumo doméstico para rastreio/diagnóstico de distúrbios do sono (AOS)

2.2 Critérios de seleção

Base de dados e estratégia de pesquisa

Após a formulação da questão PICO, foram definidos e aplicados filtros de inclusão e exclusão (tabela 2).

Tabela 2 Critérios de Inclusão e Exclusão para a seleção dos artigos.

Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
-Artigos com menos de 5 anos	-Artigos com mais de 5 anos
-Revisões sistemáticas	-Livros e documentos
-Artigos com menção à estrutura/função do sono	-Meta-análises e ensaios clínicos
-Artigos com menção com screening/diagnóstico AOS (ronco, resistência da via aérea superior e hipopneias em pacientes adultos)	-Artigos que apenas refiram o Tratamento de distúrbios de sono
-Artigos com menção à utilização de Wearables/Nearables/Apps	-Artigos sobre o diagnóstico por PSG
-Pacientes adultos	-Pacientes com menos de 18 anos (idade pediátrica)

2.3 Recolha dos dados

A pesquisa foi realizada entre 12 de Janeiro de 2024 a 08 de Agosto de 2024 com o recurso a três das principais bases de dados PubMed, Scopus e Cochrane.

De forma a combinar os termos MeSH com as palavras pesquisáveis foram utilizados os termos booleanos “AND” e “OR” e definiu-se a equação de pesquisa: (“Wearables” OR “Nearables” OR “Apps” And “Sleep disorders” OR “Sleep diagnosis” OR “Obstructive Sleep apnea”) para a PubMed e (“Wearables” OR “Nearables” OR “Apps”) And Obstructive Sleep apnea OR “Sleep diagnosis”) para a Scopus e Cochrane (Tabela 3).

Tabela 3 Equação de pesquisa utilizada na PubMed e Scopus e Cochrane.

Equação de Pesquisa	Base de dados
((“Wearables” OR “Nearables” OR “Apps”) And Sleep disorders [Mesh] And “Sleep diagnosis” OR Obstructive Sleep apnea[Mesh])	PubMed
((“Wearables” OR “Nearables” OR “Apps”) And Obstructive Sleep apnea OR “Sleep diagnosis”)	Scopus e Cochrane

3. RESULTADOS

3.1 Processo de seleção dos artigos, PRISMA

A pesquisa sistemática da literatura identificou alguns estudos potencialmente relevantes nas três bases de dados, nomeadamente 463 artigos provenientes da PubMed, 18 do Scopus e 34 da Cochrane, obtendo um total de 515 estudos que por sua vez foram inseridos no Rayyan para assim se poder dar início a seleção dos estudos.

Inicialmente, excluíram-se os estudos duplicados (25 artigos) e posteriormente através da leitura dos títulos e *abstract*, removemos os estudos que não se apresentavam relevantes para esta pesquisa, estudos que abordavam apenas tratamento da AOS e estudos sem menção a dispositivos ou aplicações para o diagnóstico da AOS (469 artigos).

Ficamos com um total de 21 estudos, onde após a leitura integral destes, eliminamos aqueles que não se encontravam em concordância com a temática e/ou não cumpriam os requisitos dos critérios de inclusão ou exclusão através do sistema prisma (15 artigos).

Por fim através deste método de seleção ficamos com um total de 6 estudos.

Durante esta seleção procedeu-se à diminuição do risco de viés com a seleção cega de dois investigadores. O processo de seleção dos estudos está demonstrado na figura 1.

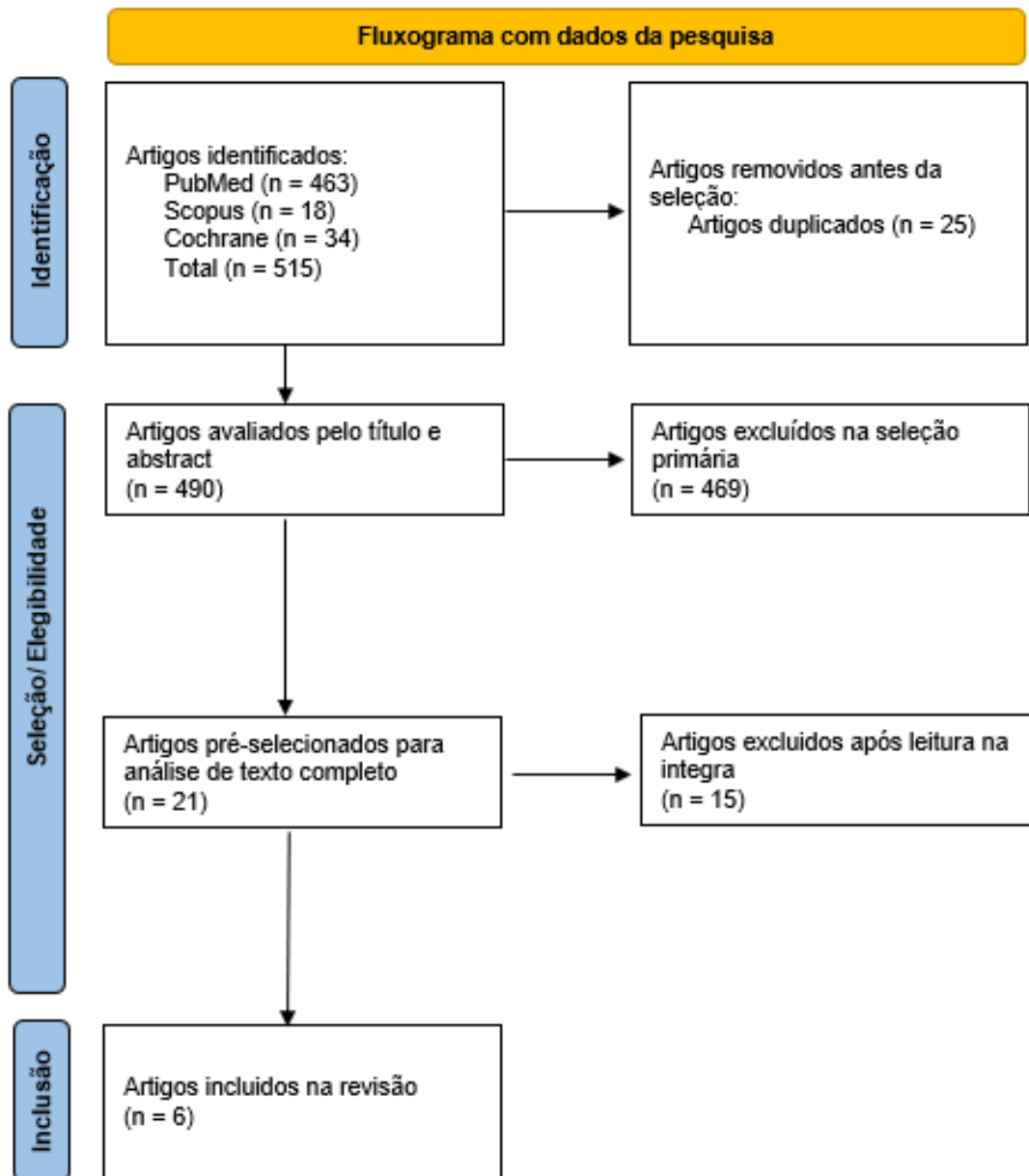


Figura 1 Fluxograma representativo da seleção dos estudos

3.2 Característica dos estudos

A seguinte tabela (tabela 4) demonstra as características recolhidas dos estudos incluídos. Todos os artigos apresentam uma questão específica construída no formato PICO, mas apenas dois artigos, nomeadamente *“Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review and meta-analysis”* do autor Kim DH, et al. e o *“Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy”* do autor Pires GN, et al. realizaram meta-análise. Apenas dois artigos realizaram registo de protocolo, sendo estes o artigo *“The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review”* do autor Duarte M, et al. e o artigo *“Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy”* do autor Pires GN, et al. Apenas o artigo *“Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea”* do autor Espinosa MA, et al. utilizou apenas uma base de dados para realizar a pesquisa e o artigo *“The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea”* do autor Brennan HL, et al. utilizou duas bases de dados.

Dois artigos não definiram uma estratégia de busca sendo estes o artigo *“Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review and meta-analysis”* do autor Kim DH, et al. e o artigo *“The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea”* do autor Brennan HL, et al. Todos os artigos apresentam os critérios de inclusão e exclusão que utilizaram nas suas respetivas pesquisas, assim como o tipo de material. Apenas dois artigos não apresentam uma análise de qualidade e risco de viés, sendo estes o artigo *“Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea”* do autor Espinosa MA, et al. e o artigo *“The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea”* do autor Brennan HL, et al.

Em relação aos resultados dos quatro artigos, ambos fornecem uma visão abrangente das tecnologias emergentes para o diagnóstico e rastreio da AOS, incluindo aplicações para smartphones, dispositivos domésticos e inteligência artificial, O artigo *“A systematic review of smartphone applications and devices for*

obstructive sleep apnea" do autor Baptista PM, *et al.* analisou a eficácia das aplicações para smartphone e dispositivos móveis no diagnóstico e rastreamento da AOS e indicou que várias aplicações mostram um potencial para detectar sinais de AOS, utilizando microfones embutidos para monitorar o ronco e as pausas na respiração durante o sono. Além disso alguns dispositivos móveis, incluindo wearables, mostram-se eficazes na monitorização de parâmetros como a frequência cardíaca e os movimentos corporais, que podem estar associados à AOS. O artigo "*Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review*" do autor Kim DH, *et al.* focou o valor das aplicações para smartphones no diagnóstico da AOS, os resultados revelaram uma variação na sensibilidade (capacidade de identificar corretamente pacientes com AOS) e na especificidade (capacidade de identificar corretamente indivíduos sem AOS) das aplicações, com algumas alcançando níveis adequados para um rastreamento preliminar, mas sem substituir completamente a PSG, diferentes aplicações utilizam tecnologias como análise de áudio, detecção de movimentos e monitorização da frequência cardíaca para identificar possíveis casos de AOS. O artigo "*Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea: A Comprehensive Review*" do autor Espinosa MA, *et al.* analisou o progresso dos dispositivos domésticos na detecção da AOS, diversos dispositivos, incluindo wearables e nearables, mostraram-se promissores na detecção da AOS, com alguns a alcançar uma precisão e confiabilidade próxima à da PSG, a simplicidade do uso e o conforto proporcionado por estes dispositivos aumentam a aderência dos pacientes à monitorização regular do sono. O artigo "*The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea*" do autor Brennan HL, *et al.* explorou o papel da inteligência artificial no tratamento da AOS, mostrando melhorias significativas na precisão do diagnóstico e na eficácia dos tratamentos em estudos preliminares, os algoritmos da inteligência artificial permitem uma personalização dos tratamentos com base nos dados individuais do paciente, potencialmente melhorando a eficácia do tratamento e possibilitando a monitorização contínua e em tempo real. O artigo "*The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review*" do autor Duarte M, *et al.* identificou e analisou as ferramentas digitais mais precisas para triagem ou diagnóstico da AOS na população adulta, estas ferramentas foram divididas em cinco categorias e a ferramenta que apresentou os melhores resultados (AUC de 0,99, sensibilidade de 96% e especificidade de 92%) foi um gravador de áudio não invasivo. Por fim, o artigo

“Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy” do autor Pires GN, *et al.* avaliou a eficácia das tecnologias do sono voltadas para consumidores no diagnóstico da AOS e os resultados mostraram que, embora essas tecnologias sejam promissoras e acessíveis, a maioria ainda apresenta limitações em termos de precisão comparada ao padrão ouro, a polissonografia nível I. Alguns dispositivos demonstraram boa correlação com a polissonografia, mas a necessidade de mais validações externas foi destacada.

Os seis artigos concluem que as novas tecnologias atuais, apresentam um potencial significativo para melhorar o diagnóstico e rastreamento da AOS, embora ainda existam desafios a serem superados, tais como, a necessidade de uma maior validação clínica e um desenvolvimento contínuo para que estas tecnologias se tornem métodos confiáveis e amplamente aceitos, capazes de complementar ou até substituir a polissonografia atual.

Tabela 4 Características dos estudos incluídos na umbrela review.

Número o Artigo	Título	Ano	Autor	PICO	Registo Protocolo	Nº Artigos incluídos	Metanálise	Base de dados	Estratégia busca
1	A systematic review of a smartphone applications and devices for obstructive sleep apnea	2022	Baptista, PM <i>et al.</i>	Sim	Não	44	Não	PubMed, Scopus, mobile device app marketplaces, MEDLINE (OVID), EMBase, ISI web of science	Sim
2	Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review and meta-analysis	2022	Kim DH, <i>et al.</i>	Sim	Não	11	Sim	PubMed, Embase, the Web of Science, SCOPUS, the Cochrane and Google Scholar	Não
3	Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea	2023	Espinosa MA, <i>et al.</i>	Sim	Não	42	Não	PubMed	Sim
4	The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea	2023	Brennan HL, <i>et al.</i>	Sim	Não	30	Não	PubMed and Embase	Não
5	The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review	2023	Duarte M, <i>et al.</i>	Sim	Sim	41	Não	PubMed, Scopus and Web of Science	Sim
6	Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy	2022	Pires GN, <i>et al.</i>	Sim	Sim	36	Sim	PubMed, Scopus, Web of Science and Cochrane	Sim

Número Artigo	Data busca	Exclusão duplicadas	Idiomas Incluídos	Crítérios de inclusão	Crítérios de exclusão	Tipo de material
1	1 de janeiro de 2008 até 1 de setembro de 2020	33 Apps duplicadas	Inglês e Espanhol	Aplicações para a apneia do sono que tenham literatura publicada ou aplicações que podem ser utilizadas num contexto clínico	Aplicações não relevantes para o âmbito desta investigação, aplicações educativas ou de divulgação, aplicações que promovam uma empresa ou um indivíduo, aplicações que exijam hardware específico que tenha de ser adquirido separadamente e aplicações em línguas que não o inglês	Aplicações e dispositivos dirigidos ao consumidor para o diagnóstico, monitorização e tratamento dos DRS
2	Maio 2021	319	Sem restrições	Estudos que analisem o sono com um dispositivo e/ou acessórios de telemóvel; Estudos de cohort; Comparação entre um smartphone e a PSG; Artigos que contenham dados sobre os valores de sensibilidade e especificidade	Relatos de casos; artigos de revisão; diagnóstico ou rastreio da AOS com outros dispositivos portáteis, exceto smartphone.	Avaliou o distúrbio do sono com PSG e smartphone
3	2013-2023	0	Inglês	Seleção de dispositivos comerciais capazes de medir variáveis que permitem o diagnóstico da AOS; artigos sobre algoritmos aplicados para a deteção da AOS; dispositivos que monitorizam um ou vários sinais utilizados na PSG	sem qualquer valor mensurável, especificamente os que não demonstraram exatidão, sensibilidade ou especificidade	Dispositivos e soluções comerciais e independentes para detetar a AOS
4	1999-2022	0	Inglês	Estudos focados na aplicação da inteligência artificial na orientação e avaliação do diagnóstico/tratamento da apneia obstrutiva do sono	Os artigos que não estavam em inglês e artigos que não se centravam na implementação da IA no diagnóstico/tratamento da AOS	Inteligência artificial no contexto do diagnóstico/tratamento da apneia obstrutiva do sono
5	Artigos publicados antes de novembro de 2022	477	Sem restrições	Estudos que incluíram doentes adultos com suspeita de AOS ou com diagnóstico de AOS e que avaliaram a exatidão das ferramentas clínicas digitais para o rastreio ou diagnóstico da AOS, tendo a polissonografia como padrão-ouro	Estudos que avaliaram a precisão das ferramentas digitais em mulheres grávidas ou na população pediátrica que utilizaram o HSAT ou outros tipos de estudos do sono como teste de referência, bem como intervenções que utilizaram apenas uma parte dos dados obtidos por polissonografia como teste índice	Ferramentas digitais e plataformas de saúde baseadas em smartphones utilizadas para o rastreio ou diagnóstico da AOS na população adulta

6	Sem restrições	Não menciona	Inglês, Português, Espanhol, Finlandês e Islandês	Resumos: artigos que apresentam um resumo, independentemente do idioma; Tipo de fonte: estudos originais/primários completos, relatórios e conjuntos de dados; Participantes: indivíduos com idade ≥ 18 anos, sem restrição quanto ao sexo e presença de distúrbios do sono ou comorbidades concomitantes; Teste índice: CSTs destinados ao rastreio da AOS ou do ressonar; Teste de referência: PSG de noite inteira tipo I ou tipo II, realizada de acordo com os requisitos da AASM; Desenho do estudo: estudos transversais, emparelhados dentro do sujeito e não intervencionais em que tanto o teste de referência como o teste índice foram utilizados num grupo de participantes no mesmo período e sob as mesmas condições de configuração; Condição-alvo e medidas de resultado: AOS ou ressonar, medidos e diagnosticados numa PSG de noite inteira do tipo I ou do tipo II e que indiquem pelo menos um dos principais resultados	Resumos: artigos que não apresentam um Abstract; Tipo de fonte: artigos teóricos, revisões sistemáticas, meta-análises e estudos meta-epidemiológicos; Participantes: estudos com uma amostra de participantes com idade inferior a 18 anos; Teste índice: dispositivos e aplicações que não podem ser considerados como um CST de acordo com as definições fornecidas acima, incluindo HSATs; Teste de referência: estudos sem PSG ou realizados com qualquer tipo de estudo do sono que não seja de noite inteira do tipo I ou do tipo II; Conceção do estudo: estudos em que os testes de referência e de índice não foram utilizados nos mesmos participantes, período ou contextos; Condição-alvo e medidas de resultados: nenhuma informação relativa a qualquer um dos principais resultados.	Dispositivos e aplicações para a deteção da apneia obstrutiva do sono e do ressonar em comparação com a polissonografia
---	----------------	--------------	---------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Número Artigo	Análise de qualidade	Risco de Viés	Ferramenta/análise dados	Resultados	Conclusões
1	Sim	Sim	National Institute for Health and Clinical Excellence	Várias aplicações para smartphone mostraram potencial para detetar sinais de AOS, utilizando microfones embutidos para monitorar o ronco e pausas na respiração durante o sono. Alguns Wearables, mostraram-se eficazes na monitorização de parâmetros, tais como, frequência cardíaca e movimentos corporais, que podem estar associados à AOS.	As aplicações para smartphones e os Wearables para deteção e rastreio da AOS são promissoras, no entanto, existe a necessidade de mais validação clínica para confirmar a sua eficácia e precisão. Estes dispositivos oferecem uma solução conveniente e acessível, especialmente em locais onde a PSG não está facilmente disponível.
2	Sim	Sim	Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies	As aplicações para smartphones variaram em termos de sensibilidade e especificidade, estes não substituem completamente a PSG, mas podem servir como ferramentas de triagem preliminar eficazes. Diferentes aplicações utilizam tecnologias como análise de áudio, deteção de movimentos e monitorização de frequência cardíaca para identificar possíveis casos de AOS.	As aplicações para smartphone podem ser ferramentas eficazes de triagem preliminar para AOS, mas não substituem a PSG como padrão ouro. Existe uma variação significativa na sensibilidade e especificidade entre as diferentes aplicações, indicando a necessidade de melhorias e validações adicionais.
3	Não	Não	N.A.	Diversos Wearables mostraram-se promissoras na deteção de AOS, alguns podem alcançar níveis de precisão e confiabilidade próximos aos da PSG, especialmente quando utilizados em conjunto com algoritmos avançados de análise de dados. A simplicidade de uso e o conforto proporcionado aumentam a aderência dos pacientes à monitorização regular do sono.	Os Wearables têm mostrada avanços significativos no rastreio da AOS, com alguns alcançando uma precisão comparável à PSG. Contudo, ainda existem desafios em termos de precisão e confiabilidade em diferentes populações e condições de sono, necessitando de mais pesquisa e desenvolvimento.
4	Não	Não	N.A.	Algoritmos da inteligência artificial permitem a personalização dos tratamentos com base em dados individuais, possibilita a monitorização contínua e em tempo real, ajustando os tratamentos conforme necessário.	A inteligência artificial pode transformar o diagnóstico e tratamento da AOS através de uma personalização e monitorização contínua, mas a implementação desta necessita de mais validação clínica e integração com sistemas de saúde existentes.

5	Não	Sim	Joanna Briggs Institute	<p>As ferramentas digitais foram divididas em cinco categorias: ferramentas baseadas em smartphones, wearables, sensores de cama/colchão, dispositivos de fluxo nasal e outros sensores. A ferramenta que apresentou os melhores resultados foi um gravador de áudio não invasivo, que grava sons do sono e os analisa por meio de uma técnica de deep learning. Outra ferramenta que se destacou foi o Sonomat, que alcançou, utilizando sensores de pressão para detetar movimentos respiratórios e classificar eventos de AOS.</p>	<p>O estudo concluiu que há um número crescente de ferramentas digitais inovadoras que mostram um potencial significativo para a triagem e diagnóstico da AOS. No entanto, há uma grande variação na precisão e validade dessas ferramentas. Muitas delas ainda precisam de validação externa robusta e de estudos comparativos rigorosos com a polissonografia, que é o padrão ouro. O estudo recomenda mais pesquisas para avaliar a utilidade clínica dessas ferramentas em ambientes diversos, especialmente aquelas com resultados promissores como o uso de gravações de áudio e sensores baseados em pressão.</p>
6	Sim	Sim	Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies	<p>Embora as tecnologias voltadas para consumidores (wearable e nearables) sejam promissoras e acessíveis, a maioria ainda apresenta limitações em termos de precisão comparada ao padrão ouro (polissonografia). Alguns dispositivos demonstraram boa correlação com a polissonografia, mas a necessidade de mais validações externas foi destacada.</p>	<p>Este estudo conclui que, embora as tecnologias de sono voltadas para consumidores apresentem um potencial significativo na triagem de AOS, há uma falta de dados robustos que validem sua eficácia comparada aos métodos tradicionais, como a polissonografia. A maioria dos dispositivos apresenta limitações em termos de precisão diagnóstica e ainda necessita de validações externas mais rigorosas. Portanto, enquanto essas tecnologias são promissoras, o estudo ressalta a importância de uma maior padronização e de mais pesquisas para determinar sua eficácia em populações amplas e diversas antes que possam ser recomendadas para uso clínico generalizado.</p>

3.3 Avaliação da qualidade metodológica

A tabela 5 apresenta os critérios adotados para a análise de qualidade metodológica dos estudos através da ferramenta AMSTAR-2, que analisa a qualidade de revisões sistemáticas, especificamente aquelas que incluem estudos randomizados e não randomizados de intervenções de saúde, com as suas respectivas respostas.

Os critérios analisados, tais como, a seleção dos desenhos dos estudos a incluir, uma estratégia de pesquisa bibliográfica abrangente, a descrição dos estudos incluídos, uma explicação satisfatória e uma discussão de qualquer heterogeneidade sobre os resultados receberam uma resposta positiva para todos os artigos incluídos. Os critérios analisados, tais como, uma declaração explícita em que os métodos de revisão foram estabelecidos antes da realização da revisão, a lista dos estudos excluídos e a justificativa para a exclusão dos mesmos, as fontes de financiamento dos estudos incluídos, e a análise sobre uma síntese quantitativa receberam uma resposta negativa para todos os artigos incluídos.

Tabela 5 Critérios adotados para a análise da qualidade metodológica.

Autor/ano	As perguntas de investigação e os critérios de inclusão incluíram os componentes do PICO?	O relatório da revisão contém uma declaração explícita de que os métodos de revisão foram estabelecidos antes da realização da revisão e o relatório justifica quaisquer desvios significativos do protocolo?	Os autores da revisão explicaram a seleção dos desenhos dos estudos a incluir na revisão?	Os autores da revisão utilizaram uma estratégia de pesquisa bibliográfica abrangente?	Os autores da revisão efetuaram a seleção dos estudos em duplicado?	Os autores da revisão realizaram a extração de dados em duplicado?	Os autores da revisão forneceram uma lista dos estudos excluídos e justificaram as exclusões?
Baptista PM, <i>et al.</i> 2022	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Kim DH, <i>et al.</i> 2022	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Espinosa MA, <i>et al.</i> 2023	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
Brennan HL, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não
Duarte M, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Pires GN, <i>et al.</i> 2022	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Autor/ano	Os autores da revisão descreveram os estudos incluídos com o detalhe adequado?	Os autores da revisão utilizaram uma técnica satisfatória para avaliar o risco de viés (RoB) em estudos individuais que foram incluídos na revisão?	Os autores da revisão informaram sobre as fontes de financiamento dos estudos incluídos na revisão?	Se foi efetuada uma meta-análise, os autores da revisão utilizaram métodos adequados para a combinação estatística dos resultados?	Se foi efetuada uma meta-análise, os autores da revisão avaliaram o potencial impacto do RoB em estudos individuais nos resultados da meta-análise ou de outra síntese de evidências?	Os autores da revisão tiveram em conta o RoB em estudos individuais quando interpretaram/discutiram os resultados da revisão?
Baptista PM, <i>et al.</i> 2022	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Kim DH, <i>et al.</i> 2022	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Espinosa MA, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Brennan HL, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Duarte M, <i>et al.</i> 2023	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim
Pires GN, <i>et al.</i> 2022	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim

Autor/ano	Os autores da revisão forneceram uma explicação satisfatória e uma discussão de qualquer heterogeneidade observada nos resultados da revisão?	Se efetuaram uma síntese quantitativa, os autores da revisão efetuaram uma investigação adequada do viés de publicação e discutiram o seu impacto provável nos resultados da revisão?	Os autores da revisão comunicaram quaisquer potenciais fontes de conflito de interesses, incluindo qualquer financiamento que tenham recebido para efetuar a revisão?
Baptista PM, <i>et al.</i> 2022	Sim	Não	Sim
Kim DH, <i>et al.</i> 2022	Sim	Não	Não
Espinosa MA, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Sim
Brennan HL, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Sim
Duarte M, <i>et al.</i> 2023	Sim	Não	Sim
Pires GN, <i>et al.</i> 2022	Sim	Não	Sim

3.4 Avaliação do Risco de Viés

Os critérios considerados para a análise do risco de viés dos estudos incluídos, foram avaliados por meio da ferramenta ROBIS e descritos na tabela 6. Os artigos dos autores Baptista PM, *et al.* e Kim DH, *et al.* Duarte M, *et al.* e Pires GN, *et al.* receberam uma resposta de baixo risco em todos os parâmetros. O artigo do autor Brennan HL, *et al.* apresentou um critério de risco desconhecido. E o artigo do autor Espinosa MA, *et al.* apresentou um critério com alto risco e dois critérios com um risco desconhecido.

Tabela 6 Critérios adotados para a análise do risco de viés

Autor/ ano	Critérios de elegibilidade do estudo	Identificação e seleção de estudos	Recolha de dados e avaliação do estudo	Síntese e conclusões	Risco de enviesamento na revisão
Baptista PM, <i>et al.</i> 2022	-	-	-	-	-
Kim DH, <i>et al.</i> 2022	-	-	-	-	-
Espinosa MA, <i>et al.</i> 2023	-	+	?	-	?
Brennan HL, <i>et al.</i> 2023	-	-	?	-	-
Duarte M, <i>et al.</i> 2023	-	-	-	-	-
Pires GN, <i>et al.</i> 2022	-	-	-	-	-

- = baixo risco; + = alto risco; ? = risco desconhecido

4. DISCUSSÃO

A polissonografia tipo I continua a ser o método padrão *gold-standard* para o diagnóstico e rastreamento da AOS e de outros distúrbios do sono. No entanto, esse exame, embora seja altamente preciso, enfrenta várias limitações, como o alto custo, a necessidade de um ambiente clínico especializado e a invasão do procedimento, o que pode dificultar a repetição e o acompanhamento a longo prazo. Em resposta a essas limitações, os seis artigos analisados exploram alternativas viáveis à polissonografia, destacando o uso de tecnologias digitais e domésticas, como aplicações para os *smartphones* e dispositivos domésticos no diagnóstico e rastreamento da AOS e de outros distúrbios do sono, que podem não apenas complementar, mas também superar algumas dessas limitações.

As tecnologias baseadas em aplicações para *smartphones* e dispositivos móveis emergem como soluções promissoras, oferecendo diagnósticos acessíveis e a possibilidade de uma monitorização contínua da AOS. Com a crescente proliferação dos *smartphones*, essas ferramentas têm o potencial de popularizar o acesso ao diagnóstico inicial, permitindo que um maior número de pessoas monitore os seus padrões de sono e identifiquem possíveis sinais de AOS, especialmente em áreas onde o acesso a serviços de saúde especializados é limitado. A capacidade de usar dispositivos que as pessoas já possuem e utilizam diariamente para o diagnóstico de distúrbios do sono pode levar a uma maior taxa de detecção precoce e intervenções oportunas. Isso é evidenciado pelo artigo "*The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review*" do autor Duarte M, *et al.*, que menciona que um gravador de áudio não invasivo baseado em *smartphones*, utilizando técnicas de *deep learning*, demonstrou alta precisão na detecção da AOS. Essa abordagem pode, assim, facilitar a detecção precoce e intervenções oportunas.

Contudo, é importante destacar que, apesar do potencial dessas ferramentas, o artigo "*Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy*" do autor Pires GN, *et al.*, aponta que muitas dessas tecnologias ainda estão em fase preliminar de desenvolvimento e carecem de uma validação robusta, tal como o artigo "*A systematic review of smartphone applications and devices for obstructive sleep apnea*" do autor Baptista PM, *et al.*, e o artigo

"*Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review*" do autor Kim DH, *et al.*, também ressaltam a necessidade de uma validação rigorosa e padronização desses métodos, indicando que a pesquisa ainda está numa fase preliminar. A variabilidade na qualidade dos dados recolhidos por esses dispositivos é uma preocupação significativa. Estudos mostram que, para que essas ferramentas possam ser adotadas de forma ampla, é essencial que passem por validações externas rigorosas em diferentes populações e contextos. Uma revisão sobre as atuais aplicações de rastreamento do sono para smartphones realizada pelo Behar J, *et al.*, destaca que muitas dessas aplicações ainda precisam de melhorias significativas na precisão e na capacidade de interpretar dados complexos do sono de forma confiável.(41) Sem essa validação, há um risco de resultados falsos que podem comprometer o diagnóstico e tratamento adequado dos pacientes.

Além das aplicações móveis, os dispositivos domésticos também ganham destaque pela sua capacidade de realizar uma monitorização contínua e prolongada dos padrões de sono, o que proporciona uma visão mais precisa e abrangente da AOS. Eles são particularmente importantes para pacientes que podem ter dificuldades em ter acesso a laboratórios de sono ou que necessitam de um acompanhamento mais prolongado. O artigo "*The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review*" do autor Duarte M, *et al.*, destaca o potencial de dispositivos como o Sonomat, que utiliza sensores de pressão para detetar movimentos respiratórios, alcançando uma sensibilidade de 100% e especificidade de 96%, sugerindo que tais dispositivos podem complementar ou até substituir a polissonografia em certos contextos. No entanto, a aceitação desses dispositivos pelos pacientes e a variabilidade na sua precisão são desafios que precisam ser abordados. O artigo "*Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea: A Comprehensive Review*" do autor Espinosa MA, *et al.*, sugere que existe um grande potencial para substituir ou complementar os métodos tradicionais de diagnóstico, especialmente em ambientes menos clínicos. Estes dispositivos oferecem uma abordagem conveniente e menos invasiva, mas a variabilidade na precisão e a aceitação dos pacientes são questões críticas.

A revisão enfatiza que os dispositivos domésticos variam amplamente em termos de complexidade e confiabilidade, sugerindo que nem todos os dispositivos

domésticos são igualmente eficazes, o que implica a necessidade de estudos comparativos adicionais e validações clínicas para assegurar que esses dispositivos possam ser confiáveis e eficazes numa variedade de situações clínicas. Um artigo do autor Walzel S, *et al.*, também reforça a necessidade de uma validação dos dispositivos comerciais, destacando que muitos *smartwatches* populares ainda não alcançam a precisão dos oxímetros de referência para detetar a hipóxia.(42)

O artigo do autor Kuna ST, *et al.*, reforça a importância de métodos de diagnósticos acessíveis e eficazes fora do ambiente hospitalar, apoiando a ideia de que *wearables* e *nearables* podem desempenhar um papel crucial no manejo da AOS.(43)

Outra fronteira promissora na gestão da AOS é a aplicação da inteligência artificial. A inteligência artificial tem o potencial de transformar tanto o diagnóstico quanto o tratamento da AOS, o artigo "*The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea*" do autor Brennan HL, *et al.*, refere que a inteligência artificial pode revolucionar o diagnóstico e o tratamento da AOS através da personalização das terapias e da capacidade de melhorar a monitorização e o diagnóstico dos pacientes de forma mais precisa e contínua. De acordo com o artigo "*The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review*" do autor Duarte M, *et al.*, as ferramentas da inteligência artificial são especialmente eficazes em analisar grandes volumes de dados complexos, como os dados gerados durante o sono, para identificar padrões e prever eventos de AOS. No entanto, apesar do seu potencial, a implementação prática da inteligência artificial enfrenta desafios tecnológicos e clínicos, como a complexidade dos algoritmos e a necessidade de uma integração com os sistemas de saúde existentes. Além disso, há o risco de criar uma dependência excessiva dessa tecnologia, o que pode levar à negligência de métodos tradicionais e bem-estabelecidos. A revisão do autor Bazoukis G, *et al.*, também destaca que, embora a inteligência artificial possa melhorar significativamente a precisão diagnóstica, a sua implementação prática ainda enfrenta barreiras tecnológicas e clínicas.(44)

Os artigos analisados apresentam algumas limitações. No artigo "*A systematic review of smartphone applications and devices for obstructive sleep apnea*" do autor Baptista PM, *et al.*, existe uma falta de validação rigorosa das aplicações e dispositivos em populações diversas, e a variação na qualidade dos dados recolhidos pelos

dispositivos móveis afeta a confiabilidade dos resultados. No artigo "*Diagnostic value of smartphone in obstructive sleep apnea syndrome: A systematic review*" do autor Kim DH, *et al.*, a diferença significativa nos métodos e populações estudadas dificulta a comparação direta dos resultados, e há também uma falta de estudos de longo prazo que avaliem a eficácia das aplicações ao longo do tempo. No artigo "*Advancements in Home-Based Devices for Detecting Obstructive Sleep Apnea: A Comprehensive Review*" do autor Espinosa MA, *et al.*, os dispositivos variam amplamente em termos de precisão e confiabilidade, além da adesão e aceitação dos pacientes ao uso contínuo desses dispositivos serem uma questão importante. No artigo "*The role of artificial intelligence in the treatment of obstructive sleep apnea*" do autor Brennan HL, *et al.*, refere que a complexidade dos algoritmos da inteligência artificial pode dificultar a sua implementação prática e aceitação clínica, e a dependência excessiva da inteligência artificial poder levar à negligência de outros métodos de tratamento e rastreio. O artigo "*The Role of Novel Digital Clinical Tools in the Screening or Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea: Systematic Review*" do autor Duarte M, *et al.*, ressalta que, embora a inteligência artificial tenha grande potencial, a complexidade dos algoritmos e a falta de integração com os sistemas de saúde existentes podem dificultar a sua implementação prática. Além disso, a dependência excessiva de IA pode levar à negligência de métodos tradicionais e bem-estabelecidos. Por fim, o artigo "*Consumer sleep technology for the screening of obstructive sleep apnea and snoring: current status and a protocol for a systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy*" do autor Pires GN, *et al.*, menciona que a qualidade dos dados recolhidos pelos dispositivos móveis e *wearables* pode ser variável, afetando a confiabilidade dos resultados, essa variabilidade pode ser causada por fatores como diferenças nos sensores, algoritmos de análise de dados e condições de uso pelos pacientes.

5. CONCLUSÃO

A análise dos artigos revela um panorama promissor em que as tecnologias atuais mostram um potencial significativo para revolucionar o diagnóstico e tratamento da AOS. Os *smartphones* e dispositivos domésticos oferecem conveniência e acessibilidade, enquanto a inteligência artificial promete uma revolução na personalização e eficácia do tratamento. No entanto, esses avanços ainda enfrentam desafios importantes, como a necessidade de uma validação rigorosa, padronização dos métodos e da qualidade dos dados recolhidos, integração segura na prática clínica e a aceitação tanto por parte dos profissionais de saúde quanto dos pacientes. Além disso, a complexidade dos algoritmos da inteligência artificial e a falta de integração com os sistemas de saúde existentes representam desafios tecnológicos e clínicos que precisam de ser superados para garantir a implementação segura e eficaz dessas inovações.

Apesar desses desafios, a convergência das aplicações de *smartphones*, dos dispositivos domésticos e da inteligência artificial pode oferecer uma abordagem integrada e personalizada, melhorando significativamente a qualidade de vida dos pacientes com AOS e outros distúrbios de sono. A implementação eficaz dessas tecnologias exigirá uma pesquisa contínua, ensaios clínicos rigorosos e a colaboração multidisciplinar entre os desenvolvedores destas tecnologias, os profissionais de saúde e os pacientes. Melhorias tecnológicas, como o desenvolvimento de sensores mais precisos e algoritmos avançados, juntamente com a padronização dos protocolos de uso, são passos cruciais para a adoção ampla destas ferramentas. A educação dos pacientes e a criação de políticas de saúde pública que incentivem o uso dessas tecnologias podem aumentar a adesão e aceitação.

Além disso, as perspectivas futuras indicam o desenvolvimento de sensores mais precisos e algoritmos avançados para melhorar a recolha e análise de dados, além da realização de ensaios clínicos rigorosos para validar a eficácia e segurança desses dispositivos. Também é necessário criar protocolos padronizados para o uso de aplicações de *smartphones* no diagnóstico da AOS, bem como a integração dessas aplicações com outros dispositivos de rastreamento para uma abordagem diagnóstica mais completa. A adoção de dispositivos domésticos pode ser incentivada por meio de campanhas educacionais e políticas de saúde pública, e a inteligência artificial pode ser usada para desenvolver planos de tratamento personalizados com base nos dados

específicos de cada paciente, além de permitir o rastreamento contínuo e em tempo real, possibilitando ajustes imediatos no tratamento.

A convergência de tecnologias, como aplicações para *smartphones*, dispositivos domésticos e a inteligência artificial, oferece uma abordagem holística para o diagnóstico e tratamento da AOS. A integração de dados de diferentes dispositivos em plataformas interoperáveis pode proporcionar uma visão unificada do estado de saúde do paciente, facilitando a personalização do tratamento e monitorização contínua. Por exemplo, uma aplicação de *smartphone* pode recolher dados de um dispositivo *wearable*, enquanto algoritmos da inteligência artificial analisam esses dados para fornecer recomendações de tratamento em tempo real. No entanto, essa integração também depende de avanços tecnológicos e da colaboração entre desenvolvedores, profissionais de saúde e pacientes para garantir que essas ferramentas sejam usadas de maneira segura e eficaz.

Em suma, os artigos analisados ressaltam que, embora as novas tecnologias digitais e domésticas ofereçam promessas consideráveis para o diagnóstico e tratamento da AOS, estas ainda estão em estágios preliminares e necessitam de mais validação e estudos externos rigorosos para garantir que possam ser integradas de forma segura e eficaz na prática clínica, de forma que possam substituir os métodos tradicionais, como a polissonografia. A aceitação pelos pacientes, a padronização dos métodos e a colaboração são essenciais para realizar plenamente o potencial destas inovações no diagnóstico da AOS. Portanto, enquanto essas inovações continuam a ser desenvolvidas e aprimoradas, a polissonografia mantém seu papel central, especialmente em casos onde o diagnóstico preciso e o acompanhamento detalhado são críticos.

6 BIBLIOGRAFIA

1. Zielinski MR, McKenna JT, McCarley RW. Functions and mechanisms of sleep. *AIMS Neurosci.* 2016;3:67–104.
2. Acosta MT. Sueño, memoria y aprendizaje. *Medicina (B. Aires).* 2019;79:29–32.
3. Altevogt BM, Colten HR. Sleep disorders and sleep deprivation: An unmet public health problem. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006.
4. Tarun A, Wainstein-Andriano D, Sterpenich V, Bayer L, Perogamvros L, Solms M, *et al.* NREM sleep stages specifically alter dynamical integration of large-scale brain networks. *iScience.* 2021;24(1).
5. Ramar K, Malhotra RK, Carden KA, Martin JL, Abbasi-Feinberg F, Aurora RN, *et al.* Sleep is essential to health: An American Academy of Sleep Medicine position statement. *J Clin Sleep Med.* 2021;17(10):2115–9.
6. Braga L, Iris B. Os processos envolvidos com o sono: etapas e relação entre o. In: *Anais do 15o Encontro Científico Cultural Interinstitucional e 1o Encontro Internacional-2017.* Qualidade de Vida SE; 2017.
7. Knutson KL, Spiegel K, Penev P, Van Cauter E. The metabolic consequences of sleep deprivation. In: *Sleep Disorders and Sleep Deprivation: An Unmet Public Health Problem.* National Academies Press; 2006.
8. Simon KC, Nadel L, Payne JD. The functions of sleep: A cognitive neuroscience perspective. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2022;119(44).
9. Deak MC, Stickgold R. Sleep and cognition. *Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci.* 2010;1(4):491–500.
10. Altevogt BM, Colten HR. Sleep disorders and sleep deprivation: An unmet public health problem. Washington, D.C.: National Academies Press; 2006.
11. Sateia MJ. International classification of sleep disorders-third edition highlights and modifications. *Chest.* 2014;146(5):1387–94.
12. Peersmann SHM, Grootenhuis MA, van Straten A, Kerkhof GA, Tissing WJE, Abbink F, *et al.* Prevalence of sleep disorders, risk factors and sleep treatment needs of adolescents and young adult childhood cancer patients in follow-up after treatment. *Cancers (Basel).* 2022;14(4).
13. Khoshakhlagh AH, Al Sulaie S, Yazdanirad S, Orr RM, Dehdarirad H, Milajerdi A. Global prevalence and associated factors of sleep disorders and poor sleep quality among firefighters: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon.* 2023;9(2):e13250.

14. Lin J, Suurna M. Sleep apnea and sleep-disordered breathing. *Otolaryngol Clin North Am.* 2018;51(4):827–33.
15. McArdle N, Reynolds AC, Hillman D, Moses E, Maddison K, Melton P, *et al.* Prevalence of common sleep disorders in a middle-aged community sample. *J Clin Sleep Med.* 2022;18(6):1503–14.
16. Polese JF, Santos-Silva R, Kobayashi RF, Nunes I, Pinto P, Tufik S, *et al.* Monitorização portátil no diagnóstico da apneia obstrutiva do sono: situação atual, vantagens e limitações. *J Bras Pneumol.* 2010;36:56–64.
17. Yeh E, Wong E, Tsai CW, Gu W, Chen PL, Leung L, *et al.* Detection of obstructive sleep apnea using Belun Sleep Platform wearable with neural network-based algorithm and its combined use with STOP-Bang questionnaire. *PLoS One.* 2021;16(10).
18. Mediano O, González Mangado N, Montserrat JM, Alonso-Álvarez ML, Almendros I, Alonso-Fernández A, *et al.* Documento internacional de consenso sobre apnea obstructiva del sueño. *Arch Bronconeumol.* 2022;58(1):52–68.
19. Ioachimescu OC, Collop NA. Sleep-disordered breathing. *Neurol Clin.* 2012;30(4):1095–136.
20. Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, Kuhlmann DC, Mehra R, Ramar K, *et al.* Clinical practice guideline for diagnostic testing for adult obstructive sleep apnea: an American Academy of Sleep Medicine clinical practice guideline. *J Clin Sleep Med.* 2017;13(3):479–504.
21. Ting L, Malhotra A. Disorders of sleep: an overview. *Prim Care Clin Off Pract.* 2005;32(2):305–18.
22. Abu K, Khraiche ML, Amatoury J. Obstructive sleep apnea diagnosis and beyond using portable monitors. *Sleep Med.* 2024;113:260–74.
23. Espinosa MA, Ponce P, Molina A, Borja V, Torres MG, Rojas M. Advancements in home-based devices for detecting obstructive sleep apnea: a comprehensive study. *Sensors.* 2023;23:4567.
24. Jafari B, Mohsenin V. Polysomnography. *Clin Chest Med.* 2010;31(2):287–97.
25. Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler T, Alessi CA, Bailey D, Coleman J, *et al.* Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: An update for 2005. *Sleep.* 2005;28(4):499–521.
26. Guimarães GM. Polysomnographic diagnosis. *Diagnóstico P.* 2010;19:60–74.

27. Abu K, Khraiche ML, Amatory J. Obstructive sleep apnea diagnosis and beyond using portable monitors. *Sleep Med.* 2024;113:260–74.
28. Razjouyan J, Lee H, Parthasarathy S, Mohler J, Sharafkhaneh A, Najafi B. Information from postural/sleep position changes and body acceleration: a comparison of chest-worn sensors, wrist actigraphy, and polysomnography. *J Clin Sleep Med.* 2017;13(11):1301–10.
29. Miller DJ, Sargent C, Roach GD. A validation of six wearable devices for estimating sleep, heart rate and heart rate variability in healthy adults. *Sensors.* 2022;22(16):5867.
30. Spathis D, Perez-Pozuelo I, Marques-Fernandez L, Mascolo C. Breaking away from labels: the promise of self-supervised machine learning in intelligent health. *Patterns.* 2022;3:100567.
31. Bianchi MT. Sleep devices: wearables and nearables, informational and interventional, consumer and clinical. *Metabolism.* 2018;84:99–108.
32. Massie F, De Almeida DM, Dreesen P, Thijs I, Vranken J, Klerkx S. An evaluation of the Night Owl home sleep apnea testing system. *J Clin Sleep Med.* 2018;14(10):1791–6.
33. Pinheiro GL, Cruz AF, Domingues DM, Genta PR, Drager LF, Strollo PJ, *et al.* Validation of an overnight wireless high-resolution oximeter plus cloud-based algorithm for the diagnosis of obstructive sleep apnea. *Clinics (Sao Paulo).* 2020;75.
34. Jen R, Orr JE, Li Y, DeYoung P, Smales E, Malhotra A, *et al.* Accuracy of WatchPAT for the diagnosis of obstructive sleep apnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *COPD.* 2020;17(1):34–9.
35. Benedetti D, Olcese U, Frumento P, Bazzani A, Bruno S, D'Ascanio P, *et al.* Heart rate detection by Fitbit Charge HR: a validation study versus portable polysomnography. *J Sleep Res.* 2021;30(6).
36. Perez-Pozuelo I, Zhai B, Palotti J, Mall R, Aupetit M, Garcia-Gomez JM, *et al.* The future of sleep health: a data-driven revolution in sleep science and medicine. *npj Digit Med.* 2020;3:42.
37. Tuominen J, Peltola K, Saaresranta T, Valli K. Sleep parameter assessment accuracy of a consumer home sleep monitoring ballistocardiograph Beddit sleep tracker: a validation study. *J Clin Sleep Med.* 2019;15(3):483–7.

38. Piantino J, Luther M, Reynolds C, Lim MM. Emfit bed sensor activity shows strong agreement with wrist actigraphy for the assessment of sleep in the home setting. *Nat Sci Sleep*. 2021;13:1157–66.
39. Ananth S. Sleep apps: current limitations and challenges. *Sleep Sci*. 2021;14(1):83–6.
40. Klaus K, Stummer AL, Ruf S. Accuracy of a smartphone application measuring snoring in adults—How smart is it actually? *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7654.
41. Behar J, Roebuck A, Domingos JS, Geder E, Clifford GD. A review of current sleep screening applications for smartphones. *Physiol Meas*. 2013;34(7)-R46.
42. Walzel S, Mikus R, Rafl-Huttova V, Rozanek M, Bachman TE, Rafl J. Evaluation of leading smartwatches for the detection of hypoxemia: comparison to reference oximeter. *Sensors (Basel)*. 2023;23:9164.
43. Kuna ST, Gurubhagavatula I, Maislin G, Hin S, Hartwig KC, McCloskey S, *et al*. Noninferiority of functional outcome in ambulatory management of obstructive sleep apnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(9):1238–44.
44. Bazoukis G, Bollepalli SC, Chung CT, Li X, Tse G, Bartley BL, *et al*. Application of artificial intelligence in the diagnosis of sleep apnea. *J Clin Sleep Med*. 2023;19(10):1337–63.

Membros do Júri das Provas Públicas

Presidente: Prof. Doutora Anna Carolina Volpi Melo de Moura – Professor Associado
(Categoria profissional e Filiação académica)

Arguente: Prof. Doutor Helder António Ferreira Pereira Costa – Professor Convidado
(Categoria profissional e Filiação académica)

Orientador: Prof. Doutor Nélio Jorge Veiga – Professor Associado
(Categoria profissional e Filiação académica)

Data das provas públicas: 14/10 / 2024

Classificação: 14

Validação e confirmação pelos serviços escolares:

___ / ___ / ___