

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Ciências de Saúde

Programa de Pós-Graduação em Odontologia



Dissertação de Mestrado

Avaliação de Aplicativos de Celulares para Análise do Sono

Hiná Trajano Figueiredo

Brasília, 02 de maio de 2022

Hiná Trajano Figueiredo

Avaliação de Aplicativos de Celulares Para Análise do Sono

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Jorge do Nascimento Faber

Brasília, 2022

Hiná Trajano Figueiredo

Avaliação de Aplicativos de Celulares para Análise do Sono

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Odontologia, Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 02/05/2022

Banca examinadora:

Prof. Dr. Jorge do Nascimento Faber

Prof. Dr. Adriano Gonçalves Barbosa de Castro

Prof. Dr. Janine Della Valle Araki

*Para meus familiares, amigos e
namorado que me estimulam a ser uma
pessoa melhor e a buscar sempre
conhecimento e superação na minha
vida pessoal e profissional.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Vânia Apolônio de Trajano e José Edmilson Gomes Figueiredo que agradeço pela vida, pelos valores, pelo respeito, pela sabedoria, pela força e pela paixão de viver. Obrigada pelo suporte que sempre me deram em minhas escolhas e por lutarem para proporcionar minhas melhores experiências de vida. Minha eterna admiração e gratidão por ser filha de duas pessoas tão maravilhosas.

Aos meus irmãos Amon Trajano Figueiredo e Mayra Macedo Figueiredo obrigada pelos ensinamentos da primeira escola da vida, por me deferirem de tudo e de todos, pelo respeito, pelo carinho e pelo amor eterno.

Aos meus sobrinhos Aymara Figueiredo das Neves, Ian Figueiredo das Neves, Davi Figueiredo das Neves e Lis D'escraginolle Taunay Figueiredo por recordarem minha ingenuidade, pureza, leveza e meu sentimento de proteção, carinho e amor.

À minha grande amiga Stael Gonçalves Naya Camargo pelos conselhos pessoais, profissionais e de vida, sou muito grata pela oportunidade que o mestrado nos proporcionou de nos conhecermos e de ter você como uma amiga pessoal.

Ao Prof. Dr. Adriano Gonçalves Barbosa de Castro que esteve presente em toda minha formação dentro da ortodontia, que me ensinou de forma admirável a amar minha profissão, me deu oportunidade de crescer profissionalmente. Pelas conversas e ensinamentos diários na sua clínica, pelo estímulo na busca do mestrado, pela oportunidade na carreira acadêmica e por sempre querer me ensinar mais e de forma insaciável a beleza por trás dessa profissão maravilhosa. Muito obrigada é uma honra ter você na minha formação acadêmica.

À Prof. Dra. Janine Della Valle Araki pelos ensinamentos, pela oportunidade de acompanhar de forma admirável as conquistas e os frutos de como é ser uma mãe dedicada a profissão e a família, uma grande ortodontista, você é um exemplo. Obrigada!

Ao Prof. Dr. Na Tien Li pela oportunidade de acompanhar os alunos de graduação e pelos ensinamentos.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Jorge do Nascimento Faber pelos conselhos pessoais e profissionais, pela orientação e pela oportunidade de poder trabalhar e aprender com você. Sou muito grata pela confiança que depositou em mim e no meu trabalho, você é um exemplo de conduta profissional, ética e de conhecimento incontável. Obrigada por através da sua paixão pela odontologia do sono e pela ortodontia me estimular a busca do conhecimento e do crescimento nessa área tão apaixonante, interessante e instigante dentro da odontologia.

RESUMO

Os distúrbios respiratórios do sono (DRS) são caracterizados por padrões respiratórios anormais que podem incluir pausas na respiração e ventilação insuficiente durante o sono, sendo a síndrome de apneia obstrutiva do sono (SAOS) a mais comum. A polissonografia é o exame padrão ouro para diagnosticar a SAOS, bem como avaliar a eficácia do seu tratamento. Aplicativos de smartphones desenvolvidos com objetivo específico de análise do sono são cada vez mais presentes dentro dessas plataformas e podem auxiliar o profissional e o próprio paciente no entendimento da intensidade que os DRS podem afetar sua noite de sono. O objetivo do estudo foi identificar os aplicativos que monitoram o sono para as principais plataformas atuais (iOS e Android) e comparar suas funcionalidades. Foi realizada a busca pelos termos 'apnea', 'snore' e 'snoring' em cada plataforma. Os critérios de inclusão adotados foram aplicativos que gravam o sono para identificação do ronco e aplicativos que permitem "playback" dessa gravação. Os critérios de análise dos apps foram divididos em 5 grupos: Análise do ronco, usabilidade do aplicativo, monitoramento de fatores associados ao sono, critérios de auxílio clínico que o app fornece e a funcionalidade do aplicativo. Os 5 melhores apps foram: Na plataforma iOS seguindo a ordem do primeiro para o quinto: Sleep Recorder Plus Pro, Monitor de sono; Sleep Center; Pillow: Rastreador de Sono; Snore Lab. No Android seguindo a mesma ordem citada anteriormente: Monitor do sono: trilha do ciclo do sono, análise; Monitor de sono: Ciclo do sono; Sleep as Android: Registra os ciclos do sono; Snore Lab; Snore App: snoring & snore analysis & detection. Conclui-se que de acordo com os critérios de análise estabelecidos nesse estudo a plataforma iOS disponibiliza mais aplicativos para análise do sono (n = 21) quando comparado com Android (n = 12). Quando avaliamos a porcentagem os aplicativos da plataforma Android disponibilizam mais ferramentas do que iOS porém, deve-se levar em consideração que a quantidade de aplicativos analisados podem afetar esse resultado. Independente da plataforma iOS ou Android, ambas fornecem bons aplicativos de análise, porém só

demonstram eficácia no acompanhamento da SAOS e não no seu diagnóstico. Novos estudos são necessários para a realização da análise comparativa dos resultados dos aplicativos com os resultados da polissonografia e podem ajudar na fidedignidade da análise disponibilizada pelos aplicativos referente aos distúrbios do sono.

Palavras-chave: Apneia Obstrutiva do Sono. Ronco. Aplicativo de Smartphone.

ABSTRACT

Sleep breathing disorders (SBD) are characterized by abnormal breathing patterns that can include pauses in breathing and insufficient ventilation during sleep. The Obstructive Sleep Apnea Syndrome (OSAS) is the most common SBD. Polysomnography is the gold standard test for diagnosing OSAS, as well as evaluating the effectiveness of the treatment. Smartphone applications (apps) developed with specific purpose of sleep analysis are increasingly present within these platforms that can help professionals and the patient to see the intensity that SBD can affect their night's sleep. With the technology advent, the use of apps on patients' own phones became available measures in the patient's understanding of their sleep. The aim of the study was to identify the applications that monitor sleep for the main current platforms (iOS and Android) and compare their functionality. The terms 'apnea', 'snore' and 'snoring' were searched in each platform. The inclusion criteria were apps that record sleep to identify snoring and apps that allow "playback" of this recording. The app analysis criteria were divided into 5 groups: snoring analysis, app's usability, monitoring of factors associated with sleep, criteria for clinical assistance that the app provides and the app's functionality. The best 5 apps: On the iOS platform following the order from first to fifth: Sleep Recorder Plus Pro, Sleep Monitor; Sleep Center; Pillow: Sleep Tracker; Snore Lab. On Android in the same order as above: Sleep monitor: sleep cycle track, analysis; Sleep Monitor: Sleep Cycle; Sleep as Android: Records sleep cycles; Snore Lab; Snore App: snoring & snore analysis & detection. It is concluded that according to the analysis criteria established in this study, the iOS platform provides more apps for sleep analysis (n = 21) when compared to Android (n = 12). When evaluating the percentage of apps at Android platform provide more tools than iOS, but it must be taken into account that the number of apps analyzed can affect this result. Regardless of the iOS or Android platform, both provide good analysis applications, but they only demonstrate effectiveness only monitoring and not to diagnose the SAOS. Further studies are needed to analyze and compare

simultaneously the apps results with the polysomnography results and detect the reliability of the analysis made available by the apps regarding sleep disorders.

Keywords: Obstructive Sleep Apnea. Snoring. Smartphones App.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. Síndrome de Apneia Obstrutiva do Sono.....	14
2.1.1. Conceito e fatores de risco.....	14
2.1.2. Diagnóstico.....	16
2.1.3. Prevalência.....	21
2.1.4. Tratamento.....	21
2.2. Ronco.....	22
3. OBJETIVO.....	26
4. MÉTODOS.....	25
4.1. Critérios de Análise.....	29
4.2. Análise do ronco.....	30
4.3. Usabilidade.....	30
4.4. Monitoramento de Fatores Associados.....	31
4.5. Auxílio Clínico.....	32
4.6. Funcionalidade do Aplicativo.....	32
5. RESULTADOS.....	36
6. DISCUSSÃO.....	38
7. CONCLUSÃO.....	44
8. REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

Os distúrbios respiratórios do sono (DRS) englobam uma diversa coleção de síndromes da apneia do sono, sendo a Síndrome Apneia Obstrutiva do Sono (SAOS) a mais prevalente. Associado aos episódios de apneia e hipopneia a SAOS apresenta sinais e sintomas que afetam os indivíduos como ronco, bruxismo, insônia, despertar com sensação de sufocamento, diminuição da libido, depressão dentre outras (1–4). O ronco é um sinal importante pois pode funcionar como um alerta para presença de distúrbios respiratórios do sono, quase todos os pacientes com SAOS (uma média de 95% dos casos) roncam, mas nem todos apresentam o distúrbio (4–6)

A SAOS é um fator de risco independente para diabetes, hipertensão, infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral(3,7,8). Fatores que predisõem a doença como sobrepeso, cardiopatias, falta de atividade física e características anatômicas como atresia do palato, retrognatismo mandibular e macroglossia(4,9), auxiliam o profissional no diagnóstico e influenciam no planejamento do tratamento da SAOS.

Estima-se que 90% da população com SAOS não obteve diagnóstico e/ou tratamento(10). O diagnóstico da SAOS depende essencialmente do monitoramento da respiração que é o índice de apneia e hiponeia (IAH). O IAH é a média entre os eventos de apneia e hipopneia que ocorrem por hora durante sono e é importante para a definição da gravidade da SAOS no indivíduo, sendo classificado como leve, moderado ou severo (3). Esse diagnóstico é realizado pelo exame padrão ouro chamado de polissonografia (PSG)(11). Na PSG é realizado o monitoramento e registro de uma série de canais através de eletrodos durante o sono, porém, é um exame caro e de difícil acesso o que pode afetar o diagnóstico, acompanhamento e monitoramento da SAOS (12–14).

O acesso a celulares smartphones é cada vez mais rotineiro e necessário para a população. Esses dispositivos podem fornecer várias informações sobre a saúde dos usuários além de disponibilizar aplicativos que avaliam e monitoram a rotina dos seus usuários. Os

aplicativos têm o potencial de identificar possíveis problemas relacionados à apneia obstrutiva do sono e a buscar um tratamento adequado(15–18).

Através da gravação de áudios, os aplicativos monitoram o ronco podendo auxiliar o profissional e o próprio paciente na identificação da intensidade e das características do ronco e do sono(17,19–22). Porém não é claro como essa ferramenta pode auxiliar tanto os pacientes como os profissionais no acompanhamento e monitoramento do sono(22). Além disso, existem vários aplicativos em diferentes plataformas (IOS e Android) com ferramentas específicas para análise do sono.

O objetivo do presente estudo é identificar os aplicativos que monitoram o sono para as principais plataformas atuais (iOS e Android), comparar suas funcionalidades e buscar a aplicabilidade clínica desses aplicativos para auxílio no diagnóstico, tratamento e monitoramento dos distúrbios do sono.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Síndrome da Apneia Obstrutiva do sono

1.1.1. Conceito e fatores de risco

De acordo com “*American Academy of Sleep Medicine*” a SAOS é caracterizada por episódios repetitivos de obstrução total ou parcial das vias aéreas superiores durante o sono, definida como a cessão do fluxo de ar no nariz e na boca com esforço respiratório contínuo com duração de pelo menos 10 segundos. A hipopneia é a obstrução parcial com redução de até 50% do fluxo aéreo associado à diminuição de 4% a 3% na saturação de oxigênio com duração de pelo menos 10 segundos respectivamente, podendo ocorrer ou não micro despertares noturnos(23).

Os mecanismos da SAOS estão diretamente relacionados com as características anatômicas e funcionais dos músculos da faringe e do sistema nervoso central durante o sono. A obstrução das vias aéreas ocorre quando a orofaringe e a nasofaringe são obstruídas pelo posicionamento posterior do palato mole e da língua contra a parede da faringe(24). Episódios repetidos de apneia durante o sono podem resultar na fragmentação e em um sono não reparador. O diagnóstico da SAOS não deve ser baseado unicamente nos eventos respiratórios obstrutivos durante o sono, mas também deve envolver as manifestações clínicas resultantes desses eventos(25).

Os sinais e sintomas mais comuns da SAOS são ronco, sono não restaurador, bruxismo noturno, insônia, despertar com sensação de sufocamento, problemas durante a vigília como sonolência diurna excessiva, cefaleia matinal, diminuição da libido, depressão, risco de acidentes automobilísticos, doenças cardiovasculares, Alzheimer, acidente vascular cerebral (AVC), Diabetes Mellitus, dentre outras(26–28). Quando presente em crianças a SAOS pode causar distúrbios de crescimento, enurese noturna, deficiência cognitiva e de comportamento como Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH) por exemplo e interferir no rendimento escolar (1,29–31).

A anamnese cuidadosa e focada no sono é importante para o diagnóstico da SAOS. Uma avaliação clínica deve ser realizada analisando as características do indivíduo como idade, circunferência do pescoço, obesidade (IMC – índice de massa corporal $>30 \text{ Kg/mg}^2$), diabetes mellitus tipo 2, macroglossia, hipertrofia tonsilar, atresia do palato, vias aéreas estreitas e retrognatismo mandibular (32).

A sociedade atual enfrenta um grande problema com o número crescente de pessoas com sobrepeso devido a uma má alimentação, falta de atividade física, associada a uma rotina intensa de estresse e má qualidade de vida. Vários estudos relatam que a obesidade é um dos maiores fatores de risco para SAOS e está diretamente relacionada com a severidade da síndrome(9,33–35). Destaca-se que 70% dos indivíduos com diagnóstico da doença são obesos(34). A associação da obesidade com a SAOS acaba agravando o quadro clínico do paciente devido as morbidades que as duas doenças causam e seus efeitos no desenvolvimento e progressão do estado de outras doenças (9). O acúmulo de gordura pode ser localizado inclusive na região posterior da língua favorecendo os episódios de obstrução da passagem de ar durante o sono (35).

As características anatômicas são de grande importância no diagnóstico da SAOS principalmente em crianças. Nesse contexto, o diagnóstico e o tratamento precoce fazem toda diferença na qualidade de vida, saúde e no seu desenvolvimento. Vários estudos relatam associação das características esqueléticas como atresia do palato, palato ogival, retrognatismo mandibular, hipertrofia tonsilar, características no tamanho da úvula e vias aéreas estreitas como fatores de risco para SAOS. Isso ocorre devido à dificuldade na passagem de ar durante o sono causada por estruturas anatômicas estreitas que, por sua vez, causam um baixo fluxo de passagem de ar nas vias aéreas respiratórias(36–41). É importante ressaltar que essas características não afetam apenas crianças. Adultos com má-oclusões e problemas esqueléticos também estão propensos no desenvolvimento da SAOS pelos mesmos motivos citados anteriormente, o que muda é a conduta clínica no tratamento desses pacientes.

O consumo de álcool e medicamentos depressores do sistema nervoso central podem afetar de forma negativa o diagnóstico da SAOS. A ingestão de álcool aumenta a frequência e duração dos episódios de apneia e/ou hipopneia durante o sono pois seu consumo causa redução do tônus muscular das vias aéreas superiores e diminuição da resposta excitatória(42). É de grande importância o acesso a esses dados antes da realização de qualquer exame para não afetar de forma negativa o diagnóstico da doença.

1.1.2. Diagnóstico

O diagnóstico da SAOS deve ser realizado de forma minuciosa. A suspeita se inicia na primeira consulta com relatos e características físicas do paciente. O profissional tem que estar atento à rotina de trabalho e/ou de estudos, observar a qualidade de vida, dieta, prática de atividades físicas, dentre outros. Sobre perguntas referentes ao sono é interessante que o paciente vá acompanhado de seu parceiro conjugal pois, muitas vezes, os relatos de ronco, bruxismo e da rotina do sono do paciente podem ser expostos por seus acompanhantes (6,11,43,44).

Na ficha clínica pode-se inserir questionários referentes às características do sono do paciente que são validados e indicados para diferentes faixas etárias(45–47). Cada questionário tem sua metodologia própria para auxílio nesse diagnóstico, normalmente sendo separados por análise da rotina em vigília e do sono. O questionário é um importante mecanismo que auxilia o profissional na suspeita sobre a presença da SAOS para posterior solicitação da polissonografia.

A polissonografia é o exame padrão ouro do diagnóstico da SAOS. Através deste exame é realizado o monitoramento das fases do sono com o registro contínuo de fluxo aéreo oro nasal, movimentos ventilatórios torácico e abdominal, ritmo cardíaco, saturação de oxigênio, ronco, tônus muscular, posição corporal, índice de apneia-hipopneia (IAH). A duração do exame deve ser de pelo menos 6 horas permitindo a avaliação da variabilidade relacionada ao estágio do sono relacionada a frequência de eventos respiratórios e também à outros tipos de

eventos noturnos, como o movimento periódico dos membros(3,6,25,34,48). A PSG tem um papel fundamental no estadiamento da gravidade da SAOS e não apenas no seu diagnóstico, sendo o índice de apneia e hipopneia responsável pela classificação da gravidade da doença.

O IAH, que é a média entre os eventos de apneia e hipopneia que ocorrem por hora durante sono é importante para a definição da gravidade da SAOS no indivíduo, sendo classificado como leve, quando apresenta de 5 a 14 eventos; moderada entre 15 e 29, ou severa com 30 ou mais episódios por hora. Para ser definido como SAOS de grau leve, o indivíduo deve ter o índice de apneia-hipopneia ≥ 5 associado com outros sintomas(3).

Para o diagnóstico da SAOS é necessário atenção e associação aos sinais e sintomas clínicos como: paciente com sonolência diurna excessiva não explicada por outras causas, fadiga durante o dia, sono não reparador, sintomas de insônia, quando indivíduo acorda prendendo a respiração ou engasgo durante o sono, ronco habitual, interrupções respiratórias ou ambos durante o sono. Pacientes com hipertensão arterial, transtorno de humor, disfunção cognitiva, doença arterial coronariana, acidente vascular cerebral, insuficiência cardíaca congestiva, fibrilação arterial, Diabetes Mellitus tipo 2 com o exame da PSG demonstrando cinco ou mais eventos predominantemente obstrutivos como apneias obstrutivas ou mistas, hipopneias ou despertares relacionados ao esforço respiratório (RERAs) agravam os sinais e sintomas dos distúrbios respiratórios do sono(7).

Mesmo a PSG sendo o exame padrão ouro é um exame com custo elevado e geralmente de difícil acesso. Por ser um exame complexo que demanda de uma noite completa de estudo e supervisão do paciente e um alto investimento, tem-se outras opções viáveis de diagnóstico da SAOS(6,11,25).

A PSG registra uma série de canais, no entanto o diagnóstico da SAOS depende essencialmente do monitoramento da respiração. Nesse contexto existem vários sistemas simplificados de registro do sono domiciliar que visam reduzir o custo financeiro e atingir o maior número de pessoas e conseqüentemente aumentar o acesso ao diagnóstico da

SAOS. Para isso, tem-se uma classificação dos tipos de polissonografia e suas particularidades(43).

O equipamento de PSG completo é denominado do tipo I com no mínimo 7 canais incluindo eletroencefalograma (EEG), eletro-oculograma (EOG), eletromiografia (EMG) submentoniana, eletrocardiograma (ECG), fluxo aéreo oronasal, movimento respiratório e saturação da oxihemoglobina.

Equipamentos de análise portáteis são divididos nos tipos II, III e IV.

Tipo II: Apresenta no mínimo 7 canais incluindo EEG, EOG, EMG, ECG ou registro de frequência cardíaca, fluxo aéreo oronasal, movimento respiratório e saturação da oxihemoglobina. Diferente da polissonografia do tipo I, o registro é realizado na casa do paciente sem acompanhamento técnico.

Tipo III: Apresenta no mínimo 4 canais incluindo movimento respiratório e fluxo aéreo oronasal, ECG ou registro de frequência cardíaca e saturação da oxihemoglobina.

Tipo IV: Monitora apenas um ou dois parâmetros, geralmente saturação de oxigênio, frequência cardíaca e esforço respiratório.

Um mecanismo que tem sido utilizado pelos profissionais da saúde no acompanhamento da SAOS e do ronco é o uso de aplicativos de smartphone. O próprio celular possui mecanismos que auxiliam na análise do sono de fácil acesso quando comparado com a polissonografia. Muitos aplicativos, utilizam ferramentas que podem fornecer meios para análise do sono associada tanto com dados e relatos do paciente, que podem ser inseridos no próprio aplicativo, como no monitoramento do sono, e isso pode ser disponibilizado para o profissional que acompanha aquele paciente. Outro ponto importante do aplicativo na análise do sono é que, o próprio paciente tem acesso e consegue não só escutar, mas principalmente entender como o distúrbio interfere na qualidade do seu sono(15,20,22,49,50).

Um levantamento realizado pelo IBGE no ano de 2019 demonstrou que no Distrito Federal, cerca de 89,5% da população no ano de 2018 tem acesso a internet pelo telefone celular(51). Esse dado é importante para como a ferramenta do smartphone pode auxiliar na

busca pelo tratamento da SAOS, ou seja, o telefone pode ser um fator motivador para o paciente buscar o tratamento adequado da doença.

Alguns aplicativos fazem conexões com dispositivos externos como oxímetro, actígrafo, wearables (são equipamentos que podem ser utilizados durante o uso do aplicativo que auxiliam no monitoramento do sono como smartwatches por exemplo), entre outros. Esses dispositivos são ferramentas importantes para a melhora na qualidade da análise do sono, como a apneia resulta na dessaturação repetitiva de oxigênio durante o sono, equipamentos que monitoram de forma contínua a saturação de oxigênio associado a equipamentos como aplicativos de celular por exemplo, são ferramentas de monitoramento acessíveis e eficazes para SAOS(6,9).

Um tipo de medida é a actigrafia que envolve o uso de um pequeno dispositivo (actígrafo) que detecta os movimentos físicos. O teste de qualidade do sono é baseado no princípio de que o movimento é reduzido durante o sono e que conseqüentemente, os padrões de sono-vigília podem ser estimados a partir de períodos de atividade/inatividade com base no movimento, além disso esse dispositivo pode auxiliar no monitoramento do ciclo vigília e sono(20,52).

Um mecanismo presente nos smartphones é o microfone, que pode ser utilizado na gravação de ruídos emitidos pelo paciente durante o sono, a exemplo do ronco. O que muitos aplicativos fazem é, estipular a altura do ronco e criar um índice referente a intensidade do mesmo. Porém, é importante salientar que a qualidade dessa análise varia de acordo com a qualidade do microfone do celular utilizado e do posicionamento do dispositivo durante a análise(20,49,50).

Mesmo com várias ferramentas e utilidades atualmente não há um consenso sobre como esses aplicativos podem auxiliar de alguma forma no diagnóstico, monitoramento do tratamento dos distúrbios respiratórios do sono. Alguns autores buscaram associar os resultados encontrados nos aplicativos para diagnóstico da SAOS. Um estudo realizado na Alemanha com 19 pacientes adultos, 5 do sexo feminino e 14 do sexo masculino, com idade entre 21 e 80 anos e com relato de ronco noturno, utilizou um polígrafo (PG) junto com aplicativo “*SnoreLab app (Reviva Softworks Ltd.)*” durante uma noite de sono, para avaliar a

acurácia na gravação do ronco do aplicativo (17). Foi realizada análise comparativa do SnoreLab com o PG do tempo na cama, e índice de ronco (altura do ronco e o tempo total roncando), sendo que no aplicativo foi feita análise do sono (quieto e leve) e no polígrafo o IAH também foi avaliado. Os autores relataram uma superestimava do ronco pelo aplicativo, houve uma concordância apenas na comparação das proporções somadas de ronco alto e épico medida pelo *SnoreLab* com a proporção total de ronco medida pelo polígrafo. O trabalho concluiu que o aplicativo não deve ser utilizado para rastreamento da SAOS e sim como alternativa para o seu monitoramento.

Outro estudo realizado nos Estados Unidos reuniu 20 voluntários, sendo 40% do sexo feminino com idade entre 22 e 57 anos, utilizaram o aplicativo da plataforma IOS “*Sleep Time App (Azumio, Inc., Palo Alto, CA, USA)*” e compararam com a PSG padrão ouro. Os participantes utilizaram por 5 noites antes do exame, na noite do exame eles respondiam questionário referente a qualidade do sono durante o uso do aplicativo e era feito a coleta dos dados pelo aplicativo e pela PSG de forma simultânea. Foi realizada análise comparativa do aplicativo com a polissonografia do tempo total de sono (tempo acordado, sono leve e sono profundo), latência do sono e eficiência do sono. Os autores concluíram que a análise do tempo do sono e eficiência do sono são incompatíveis com os resultados encontrados na PSG e sugeriram novos estudos que correlacionem o aplicativo para o monitoramento do ciclo vigília-sono, usando actígrafos como diários do sono, que podem auxiliar na avaliação de distúrbios do ciclo circadiano, ou em pacientes com hipersonia e insônia ao invés de análises exatas do ciclo do sono(52).

Uma revisão sistemática avaliou estudos experimentais que utilizaram aplicativos de smartphone para o monitoramento dos distúrbios do sono, com objetivo de fornecer orientações em termos de confiabilidade dos aplicativos do sono para estimular sua utilidade e seu potencial na melhora da higiene do sono. Os autores concluíram que para essa análise dos aplicativos é necessário responder a pergunta de qual aplicativo, para quê e em qual condição, sendo que, os aplicativos demonstraram grande potencial na análise do ciclo sono-vigília, estágios

do sono (quando associados com dispositivos externos), detecção do ronco, suspeita da SAOS, diário do sono, pode funcionar como biofeedback, no monitoramento e na higiene do sono(22).

1.1.3. Prevalência

Estima-se que a prevalência de adultos com IAH >15 (grau moderado a severo da doença), entre pessoas com 30-69 anos, atinge cerca de 425 milhões de pessoas no mundo, entre homens e mulheres. Quando consideramos o grau leve da doença com IAH de 5 a 15 eventos por hora, esse número aumenta para de 926 milhões de pessoas(53).

Estudos relatam a prevalência da SAOS associada com sonolência diurna, na população adulta em geral, de aproximadamente 3% a 7% nos homens e 2% a 5% nas mulheres(33,34), esses dados aumentam à medida que a população envelhece(2,9,25,33,34).

Uma revisão sistemática obteve dados de prevalência da SAOS na população adulta em geral entre 9% a 38%, sendo maior nos adultos do sexo masculino 9% a 33% quando comparado com as mulheres 6% a 19%(2). No Brasil estima-se que o número de indivíduos com IAH ≥ 15 atinge 25 milhões de pessoas e esse número aumenta com IAH $\geq 5 < 14$ para 49 milhões classificando o país em terceiro lugar com maior número de pessoas com diagnóstico de SAOS(53,54).

1.1.4. Tratamento

Estima-se que 90% da população com SAOS não obteve diagnóstico e/ou tratamento(10). As consequências do não tratamento da SAOS são preocupantes, piora do quadro clínico, aumento do estresse recorrente na rotina e piora na qualidade de vida além de várias outras patologias associadas a SAOS, mostram a necessidade de tratamento e diagnóstico precoce da doença (9,11,25,43,55). O tratamento varia de acordo com a idade, intensidade da SAOS, condições físicas e psicológicas do paciente.

O tratamento de crianças com diagnóstico de apneia obstrutiva do sono envolve várias áreas da saúde como por exemplo

otorrinolaringologia, ortodontia, nutrição, psicólogo, etc. É importante salientar que os profissionais devem atuar de forma conjunta para estabelecer o melhor prognóstico e tratamento para criança e que, o ortodontista e o otorrinolaringologista, desempenham papel primordial na sequência desse tratamento. A análise das amígdalas, posicionamento de língua, do palato mole, duro (atresia/ogival), e dos relatos do paciente são de suma importância para estabelecer o planejamento do tratamento desses pacientes(36–41,46).

O uso de medicamentos como corticoides para a melhora no congestionamento do fluxo aéreo é muitas vezes associado a cirurgia de adenoamigdalectomia sendo tratamentos eletivos para SAOS em crianças. A indicação cirúrgica está associada ao crescimento exacerbado dos tecidos linfóides, normalmente associada com infecções recorrentes dessa região em que, esse crescimento afeta diretamente a passagem aérea de ar e influencia na qualidade do sono da criança(54,56). Apesar do tratamento cirúrgico ser considerada a principal opção de tratamento da SAOS, estudos demonstram que apenas a cirurgia não é 100% efetiva. Uma revisão sistemática realizou o levantamento de estudos feitos em crianças obesas com diagnóstico da SAOS e concluiu que o tratamento cirúrgico isolado não é tão eficaz em crianças com sobrepeso quando comparado com crianças sem sobrepeso e que, muitas vezes, esse tratamento tem que ser associado com outras medidas como uso do CPAP, reeducação alimentar, atividade física, buscando a perda de peso da criança para melhora na qualidade do sono do indivíduo(55).

Anatomicamente 50% da cavidade aérea é ladeada pela maxila. Estudos demonstram que a expansão rápida de maxila (ERM) está diretamente relacionada com a melhora do fluxo aéreo, passagem do ar, respiração e conseqüentemente no IAH, enurese noturna e na qualidade do sono(36,39,40). O efeito respiratório é dose dependente da magnitude da expansão, em casos de apneia leve por exemplo, podem ser tratados inclusive sem a necessidade de cirurgia(41).

Um estudo piloto com 31 crianças com diagnóstico de SAOS, presença de atresia da maxila e hipertrofia adenotonsilar, realizou a associação das duas técnicas (ERM com a cirurgia de

adenoamigdalectomia) para o tratamento dessas crianças. Os pacientes foram divididos em dois grupos, primeiro grupo realizou a cirurgia inicialmente e depois a ERM, enquanto o outro grupo realizou a expansão primeiro seguido da cirurgia. Um achado importante encontrado nesse artigo foi que, uma criança que realizou o tratamento da ERM inicialmente, não necessitou do tratamento cirúrgico na segunda etapa, mostrando a possibilidade de uma sequência de tratamento menos invasiva e eficiente (41).

O tratamento de pacientes adultos e idosos se difere do tratamento de crianças, principalmente pelo fato desses pacientes não estarem em estágio de crescimento o que muda o manejo clínico e terapêutico nesses casos. O CPAP é um equipamento de pressão positiva contínua nas vias aéreas superiores. É um dispositivo que funciona como um stent pneumático que estabiliza as vias aéreas superiores e evita seu colapso periódico durante o sono, sendo o padrão ouro atual para o tratamento de pacientes com apneia de grau moderada a severo (14,57,58). Há um consenso sobre a eficácia do CPAP para o tratamento da SAOS, ele diminui o IAH, sintomas de sonolência e melhora na qualidade de vida.

O tratamento com CPAP requer uma disciplina do paciente pois sua eficácia é uso dependente, ou seja, a melhora nos sintomas só ocorre quando o paciente usa o dispositivo para dormir, caso isso não ocorra os distúrbios respiratórios do sono irão ocorrer mesmo que o paciente já tenha um longo tempo de uso. Estudos mostram que 50% dos pacientes com diagnóstico de SAOS rejeitam o uso do CPAP como tratamento e 12% a 25% dos pacientes restantes podem suspender o uso do dispositivo principalmente pacientes que já usam por um longo período de tempo, além disso, quanto mais leves os sintomas, menos provável que os pacientes aceitem o CPAP(12,59). Apesar dos benefícios, a adesão dos pacientes em manter o tratamento com CPAP diminui durante o tempo, tanto por ser um equipamento de custo relativamente alto, quanto por ser um equipamento que demanda um desconforto no seu uso em relação a máscara que é necessária ser utilizada, causando inclusive um desconforto durante o sono dos pacientes. Além disso, por questões estéticas principalmente, quando

relacionado a novos parceiros conjugais alguns pacientes tendem a abandonar esse tipo de tratamento(12,13,58,59).

Os aparelhos intraorais (AIO) surgiram como uma alternativa cada vez mais popular para o CPAP na última década. Durante o sono, particularmente durante o sono REM (Rapid Eye Movement), a atividade tônica muscular diminui, levando ao aumento da colapsibilidade dos tecidos faríngeos, abertura mandibular e deslocamento posterior da língua, essas alterações resultam no estreitamento da passagem de ar pelas vias aéreas orofaríngea e hipofaríngea(14,57,60). A lógica por trás do uso do AIO não é clara, mas é provavelmente multifatorial, envolvendo uma mudança estrutural com aumento do calibre das vias aéreas, o aparelho avança o osso mandibular e a língua assim aumentando o calibre das vias aéreas na região posterior favorecendo a passagem de ar evitando a obstrução da passagem de ar(57,60).

Quando comparado o AIO com CPAP a literatura é unânime sobre a melhor opção ser o CPAP, principalmente a melhora nos resultados da polissonografia do IAH e melhora na saturação de oxigênio(13,14). Porém, não há diferença significativa em relação aos resultados dos sintomas clínicos como melhora na qualidade de vida, sonolência diurna, etc. Além disso, estudos relatam que a adesão dos pacientes é maior ao AIO quando comparado com o CPAP(12–14,57,60). Na conduta clínica é importante que o profissional conheça as opções e melhores indicações para cada caso, e deve-se levar em consideração que é mais relevante o tratamento que o paciente adere, sendo o AIO um grande aliado e uma boa opção principalmente para pacientes que rejeitam o CPAP.

1.2. Ronco

O ronco é um ruído produzido pela vibração do palato mole e dos pilares da abertura orofaríngea, mais precisamente na inspiração quando indivíduo está dormindo. Consiste em episódios de obstrução leve do fluxo aéreo, sem interrupções do sono ou alterações dos níveis de oxigênio sanguíneo, e habitualmente não resulta em prejuízo no desempenho diurno do indivíduo quando de forma isolada(23).

Quase todos os pacientes com SAOS (uma média de 95% dos casos) roncam, mas nem todos apresentam o distúrbio (4–6). Um padrão característico de ronco pode estar associado a pacientes com SAOS e consiste em roncos altos ou suspiros breves que se alternam com episódios de silêncio que duram de 20 a 30 segundos (23).

Uma revisão sistemática com dados epidemiológicos mundiais demonstrou que a idade é um fator modificador do efeito proeminente entre associação do ronco e de gênero, afetando mais o sexo masculino (4). Fatores que podem predispor o ronco também são associados ao da SAOS como sobrepeso, consumo de álcool, drogas depressoras do sistema nervoso central, falta de atividade física, doenças cardiovasculares, dentre outras (4,5,61). A prevalência do ronco habitual afeta 25% dos homens e 15% das mulheres e assim como a SAOS a prevalência aumenta progressivamente com a idade, mostrando que em média 60% dos homens e 45% das mulheres com idade entre 41-65 anos roncam habitualmente(4,6,44,61).

Como o ronco é um sintoma importante para suspeita de distúrbios respiratórios do sono, a associação de ferramentas de gravação presente nos smartphones para rastreamento da SAOS é interessante. Um estudo realizou levantamento de mais de 260 aplicativos para análise do ronco, avaliou um total de 11 aplicativos na plataforma IOS que gravavam e permitiam o playback do ronco junto com a ferramenta de gráfico dos resultados encontrados. 4 autores realizaram a análise dos aplicativos e deram uma nota de 0 a 5 elencando os melhores aplicativos, em seguida 2 pacientes realizaram o exame de PSG associada com o uso do aplicativo e compararam mais de 1500 roncos de forma individual com a PSG. Os resultados encontrados demonstraram uma semelhança entre os gráficos apresentados pelo aplicativo com os da PSG mostrando a potencial utilidade e facilidade no uso dos aplicativos como uma ferramenta para análise do ronco(21).

3. OBJETIVO

O objetivo primário do presente estudo é identificar os aplicativos que monitoram o sono para as principais plataformas atuais (iOS e Android) e avaliar suas funcionalidades. O objetivo secundário do estudo foi buscar a aplicabilidade clínica desses aplicativos para auxílio no diagnóstico, tratamento e monitoramento dos distúrbios do sono.

4. MÉTODOS

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília CAAE: 47850821.2.0000.0030 seguindo os preceitos éticos contidos na Declaração de Helsinque.

Foram identificados aplicativos com propósito de monitorar o ronco e a SAOS, nas plataformas iOS e Android e foram realizadas buscas pelos termos 'apnea', 'snore' e 'snoring'.

Os critérios de inclusão adotados foram aplicativos que gravam o sono para identificação do ronco e aplicativos que permitem "playback" dessa gravação. Como critério de exclusão aplicativos que necessitam de instrumento próprio (exemplo: oxímetro conectado via Bluetooth específico do próprio aplicativo) e aplicativos que interferiam no sono de alguma forma, tal como vibrar para que a pessoa mude de posição, tocar músicas ou emitir ruídos para parar o ronco, etc. Para aplicativos com versões pagas e gratuitas, neste trabalho, foram utilizados como critérios de análise apenas a versão paga.

Foi realizada a busca e o download dos aplicativos por duas pesquisadoras nos seus próprios smartphones. Ambas utilizaram as versões paga dos aplicativos (quando existente), pelo período de 7 noites para o preenchimento adequado da tabela. A análise dos dados coletados que serão abordadas no tópico: "critérios de análise", foram avaliadas e preenchidas em uma tabela com esses critérios.

Na primeira fase do estudo foi realizado levantamento de todos os aplicativos nas versões Android (play store) e IOS (App store). Foram encontrados na plataforma ANDROID 246 aplicativos com o termo "snore" 244 com termo "apnea" e 231 "snoring" (Figura 1), já na plataforma IOS 201, 172 e 120 seguindo a respectiva ordem (Figura 2). As buscas foram realizadas no período de 07/2021 até 08/2021. Um total de 543 aplicativos foram encontrados na busca do IOS, foram removidos os duplicados e os aplicativos que não se enquadravam nos critérios de inclusão resultando no download de 35 aplicativos, desses 21 foram

selecionados para análise do estudo. Na plataforma ANDROID o total de aplicativos foi de 740, foram removidos duplicados, e aplicativos que não se enquadravam nos critérios de inclusão resultando no download de 70 aplicativos, desses 15 foram selecionados para análise no estudo (Figura 1 e 2).

Na segunda etapa foi realizada a descrição qualitativa referente aos resultados das ferramentas encontradas nos aplicativos e comparado os resultados com as duas pesquisadoras, em casos de discordância entre as autoras, um pesquisador sênior foi o critério de concordância e desempate.

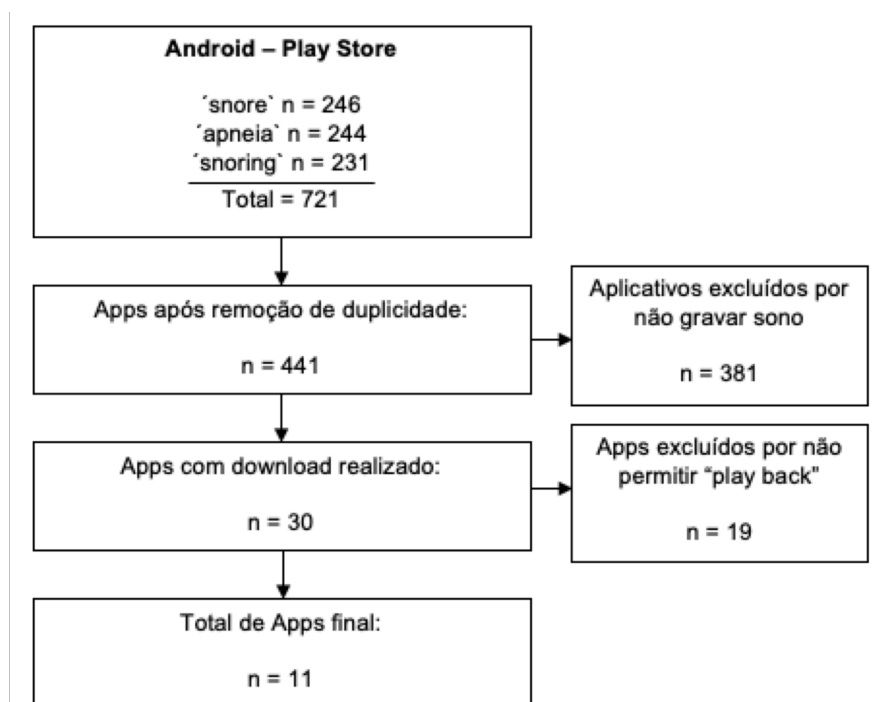


Figura 1 - Fluxograma dos aplicativos do sono intensificados e avaliados da plataforma Android. Com total de 11 aplicativos na análise final.

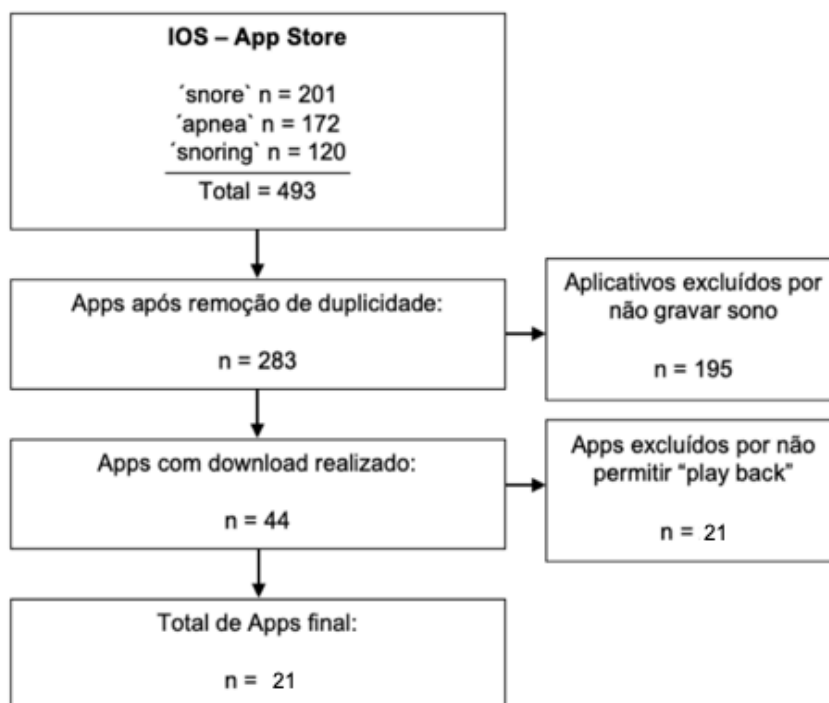


Figura 2 - Fluxograma dos aplicativos do sono identificados e avaliados da plataforma iOS. Com total de 21 aplicativos na análise final.

4.1. Critérios de Análise

A análise dos aplicativos foi realizada pelo preenchimento de uma tabela com dois símbolos “✓” quando o aplicativo tinha a ferramenta de análise e “✗” quando não tinha essa ferramenta. Apenas duas categorias da tabela não foram preenchidas pelos símbolos e sim por números referente a análise dos usuários e ao número de usuários que realizaram essa análise. A tabela foi dividida em 5 grupos sendo que, dentro deles há subgrupos de ferramentas para serem preenchidas que serão listados a seguir.

4.2. Análise do Ronco

Para análise do ronco o primeiro parâmetro da tabela é o “*snore chart*” para marcação positiva o aplicativo deve expor um gráfico referente a oscilação do ronco gravado durante o sono.

O segundo critério de análise do ronco é a ferramenta de gravar o áudio. Primeiro foi avaliado se o aplicativo permite o “*playback*” da gravação, ferramenta que permite análise da gravação e veracidade dos resultados encontrados e expostos pelo aplicativo referente ao ronco do usuário.

Associado ao *playback* foram incluídos aplicativos que, durante o uso dessa ferramenta, permitiam a rolagem da gravação como forma de otimização do tempo do usuário.

Terceiro critério de análise foi ajuste de sensibilidade do microfone, se o aplicativo disponibiliza esse ajuste nas suas configurações para que seja realizado um teste e removido viés de gravação desnecessários como ruídos de movimentação na cama durante o sono que podem atrapalhar os áudios do ronco.

Quarto e último critério de análise desse grupo é o aplicativo expor os dados em Decibéis daquela gravação, ou seja, a altura do ronco do usuário. Como exposto na revisão deste trabalho, muitas vezes roncões altos são associados com a SAOS e interferem principalmente na relação conjugal e social da pessoa que ronca.

4.3. Usabilidade

De acordo com a Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT (62) a usabilidade é a medida na qual um produto pode ser utilizado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso. Como ferramenta de análise da eficiência, o primeiro item observado desse grupo é se o aplicativo tem conexão com “*wearables*”, por exemplo *smartwatches* (relógios inteligentes), como ferramenta auxiliar na análise do sono. Porém aplicativos que conectam a uma estrutura própria, como um travesseiro que treme, oxímetro externo do próprio aplicativo, foram excluídos desse estudo devido a especificidade e dificuldade de acesso do usuário.

Para avaliação da satisfação, o segundo e terceiro critério de análise estão vinculados a classificação do aplicativo dentro de suas respectivas plataformas (iOS ou ANDROID). Essa é a única parte da análise preenchida por números, sendo inicialmente anotada a classificação do aplicativo e em seguida, como terceiro critério de análise, a quantidade de usuários que realizaram essa classificação dentro da plataforma. Em aplicativos em que nenhum usuário realizou a classificação do mesmo a sigla “NA” foi inserida na tabela como não se aplica.

O quarto critério refere-se ao aplicativo ser intuitivo. Nessa ferramenta buscou-se avaliar pontos específicos em relação a usabilidade do aplicativo, ou seja, se é fácil de utilizar, autoexplicativo, se tem instruções de uso, tela de fácil leitura, *layout* da tela.

Como quinto critério estão as ferramentas do aplicativo. Para essa avaliação os critérios de análise utilizados foram menu de fácil acesso, ferramentas principais do aplicativo na tela base como aba de configurações e outros acessos aos ajustes, se o aplicativo já abre na tela inicial, etc.

Sexto e último critério dessa categoria é se a velocidade do aplicativo está vinculado à sua eficiência, ou seja, se o aplicativo é lento, se apresenta *bugs* ao clicar em uma ferramenta, se trava, fecha ou não funciona.

4.4. Monitoramento de Fatores Associados

Este grupo de análise está relacionado ao espaço que o usuário tem para preencher informações importantes que podem interferir no sono durante a gravação. O primeiro critério é o registro de “fatores confundidores”. Nesse quesito foram analisados se o aplicativo tem a ferramenta ou espaço para registro de fatos ou substâncias que podem alterar o sono como por exemplo uso de cafeína, atividade física recente, álcool, etc.

O segundo critério é o registro dos dados biométricos do paciente, ou seja, individualizar os resultados de acordo com

características que são relevantes sobre o paciente que podem interferir no sono como peso, altura, idade, sexo, etc.

O terceiro e último critério de análise nesse grupo é o de medicação, se o aplicativo permite o registro pelo usuário de utilização ou não de medicamento que podem interferir no sono.

4.5. Auxílio Clínico

Essa categoria é direcionada ao corpo clínico, ou seja, é a parte da tabela voltada para as ferramentas de uso do profissional da saúde em relação ao acesso aos dados e resultados da análise do sono dos usuários. O primeiro critério é do aplicativo exportar os resultados obtidos, ou seja, se o aplicativo permite compartilhar com o profissional a gravação, o gráfico do ronco, etc.

Segundo critério é a inserção dos dados do tratamento, se o paciente faz o uso de algum dispositivo durante o sono como CPAP, AIO, etc. Esse ponto é muito importante para análise com e sem o dispositivo, acompanhamento na melhora dos dados coletados e no caso do aparelho intraoral de avanço mandibular se as ativações foram suficientes ou se serão necessárias novas ativação para melhora do ronco por exemplo.

O último critério de avaliação nessa categoria são os registros das variáveis, ou seja, se o aplicativo permite a sincronização de aparelhos externos para registro do ritmo cardíaco, actígrafo, movimento dos membros, etc.

4.6. Funcionalidade do Aplicativo

Esse grupo de análise, está diretamente relacionada à observação dos estágios do sono, ou seja, o registro de dados específicos do sono.

Se o aplicativo disponibiliza de alguma forma (seja por gráfico ou enumerando os itens) os registros da duração do sono, tempo acordado, tempo de sono leve, tempo de sono profundo, qualidade do sono, grava

o sono e se permite que o usuário faça anotações que podem ser disponibilizadas e compartilhadas sobre como se sentiu após aquela noite de sono.

Tabela 1 - Aplicativos analisados na plataforma Android (n = 11)

	Monitor do Sono: triha do ciclo do sono, análise	Monitor de Sono: Ciclo do Sono	Sleep as Android: Registra os ciclos do sono	SnoreLab	SnoreApp: snoring & snore analysis & detection	Sleepzy	Mintal Tracker: Sleep Recorder	Sleeplus	Sleep Recorder - Record Your Sleep Talking	SnoreClock - Você ronca?	Avrora
Snore Chart	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗
Playback	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Microphone Settings	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Db Data	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Wearables	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Scores	4,8	4,8	4,5	4,3	4,2	3,7	4,5	2	3,5	4,3	3,7
Number of raters	47,998	898	344 mil	34 mil	381	27 mil	280	383	173	5 mil	16 mil
Price*	\$17.00	Free	\$19.99	\$4.99	\$5.38	\$33.00	\$59.99	Free	\$23.99	\$3.00	\$23.00
Intuitive	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Menu tools	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
App Velocity	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Confounding Factors	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Biometric Data	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Sleep drugs	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Export Results	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Treatment data	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Variables	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Sleep duration	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Awake	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Light Sleep	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Deep Sleep	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Sleep Quality	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Sound Recorder	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Notes	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓

Critérios de Análise por cor: Lilás: Análise do ronco; Azul: Usabilidade; Laranja: Monitoramento de Fatores associados; Rosa: Auxílio Clínico; Verde: Funcionalidade do Aplicativo. *Preço da assinatura

Tabela 2 - Aplicativos analisados na plataforma iOS (n=21)

Aplicativos - iOS App Store	Sleep Recorder Plus Pro	Monitor de sono	Sleep Center	Pillow: Auto Sleep Tracker	Snore Lab	Sleep Monitor: Sleep Tracker	Snore Recorder: My Sleep Lab	Dream Talk Recorder	Sleepy - Sleep Talk Recorder	Sleep Analysis - Sleepitic Recorder	Snore Z	Não durmo de conversação livre	Sleeptalk Sleep talk recorder	SnoreTrack - Track/Coach Snore	Sleep Tracker, Recorder	Sleep talking recorder. Snore	ShutEye : Sleep Tracker	Avrora	Rastreador de ronco: Relogio	Sleepzy - Relógio Despertado	JUKUSU- Sleep Cycle Alarm
Snore Chart	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Play back	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Microphone Setting	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓
Db Data	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Wearables	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓
Scores	4,6	4,9	4,1	4,5	4,7	4,6	4,7	4,7	4,4	4,1	NA	3,5	4,2	NA	NA	NA	4,8	4,7	4,5	5	5
Number of raters	5	258	40	2.079	3.091	236	24	2,4 mil	2,5 mil	7.318	NA	4	47	NA	NA	NA	4,9 mil	25	4 mil	1	1
Price*	\$19,99	\$23,64	\$23,99	\$39,99	\$4,99	\$19,99	\$17,30	\$4,99	\$23,99	Free	Free	Free	\$11,44	Free	\$32,00	\$22,90	\$52,00	\$27,00	\$32,00	Free	Free
Intuitive	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Menu tools	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
App Velocity	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Confounding Facto	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Biometric Data	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sleep drugs	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sleep drugs	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Export Results	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Treatment data	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Variables	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sleep duration	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Awake	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Light Sleep	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Deep Sleep	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sleep Quality	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sound Recorder	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Notes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Crterios de Análise por cor: Lilás: Análise do ronco; Azul: Usabilidade; Laranja: Monitoramento de Fatores associados; Rosa: Auxílio Clínico; Verde: Funcionalidade do Aplicativo. *Preço da assinatura anual do aplicativo em dólar.

Tabela 3 – Porcentagem de ferramentas encontradas nos aplicativos nas duas plataformas		
	Platform	
	iOS	Android
Snore Chart	13 (59%)	7 (63%)
Play back	21 (100%)	11 (100%)
Microphone Settings	10 (45%)	3 (27%)
Db Data	8 (36%)	6 (54%)
Wearables	4 (18%)	3 (27%)
Intuitive	19 (86%)	10 (90%)
Menu Tools	17 (77%)	10 (90%)
App Velocity	18 (81%)	11 (100%)
Confounding Factors	6 (27%)	5 (45%)
Biometric Data	4 (18%)	6 (36%)
Export Results	17 (77%)	10 (90%)
Treatment Data	4 (18%)	5 (45%)
Variables	3 (13%)	2 (18%)
Sleep Duration	20 (90%)	10 (90%)
Awake	11 (50%)	6 (54%)
Light Sleep	9 (40%)	6 (54%)
Deep Sleep	9 (40%)	6 (54%)
Sleep Quality	11 (50%)	7 (63%)
Sound Recorder	21 (100%)	11 (100%)
Notes	8 (36%)	6 (54%)

5. RESULTADOS

Todos os aplicativos incluídos no trabalho permitiam “*playback*” e gravavam o ronco (Tabela 1 e 2). Na plataforma iOS 59% dos aplicativos apresentavam gráfico do ronco, 45% disponibilizavam ajuste do microfone, 36% os dados em Decibéis referente a altura do ronco. Na plataforma Android os resultados encontrados foram de 63%, 27% e 54% seguindo a mesma ordem citada anteriormente (Tabela 3).

Seguindo com os resultados da análise de Usabilidade, na plataforma IOS 18% sincronizavam com *wearables*, 86% funcionavam de forma intuitiva, 77% expuseram boas ferramentas do menu, 81% dos aplicativos não travavam ou apresentaram bugs. No Android seguindo a mesma sequência anterior: 27%, 90%, 90% e 100% (Tabela 3). Sobre as notas e número de usuários que

realizaram a avaliação dos aplicativos nas suas devidas plataformas, os resultados variam de aplicativo para aplicativo (Tabela 1 e 2)

No monitoramento de fatores associados nos aplicativos do IOS 27% permitiam anotar fatores confundidores, 18% dados biométricos, 77% exportar os resultados obtidos, 18% os dados do tratamento e 13% o monitoramento de variáveis. Seguindo a mesma sequência, 45%, 36%, 90%, 45% e 18%. E por fim na análise do sono, 90% demonstram o tempo de sono, 50% tempo acordado, 40% sono leve, 40% sono profundo, 50% qualidade do sono e 36% permitem que o usuário faça anotações referentes aos resultados obtidos durante a gravação do Aplicativos da IOS. No Android segue os resultados encontrados seguindo a mesma sequência anterior: 90%, 54%, 54%, 54%, 63% e 54% (Tabela 3).

Os 5 melhores aplicativos foram eleitos de acordo com a quantidade de *check* “✓” encontradas e podem ser visualizados na leitura da tabela da esquerda para direita. Na plataforma IOS seguindo a ordem do primeiro com maior número de bons resultados foram: Sleep Recorder Plus Pro, Monitor de sono; Sleep Center; Pillow: Rastreador de Sono; Snore Lab. No Android seguindo a mesma ordem citada anteriormente: Monitor do sono: trilha do ciclo do sono, análise; Monitor de sono: Ciclo do sono; Sleep as Android: Registra os ciclos do sono; Snore Lab; Snore App: snoring & snore analysis & detection (Tabela 1 e 2).

6. DISCUSSÃO

A tendência é de aumento no uso de aplicativos dos celulares como ferramentas para o monitoramento, diagnóstico e inclusive no tratamento de várias condições e doenças (19). Por isso é importante que o clínico entenda sobre os tipos de aplicativos atuais para eleger o ideal na sua conduta clínica, além disso, os aplicativos auxiliam na percepção do próprio paciente sobre seu distúrbio do sono.

O desenvolvimento dos critérios de análise dos aplicativos estabelecidos no estudo foram embasados e divididos em diferentes categorias, com objetivos específicos. Quando o usuário escuta, visualiza no gráfico o tempo e os resultados em Decibéis da altura do próprio ronco, as consequências dessa patologia se tornam perceptíveis e reais para ele buscar entender que isso é um problema que pode afetar sua qualidade de vida e de fato buscar e se dedicar ao tratamento desse problema.

Durante análise dos aplicativos duas ferramentas foram consideradas indispensáveis para análise do ronco: A gravação do áudio e o “*playback*” dessa gravação. Mesmo que os aplicativos invistam na inteligência artificial e no aprimoramento dessa análise, a diferenciação do ronco entre outros ruídos não é perfeita sendo importante para análise dos aplicativos o uso dessas ferramentas (16,21,63). Estudos demonstram que os aplicativos têm uma hipersensibilidade de gravação na análise do ronco principalmente quando comparado com outros mecanismos de análise do sono como a PSG (16,17,52).

Os aplicativos apresentaram resultados no índice de ronco que devem ser analisados com cautela. Durante a análise dos áudios expostos pelos aplicativos, há gravações de outros ruídos externos como: movimento do usuário na cama, barulhos de carros passando na rua, animais e principalmente de conversas noturnas que foram considerados como ronco em alguns aplicativos.

Como forma de diminuir o viés da análise das gravações noturnas do ronco os aplicativos disponibilizam uma ferramenta para compartilhar com o suporte do próprio aplicativo, erros de análise dentro da plataforma. Os aplicativos que se destacaram na análise e diferenciação

do ronco e ruídos externo como por exemplo conversação durante o sono são da plataforma IOS: “*Sleep Tracker, Recorder*” e “*ShutEye: Sleep Tracker*”, porém por mais que não tanto quando comparado com os outros aplicativos, também demonstraram gravações incoerentes com os ruídos, o que afeta os resultados obtidos pelos aplicativos.

Na análise de “*wearables*” os aplicativos que permitiam o emparelhamento de *smart watches*, analisavam sinais vitais como batimento cardíaco, movimento do corpo durante o sono com os resultados de análise mais fidedignos, além disso usuários que tem acesso a essa ferramenta, tem acesso a todo ciclo vigília-sono do seu dia a dia e podendo compartilhar com o profissional da saúde durante o diagnóstico e tratamento. Aplicativos como “*Sleep Recorder Plus Pro*”; “*Sleep Center*”; “*Pillow: Rastreador de sono*” foram destaque na plataforma IOS e o aplicativo “*Sleep as Android: Registra os ciclos do sono*” no Android.

As avaliações (notas dos usuários que utilizam os aplicativos) associada com a quantidade de pessoas que avaliaram o mesmo, norteiam a opinião pública no uso dos aplicativos. Alguns aplicativos apresentam uma nota alta, porém com poucos usuários que utilizaram as plataformas, outros aplicativos sofrem com a falta de avaliação dos usuários, talvez devido a falta de conhecimento dos profissionais que direcionam o uso dos mesmos ou até mesmo por causa da falta de disponibilidade de tempo do usuário.

Apesar dos aplicativos disponibilizarem uma versão reduzida dos resultados de análise do sono de forma gratuita, nesse estudo utilizamos apenas as versões pagas. O custo anual pode ser relativamente alto principalmente quando comparamos os aplicativos, por exemplo, dentro da plataforma IOS o melhor aplicativo “*Sleep Recorder Plus Pro*” tem o custo de \$19.99 anual e quando comparamos com “*SnoreLab*” \$4.99 ele é 3x mais caro. Mesmo com a possibilidade de utilização das versões pagas pelo período de até 7 dias, os usuários levaram em consideração o fato de que será necessário o uso dessa ferramenta por anos no acompanhamento do tratamento com CPAP por exemplo e de fato 7 dias é pouco para esse monitoramento.

O intuito desse estudo foi analisar todos os Aplicativos, mesmo aqueles com baixa avaliação, comparado com outros estudos(21,22) semelhantes a esse, adicionamos mais ferramentas de análise para comparação dos aplicativos. Nota-se também que utilizamos as avaliações dos usuários dentro das plataformas buscando o *feedback* de dificuldades e acessibilidade no uso dos aplicativos. A análise desse *feedback* é importante pelo fato de que talvez uma grande quantidade de ferramentas dentro do aplicativo pode na verdade dificultar seu uso principalmente pela população >60 anos que tem mais dificuldade com uso de tecnologia e de fato com aumento da idade mais chances de desenvolvimento da SAOS que é exatamente o público que pode usufruir dessa ferramenta.

Na plataforma Android o número de pessoas que avaliam e usam o aplicativo é maior quando comparado com iOS. Ainda referente a usabilidade dos aplicativos, em termos de facilidade de uso, ausência de bugs (travamento) e acesso as ferramentas dos aplicativos, o Android também apresentou melhores resultados quando comparado com IOS.

Um fator importante avaliado foi a falta de aplicativos que associam fatores de risco e/ou que alteram de forma comprovada a qualidade do sono. Fatores confundidores, dados biométricos e dados do tratamento são negligenciados pela maioria dos aplicativos, sendo que tanto nos resultados do IOS quanto Android nenhuma dessas plataformas apresentou um número >45% de aplicativos que suprem essa necessidade (Tabela 3). Esse resultado é importante para futuras parcerias entre os desenvolvedores e profissionais da saúde de forma cooperativa no aprimoramento e conseqüente aumento na busca por esse método de acompanhamento do sono do usuário, crescendo de forma evolutiva a na qualidade da análise do sono pelos aplicativos. Já a ferramenta de exportar os resultados obtidos tem alta aderência dos aplicativos nas duas plataformas >77% porém de formas diferentes. Alguns aplicativos permitem apenas o compartilhamento dos áudios gravados durante a noite e não dos resultados e gráficos expostos após análise do sono, afetando de forma direta o acesso do profissional que está monitorando aquele paciente a esses resultados e demandando

mais tempo (“*print screen*” de várias telas por exemplo) do usuário para compartilhar os resultados obtidos.

Nos resultados da análise do sono, 90% dos aplicativos disponibilizam o tempo do sono e 100% gravam os sons emitidos pelos usuários durante o uso do aplicativo. Já análises específicas referente ao sono como percentual de sono leve e sono profundo, tempo acordado e qualidade do sono, os aplicativos da plataforma Android obtiveram uma porcentagem maior em comparação com IOS de aplicativos que disponibilizam essa ferramenta, porém deve-se levar em consideração que dentro da plataforma IOS um número maior de aplicativos (n = 21) se enquadraram no desenho desse estudo quando comparado com Android (n = 12).

A ferramenta de Notas permite o usuário relatar como foi aquela noite de sono, na iOS apenas 36% dos aplicativos fornecem esse recurso enquanto no Android 54%. Essa ferramenta é importante pois pode funcionar como um diário do sono o qual o paciente assim que acorda já faz o relato de como foi a noite de sono sem a necessidade de uma ferramenta adicional (bloco de notas por exemplo), e por ser um relato momentâneo, o usuário consegue relatar de forma fidedigna, ou seja, caso ele não realize a anotação na hora ele acaba esquecendo e podendo alterar os resultados e sintomas do sono.

Deve-se considerar na análise dos resultados que aplicativos repetidos como “*Avrora*”, “*Monitor do Sono*”, “*Sleepzy*” e “*SnoreLab*” encontram-se nas duas plataformas IOS e Android. Outro fator é que alguns aplicativos como “*JUKUSUI*” não tem a mesma funcionalidade nas duas plataformas sendo que, na plataforma Android, a função de “*playback*” não funcionou mesmo na versão paga e não entrou no critério de análise do estudo.

Independente da plataforma IOS ou Android, ambas fornecem bons aplicativos para análise do sono, porém é necessário entender como essas ferramentas podem auxiliar a conduta das pessoas que sofrem com distúrbios do sono.

Alguns autores buscaram associar os resultados obtidos nos aplicativos para diagnóstico da SAOS (17,52). Apesar de um dos estudos não utilizar o exame de PSG (tipo I) que é padrão ouro para

comparar os resultados e sim um polígrafo (tipo III) que também não há evidências para diagnóstico de SAOS usando esse tipo de exame(17). Ambos concluíram que o aplicativo não deve ser utilizado para diagnóstico da SAOS e sim como uma alternativa para o monitoramento da doença. Embora os estudos tenham recomendado não utilizar o aplicativo para diagnóstico da SAOS, deve-se considerar que talvez isso possa ser realizado mas com cautela. O clínico pode escutar os episódios de ronco, buscando engasgos e/ou interrupções que sugiram à existência da SAOS, ou seja, o aplicativo funciona como uma ferramenta para o pedido da PSG e não substituindo-a.

É importante ressaltar que não há evidências suficientes para recomendar PSG, que não do tipo I, para o diagnóstico padrão ouro da SAOS(11,43,64). Mas um dado preocupante é o índice de 90% da população que não tem o diagnóstico de SAOS(48) devido as limitações do acesso ao exame. Tem-se que buscar alternativas para esses pacientes que estão propensos ao desenvolvimento de outras patologias associadas a SAOS como diabetes, doença cardiovascular, etc, principalmente ligado a fatores de risco como peso, sexo e idade o que pode agravar ainda mais o quadro da doença(3,4,9,34,42,44). O tratamento precoce está indicado tanto pelo benefício na qualidade de vida do paciente quanto para evitar o aparecimento e agravamento das doenças associadas a SAOS(44).

São necessários novos estudos para a realização da análise comparativa dos resultados dos aplicativos com os resultados da PSG do tipo I e podem ajudar na fidedignidade da análise disponibilizada pelos aplicativos referente aos distúrbios do sono, como por exemplo no monitoramento do tratamento da SAOS com aparelho intraoral de avanço mandibular ou até mesmo um estudo com levantamento da busca pelo tratamento após o acesso aos aplicativos do sono.

Outro ponto importante é relacionado ao acesso da população a esses dispositivos, no Distrito Federal, cerca de 89,5% da população no ano de 2018 tem acesso a internet pelo telefone celular(51). Com essa alta acessibilidade aos smartphones, os profissionais podem fazer o uso dessas ferramentas para melhorar na qualidade de vida, manejo e tratamento da SAOS.

Em uma revisão de literatura, os autores concluíram fatos importantes para o direcionamento de novos estudos para uso desses smartphones como: ferramentas para avaliar o status do ronco, os resultados encontrados pelos aplicativos quando associados a diários do sono são mais confiáveis, outra indicação interessante seria para pacientes pós diagnóstico de distúrbio do sono que não querem aderir ao tratamento ou que pretendem desistir do mesmo, sendo que, o aplicativo funciona como um biofeedback(18), auxiliando na percepção e na busca pelo tratamento ou até mesmo para manter esse tratamento. Quando associado com CPAP e aparelho intra-oral por exemplo, os resultados na melhora do sono são uso dependentes e podem demandar anos de tratamento, o que acaba desestimulando os pacientes, resultando em um alto índice de desistência do tratamento(9,53) seja ele pelo tempo de uso ou mesmo por questões estéticas(9,10,52,53). A abordagem dos aplicativos como alerta de auto percepção do problema e dedicação ao tratamento é muito importante e novos estudos podem realizar essa associação.

7. CONCLUSÃO

De acordo com os critérios de análise estabelecidos nesse estudo a plataforma iOS disponibiliza mais aplicativos para análise do sono (n= 21) quando comparado com Android (n= 12). Os 5 melhores aplicativos foram: na plataforma IOS seguindo a ordem do primeiro com maior número de bons resultados foram: Sleep Recorder Plus Pro, Monitor de sono; Sleep Center; Pillow: Rastreador de Sono; Snore Lab. No Android seguindo a mesma ordem citada anteriormente: Monitor do sono: trilha do ciclo do sono, análise; Monitor de sono: Ciclo do sono; Sleep as Android: Registra os ciclos do sono; Snore Lab; Snore App: snoring & snore analysis & detection.

Independente da plataforma IOS ou Android, ambas fornecem bons aplicativos de análise do sono, porém não são indicados para o diagnóstico da SAOS, sendo necessário um aprimoramento no desenvolvimento dos aplicativos e suas ferramentas, mas clinicamente os aplicativos de análise do sono demonstram grande potencial no monitoramento da SAOS, detecção do ronco, diário do sono: biofeedback, acompanhamento do ciclo sono-vigília e da higiene do sono.

Mais estudos para descrever a aplicação clínica dos aplicativos no monitoramento ou tratamento da SAOS são necessários. Sugerimos estudos com abordagem no uso dos aplicativos como ferramenta de monitoramento da SAOS, do ciclo circadiano e no estímulo dos pacientes na percepção e na busca pelo tratamento da apneia obstrutiva do sono.

8. REFERÊNCIAS

1. Gozal D, Wang M, Pope DW. Objective Sleepiness Measures in Pediatric Obstructive Sleep Apnea. 2001.
2. Senaratna C v., Perret JL, Lodge CJ, Lowe AJ, Campbell BE, Matheson MC, et al. Prevalence of obstructive sleep apnea in the general population: A systematic review. Vol. 34, *Sleep Medicine Reviews*. W.B. Saunders Ltd; 2017. p. 70–81.
3. Park JG, Ramar K, Olson EJ. Updates on definition, consequences, and management of obstructive sleep apnea concise review for clinicians. Vol. 86, *Mayo Clinic Proceedings*. Elsevier Ltd; 2011. p. 549–55.
4. Chan CH, Wong BM, Tang JL, Ng DK. Gender difference in snoring and how it changes with age: Systematic review and meta-regression. Vol. 16, *Sleep and Breathing*. 2012. p. 977–86.
5. Gottlieb DJ, Yao Q, Redline S, Ali T, Mahowald MW. Does Snoring Predict Sleepiness Independently of Apnea and Hypopnea Frequency? [Internet]. Vol. 162, *Am J Respir Crit Care Med*. 2000. Available from: www.atsjournals.org
6. McNicholas WT. Diagnosis of obstructive sleep apnea in adults. Vol. 5, *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2008. p. 154–60.
7. Sateia MJ. International classification of sleep disorders-third edition highlights and modifications. *Chest*. 2014 Nov 1;146(5):1387–94.
8. Kushida CA, Efron B, Guilleminault C. *Annals of Internal Medicine* A Predictive Morphometric Model for the Obstructive Sleep Apnea Syndrome [Internet]. Vol. 127. 1997. Available from: <http://www.acponline.org>.
9. Gami AS, Caples SM, Somers VK. Obesity and obstructive sleep apnea. Vol. 32, *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*. W.B. Saunders; 2003. p. 869–94.
10. Young T, Evans L, Finn L, Palta M. Estimation of the Clinically Diagnosed Proportion of Sleep Apnea Syndrome in Middle-aged Men and Women [Internet]. 1997. Available from: <https://academic.oup.com/sleep/article/20/9/705/2731634>
11. 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. Vol. 13, *Journal of Clinical Sleep Medicine*. American Academy of Sleep Medicine; 2017. p. 479–504.

12. Ardle NMC, Devereux G, Heidarnejad H, Engleman HM, Mackay TW, Douglas NJ. Long-term Use of CPAP Therapy for Sleep Apnea/Hypopnea Syndrome [Internet]. Vol. 159, *Am J Respir Crit Care Med*. 1999. Available from: www.atsjournals.org
13. Li W, Xiao L, Hu J. The comparison of CPAP and oral appliances in treatment of patients with OSA: A systematic review and meta-analysis. *Respiratory Care*. 2013 Jul;58(7):1184–95.
14. Schwartz M, Acosta L, Hung YL, Padilla M, Enciso R. Effects of CPAP and mandibular advancement device treatment in obstructive sleep apnea patients: a systematic review and meta-analysis. Vol. 22, *Sleep and Breathing*. Springer Verlag; 2018. p. 555–68.
15. Camacho M, Robertson M, Abdullatif J, Certal V, Kram YA, Ruoff CM, et al. Smartphone apps for snoring. *Journal of Laryngology and Otology*. 2015 Oct 1;129(10):974–9.
16. Chiang JK, Lin YC, Lin CW, Ting CS, Chiang YY, Kao YH. Validation of snoring detection using a smartphone app. *Sleep and Breathing*. 2021;
17. Klaus K, Stummer AL, Ruf S. Accuracy of a smartphone application measuring snoring in adults—How smart is it actually? *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021 Jul 2;18(14).
18. Fino E, Mazzetti M. Monitoring healthy and disturbed sleep through smartphone applications: a review of experimental evidence. Vol. 23, *Sleep and Breathing*. Springer Verlag; 2019. p. 13–24.
19. Saleh A, Mosa M, Yoo I, Sheets L. A Systematic Review of Healthcare Applications for Smartphones [Internet]. 2012. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1472-6947/12/67>
20. Behar J, Roebuck A, Domingos JS, Geder E, Clifford GD. A review of current sleep screening applications for smartphones. *Physiological Measurement*. 2013 Jul;34(7).
21. Camacho M, Robertson M, Abdullatif J, Certal V, Kram YA, Ruoff CM, et al. Smartphone apps for snoring. *Journal of Laryngology and Otology*. 2015 Oct 1;129(10):974–9.
22. Ong AA, Gillespie MB. Overview of smartphone applications for sleep analysis. *World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*. 2016 Mar;2(1):45–9.

23. American Sleep Disorders Association. The international classification of sleep disorders, revised : diagnostic and coding manual. American Sleep Disorders Association; 1997. 401 p.
24. Suratt PM, Dee P, Atkinson RL, Armstrong P, Wilhoit SC. Fluoroscopic and Computed Tomographic Features of the Pharyngeal Airway in Obstructive Sleep Apnea 13.
25. Semelka M, Wilson J, Floyd R. Diagnosis and Treatment of Obstructive Sleep Apnea in Adults [Internet]. Vol. 94. 2016. Available from: www.aafp.org/afp
26. Punjabi NM, Ahmed MM, Polotsky VY, Beamer BA, O'Donnell CP. Sleep-disordered breathing, glucose intolerance, and insulin resistance. In: Respiratory Physiology and Neurobiology. Elsevier; 2003. p. 167–78.
27. Redline S, Yenokyan G, Gottlieb DJ, Shahar E, O'Connor GT, Resnick HE, et al. Obstructive sleep apnea-hypopnea and incident stroke: The sleep heart health study. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2010 Jul 15;182(2):269–77.
28. Aul P, Eppard EP, Erry T, Oung Y, Alta AP, Ames J, et al. The New England Journal of Medicine PROSPECTIVE STUDY OF THE ASSOCIATION BETWEEN SLEEP-DISORDERED BREATHING AND HYPERTENSION A BSTRACT. Vol. 342. 2000.
29. Blunden S, Lushington K, Kennedy D, Martin J, Dawson D. Behavior and neurocognitive performance in children aged 5-10 years who snore compared to controls. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology. 2000;22(5):554–68.
30. Weissbach A, Leiberman A, Tarasiuk A, Goldbart A, Tal A. Adenotonsilectomy improves enuresis in children with obstructive sleep apnea syndrome. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology. 2006 Aug;70(8):1351–6.
31. Gozal D, Pope DW. Snoring during early childhood and academic performance at ages thirteen to fourteen years. Pediatrics. 2001;107(6):1394–9.
32. Bstructive O, Leep S, Pnea A, Ard WW, Lemons F. Clinical Practice The New England Journal of Medicine [Internet]. Vol. 347, J Med. 2002. Available from: www.nejm.org
33. Punjabi NM. The epidemiology of adult obstructive sleep apnea. Vol. 5, Proceedings of the American Thoracic Society. 2008. p. 136–43.
34. Jordan AS, McSharry DG, Malhotra A. Adult obstructive sleep apnoea. Vol. 383, The Lancet. Elsevier B.V.; 2014. p. 736–47.

35. Kim AM, Keenan BT, Jackson N, Chan EL, Staley B, Poptani H, et al. Tongue fat and its relationship to obstructive sleep apnea. *Sleep*. 2014 Oct 1;37(10):1639-1648D.
36. Nevéus T, Markström A, Magnuson A, Bazargani F, Jönson Ring I. Rapid maxillary expansion in children with nocturnal enuresis: A randomized placebo-controlled trial. *Angle Orthodontist*. 2020;90(1):31–8.
37. Katyal V, Pamula Y, Martin AJ, Daynes CN, Kennedy JD, Sampson WJ. Craniofacial and upper airway morphology in pediatric sleep-disordered breathing: Systematic review and meta-analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;143(1).
38. Xiang ML, Hu B, Liu Y, Sun J, Song J. Changes in airway dimensions following functional appliances in growing patients with skeletal class II malocclusion: A systematic review and meta-analysis. Vol. 97, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. Elsevier Ireland Ltd; 2017. p. 170–80.
39. Gonçalves JR, Gomes LCR, Vianna AP, Rodrigues DB, Gonçalves DAG, Wolford LM. Airway space changes after maxillomandibular counterclockwise rotation and mandibular advancement with TMJ Concepts® total joint prostheses: Three-dimensional assessment. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2013 Aug;42(8):1014–22.
40. Gray LP. Results of 310 Cases of Rapid Maxillary Expansion Selected for Medical Reasons. *The Journal of Laryngology & Otology*. 1975;89(6):601–14.
41. Guilleminault C, Monteyrol PJ, Huynh NT, Pirelli P, Quo S, Li K. Adenotonsillectomy and rapid maxillary distraction in pre-pubertal children, a pilot study. *Sleep and Breathing*. 2011 May;15(2):173–7.
42. Deegan PC, McNicholas WT. Pathophysiology of obstructive sleep apnoea. Vol. 8, *European Respiratory Journal*. 1995. p. 1161–78.
43. Guimarães Pereira Togeiro M, Maria Guimarães Pereira Togeiro S, Karla Smith A. Diagnostics methods for sleep disorders Métodos diagnósticos nos distúrbios do sono. Vol. 27, *Rev Bras Psiquiatr*. 2005.
44. Early diagnosis of sleep related breathing disorders.
45. Johns MW. A New Method for Measuring Daytime Sleepiness: The Epworth Sleepiness Scale [Internet]. Vol. 14, *Sleep*. 1991. Available from: <https://academic.oup.com/sleep/article-abstract/14/6/540/2742871>

46. Chervin RD, Hedger K, Dillon JE, Pituch KJ. Pediatric Sleep Questionnaire (PSQ): validity and reliability of scales for sleep-disordered breathing, snoring, sleepiness, and behavioral problems q [Internet]. Available from: www.elsevier.com/locate/sleep
47. Netzer NC, Stoohs RA, Netzer CM, Clark K, Strohl KP. Annals of Internal Medicine Using the Berlin Questionnaire To Identify Patients at Risk for the Sleep Apnea Syndrome [Internet]. Vol. 131. 1999. Available from: <http://annals.org/>
48. Faber J, Faber C, Faber AP. Obstructive sleep apnea in adults. *Dental Press Journal of Orthodontics*. 2019 May 1;24(3):99–109.
49. Chiang JK, Lin YC, Lin CW, Ting CS, Chiang YY, Kao YH. Validation of snoring detection using a smartphone app. *Sleep and Breathing*. 2021;
50. Behar J, Roebuck A, Domingos JS, Geder E, Clifford GD. A review of current sleep screening applications for smartphones. *Physiological Measurement*. 2013 Jul;34(7).
51. IBGE. ACESSO À INTERNET E À TELEVISÃO E POSSE DE TELEFONE MÓVEL CELULAR PARA USO PESSOAL PNAD CONTÍNUA 2018. 2019.
52. Bhat S, Ferraris A, Gupta D, Mozafarian M, de Bari VA, Gushway-Henry N, et al. Is there a clinical role for smartphone sleep apps? Comparison of sleep cycle detection by a smartphone application to polysomnography. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 2015;11(7):709–15.
53. Benjafield A v., Ayas NT, Eastwood PR, Heinzer R, Ip MSM, Morrell MJ, et al. Estimation of the global prevalence and burden of obstructive sleep apnoea: a literature-based analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2019 Aug 1;7(8):687–98.
54. Machado-Júnior AJ, Zancanella E, Crespo AN. Rapid maxillary expansion and obstructive sleep apnea: A review and meta-analysis. Vol. 21, *Medicina Oral Patologia Oral y Cirugia Bucal*. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal*; 2016. p. e465–9.
55. Andersen IG, Holm JC, Homøe P. Obstructive sleep apnea in obese children and adolescents, treatment methods and outcome of treatment - A systematic review. Vol. 87, *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*. Elsevier Ireland Ltd; 2016. p. 190–7.
56. Marcus CL, Brooks LJ, Ward SD, Draper KA, Gozal D, Halbower AC, et al. Diagnosis and management of childhood obstructive sleep apnea syndrome. *Pediatrics*. 2012 Sep;130(3).

57. Ng AT, Gotsopoulos H, Qian J, Cistulli PA. Effect of oral appliance therapy on upper airway collapsibility in obstructive sleep apnea. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2003 Jul 15;168(2):238–41.
58. Ballester E, Badia JR, Hernández L, Carrasco E, Pablo J de, Fornas C, et al. Evidence of the Effectiveness of Continuous Positive Airway Pressure in the Treatment of Sleep Apnea/Hypopnea Syndrome [Internet]. Vol. 159, *Am J Respir Crit Care Med*. 1999. Available from: www.atsjournals.org
59. Engleman HM, Wild MR. Improving CPAP use by patients with the sleep apnoea/hypopnoea syndrome (SAHS). Vol. 7, *Sleep Medicine Reviews*. W.B. Saunders Ltd; 2003. p. 81–99.
60. Lim J, Tj L, Fleetham J, Wright J. Oral appliances for obstructive sleep apnoea (Review) [Internet]. 2005. Available from: <http://www.thecochranelibrary.com>
61. Lugaresi E, Cirignotta F, Coccagna G, Piana C. Some Epidemiological Data on Snoring and Cardiocirculatory Disturbances [Internet]. Vol. 3. 2018. Available from: <https://academic.oup.com/sleep/article-abstract/3/3-4/221/2750228>
62. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade.
63. Behar J, Roebuck A, Domingos JS, Geder E, Clifford GD. A review of current sleep screening applications for smartphones. *Physiological Measurement*. 2013 Jul;34(7).
64. Andrew L. Chesson JRBBAP. Practice Parameters for the Use of Portable Monitoring Devices in the Investigation of Suspected Obstructive Sleep Apnea in Adults. 2003;