

# Avaliação do Sono: Uma Análise Comparativa Entre Dados de Dispositivos *Wearables* com o *Consensus Sleep Diary*

Elisandra Beatriz Guntzel<sup>1</sup>, Alexandre Abreu de Paula<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - *Campus Ibirubá*  
Rua Nelsi Ribas Fritsch, 1111 – CEP: 98200-000 – Ibirubá – RS – Brasil

**Abstract.** *This study aimed to assess sleep quality by integrating information obtained from wearable devices and daily sleep records used through the Consensus Sleep Diary (CSD). Participants used wearable devices for ten consecutive nights and completed a sleep diary daily. The data were organized, standardized, and processed using Python. Variables were converted into formats appropriate for analysis, and comparative graphs were generated based on different sleep indicators.*

**Resumo.** *O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do sono por meio da integração de informações obtidas com dispositivos vestíveis e registros diários de sono, feitos através do Consensus Sleep Diary (CSD). Participantes utilizaram dispositivos vestíveis por dez noites consecutivas e preencheram o diário de sono diariamente. Os dados foram organizados, padronizados e tratados utilizando a linguagem Python. As variáveis foram convertidas em formatos apropriados para análise, e foram gerados gráficos comparativos a partir de diferentes indicadores de sono.*

## 1. Introdução

Dispositivos vestíveis, ou *wearables*, são tecnologias compactas e discretas que vêm revolucionando o monitoramento contínuo de variáveis fisiológicas em contextos não clínicos. Seu uso tem se expandido amplamente na área da saúde, permitindo acompanhar dados biométricos como frequência cardíaca, padrões de movimento, saturação de oxigênio, variabilidade da frequência cardíaca e estágios do sono (FERREIRA, 2022; ZAMBOTTI et al., 2019; MILLER et al., 2021).

A qualidade do sono é um elemento fundamental para a manutenção da saúde física e mental, estando diretamente relacionada ao desempenho cognitivo, ao equilíbrio emocional e à prevenção de doenças (BUYSSE, 2014; WALKER, 2017; OHAYON et al., 2017). Alterações no padrão de sono, como redução na duração ou eficiência, podem comprometer significativamente o bem-estar geral. Nesse contexto, tecnologias capazes de mensurar essas variáveis de forma acessível e contínua oferecem novas oportunidades para a prevenção de distúrbios e para o acompanhamento de indivíduos ao longo do tempo.

Com a popularização dos dispositivos *wearables*, tornou-se viável a coleta de dados fisiológicos fora de ambientes laboratoriais, favorecendo a adesão dos usuários e possibilitando um monitoramento mais natural do sono (FERREIRA, 2022). Esses dispositivos utilizam sensores como acelerômetros e fotopletismografia (PPG), mas, apesar dos avanços tecnológicos e da crescente popularidade, ainda persistem questionamentos

quanto à precisão e à confiabilidade das informações obtidas, especialmente quando comparadas a métodos validados, como a polissonografia ou diários de sono padronizados (ZAMBOTTI et al., 2019; CARNEY et al., 2012). Tal cenário evidencia a necessidade de estudos comparativos que avaliem a concordância entre medições automatizadas e registros subjetivos.

Neste estudo, o principal objetivo foi avaliar a confiabilidade dos dados fornecidos por dispositivos *wearables*, comparando-os às informações registradas pelos participantes em um diário de sono padronizado, baseado no modelo Gaiduk et al. (2022), que adapta o *Consensus Sleep Diary (CSD)*, amplamente utilizado em pesquisas sobre qualidade do sono. O diário de sono é um instrumento estruturado que permite aos participantes registrar diariamente aspectos da sua rotina de sono, como horários de deitar e levantar, despertares noturnos, qualidade percebida do sono e sensação de descanso ao acordar. Para isso, foi realizada uma coleta de dados paralela, reunindo informações obtidas pelos dispositivos *wearables* e os registros subjetivos preenchidos pelos participantes, permitindo a comparação entre medições objetivas e percepções individuais, a fim de avaliar o grau de concordância e a confiabilidade dos dispositivos como ferramentas de monitoramento do sono.

A pesquisa foi conduzida em duas etapas. Na primeira, ocorreu a coleta de dados por meio do uso de dispositivos *wearables* e do preenchimento dos diários de sono conforme o modelo validado por Gaiduk et al. (2022). O estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética sob o número de protocolo 85781925.7.0000.8024, assegurando o cumprimento das normas éticas para pesquisas envolvendo seres humanos. Na segunda etapa, os dados obtidos foram processados e analisados para avaliar a confiabilidade dos *wearables* no monitoramento do sono (ZAMBOTTI et al., 2019). Por fim, foi elaborado um *dataset* estruturado, que será disponibilizado publicamente, contribuindo para estudos futuros sobre a eficácia desses dispositivos no acompanhamento da qualidade do sono.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a fundamentação teórica sobre qualidade do sono; a Seção 3 discute trabalhos correlatos, destacando estudos relevantes que embasam a pesquisa; a Seção 4 descreve o trabalho realizado ao longo do estudo; a Seção 5 apresenta os resultados obtidos a partir da análise dos dados; e, por fim, a Seção 6 traz as conclusões.

## 2. Referencial Teórico

Nessa seção serão apresentados os referenciais teóricos necessários para o entendimento da proposta.

### 2.1. Sono

Segundo Neves et al. (2013), o sono pode ser definido como:

[...]um conjunto de alterações comportamentais e fisiológicas que ocorrem de forma conjunta e em associação com atividades elétricas cerebrais características. É um estado comportamental complexo no qual existe uma postura relaxada típica, a atividade motora encontra-se reduzida ou ausente e há um elevado limiar para resposta a estímulos externos. O sono é reversível à estimulação. A vigília, em contrapartida, caracteriza-se por elevada atividade motora, por alta responsividade e por um ambiente neuroquímico que favorece o processamento e o registro de informações e a interação com o ambiente. A alternância entre sono e vigília ocorre de forma circadiana, sendo esse ciclo variável de acordo com idade, sexo e características individuais

O sono pode ser dividido em dois estágios principais: NREM (*Non-Rapid Eye Movement*) e REM (*Rapid Eye Movement*). O sono NREM representa cerca de 75% do total de sono e é subdividido em três fases Neves et al. (2013):

- Fase 1: Esta fase representa a transição entre vigília e sono. Durante a fase 1, o corpo começa a relaxar, as ondas cerebrais diminuem de frequência, a atividade muscular é reduzida e os movimentos oculares tornam-se lentos.
- Fase 2: Nesta fase, o sono se torna mais profundo, e a atividade cerebral continua a desacelerar.
- Fase 3: Também conhecida como sono profundo, essa fase é crucial para a recuperação e regeneração do corpo, além de fortalecer o sistema imunológico e processar informações e memórias adquiridas durante o dia. Essa fase é mais intensa em adultos jovens e tende a reduzir com a idade.

Por outro lado, o sono REM, que representa cerca de 25% do total de sono, é o estágio onde ocorrem a maioria dos sonhos. Este estágio é essencial para a consolidação de memórias e para o processamento de emoções e aprendizagens.

## 2.2. Dispositivos *Wearables*

Os dispositivos *wearables* são tecnologias vestíveis projetadas para coletar, processar e analisar dados relacionados à saúde e bem-estar de seus usuários. Eles incluem pulseiras *fitness*, óculos inteligentes e *smartwatches*, que são os mais populares devido à combinação de recursos avançados com conectividade e praticidade. De acordo com Ferreira (2022), os *smartwatches* destacam-se como ferramentas valiosas para o monitoramento da saúde, utilizando sensores como acelerômetros, giroscópios e fotopletismografia (PPG) para medir frequência cardíaca, detectar padrões de movimento e analisar a qualidade do sono. Em alguns casos, também empregam eletrocardiografia (ECG), oferecendo informações ainda mais detalhadas (MILLER et al., 2021), (ZAMBOTTI et al., 2019)

No monitoramento do sono, os *wearables* analisam a variação da frequência cardíaca e os movimentos corporais para determinar os estágios do sono, como sono leve, profundo e REM (*Rapid Eye Movement*). De acordo com Ferreira (2022), esses dispositivos utilizam sensores como acelerômetros e fotopletismografia (PPG) para capturar dados durante o sono, que são processados com a ajuda de algoritmos capazes de integrar múltiplas variáveis. Segundo o estudo de Zambotti et al. (2019), embora os *wearables* não alcancem a precisão de métodos tradicionais, como a polissonografia, eles apresentam uma alta concordância na identificação de períodos de sono e vigília, tornando-os ferramentas úteis para o acompanhamento diário da qualidade do sono.

Além disso, plataformas como o *Google Fit* ampliam as funcionalidades dos *wearables* ao consolidar dados de diferentes dispositivos e aplicativos. O *Google Fit* utiliza sua API (*Application Programming Interface*) para capturar informações sobre atividades físicas e padrões de sono, permitindo que essas métricas sejam apresentadas de forma integrada e acessível (FERREIRA, 2022), (GOOGLE, 2024). Por exemplo, ao sincronizar um dispositivo vestível com o *Google Fit*, o usuário pode obter relatórios detalhados sobre seu sono, com análises que incluem duração, eficiência e possíveis interrupções. Essa abordagem facilita o acompanhamento longitudinal da saúde e incentiva mudanças de comportamento baseadas em dados concretos (FERREIRA, 2022), (MILLER et al., 2021).

A combinação de *wearables* e plataformas como o *Google Fit* está transformando o cuidado com a saúde ao oferecer dados contínuos e personalizados. Esses dispositivos são projetados para serem discretos e fáceis de usar, promovendo uma integração natural no dia a dia do usuário (FERREIRA, 2022). Ao oferecer informações valiosas de maneira acessível, os *wearables* não apenas incentivam hábitos mais saudáveis, mas também fornecem suporte para diagnósticos clínicos e estudos avançados sobre saúde e bem-estar (ZAMBOTTI et al., 2019), (MILLER et al., 2021).

### 2.3. *Sleep Score*

Com o avanço tecnológico e o crescimento dos dispositivos *wearables*, surgiram ferramentas capazes de monitorar e avaliar a qualidade do sono de forma automatizada. Uma das métricas mais populares nesse contexto é o *Sleep Score*, uma pontuação numérica que sintetiza diversos parâmetros do sono em uma escala de 0 a 100. Essa métrica é utilizada em aplicativos e dispositivos de empresas como *SleepScore Labs*, *Samsung Health*, *Fitbit*, *Xiaomi*, entre outras (SleepScore Labs, 2022).

De acordo com a SleepScore Labs, o *Sleep Score* é calculado a partir de múltiplos fatores, incluindo a duração total do sono, latência para adormecer, frequência e duração dos despertares noturnos, além do tempo gasto em sono profundo (N3) e sono REM. Embora os algoritmos exatos utilizados pelas empresas sejam, em sua maioria, proprietários e não divulgados, modelos simplificados propõem normalizar a duração do sono (tendo como referência 8 horas) e atribuir pesos diferenciados a estágios restauradores como o sono profundo e o REM (SleepScore Labs, 2022). Essa métrica tem se mostrado útil para o acompanhamento longitudinal do sono, promovendo maior conscientização sobre hábitos saudáveis e facilitando o monitoramento pessoal (SleepScore Labs, 2022).

### 2.4. *Dataset*

Um *dataset* (conjunto de dados) é uma coleção estruturada de dados que pode ser utilizada para análise estatística, treinamento de modelos de aprendizado de máquina ou outras formas de processamento automatizado. Em ciência de dados, os *datasets* servem como base para o desenvolvimento de *insights* e para a construção de algoritmos preditivos. Eles podem ser organizados em diferentes formatos, como tabelas (CSV, Excel), JSON, ou bancos de dados relacionais, dependendo do contexto e do uso.

Segundo Provost e Fawcett (2013), a qualidade do *dataset* impacta diretamente na eficácia dos modelos analíticos: dados mal organizados, desbalanceados ou com ruídos podem comprometer a acurácia dos algoritmos. Já Kuhn e Johnson (2013) destacam que a preparação do *dataset* por meio de técnicas como limpeza, normalização e transformação é tão importante quanto a escolha do algoritmo em si.

*Datasets* públicos, como o *Kaggle*, desempenham um papel fundamental no avanço da pesquisa, pois permitem a reprodutibilidade e a comparação de resultados entre diferentes abordagens (DUA; GRAFF, 2017).

## 3. **Trabalhos Correlatos**

Nesta seção, discutem-se pesquisas que fundamentam a aplicação de tecnologias vestíveis e métodos subjetivos na avaliação da qualidade do sono

### **3.1. *The Consensus Sleep Diary: Quantitative Criteria for Primary Insomnia Diagnosis***

O estudo realizado por Natale et al. (2015) aborda uma lacuna importante na avaliação clínica da insônia. Os autores partem do princípio de que, apesar da ampla utilização de diários de sono, a falta de um formato padronizado dificultava a comparação de resultados entre diferentes estudos e centros clínicos. Para solucionar essa questão, um grupo de especialistas desenvolveu o Diário de Sono Consensual (CSD), um instrumento padronizado projetado para unificar a coleta de dados subjetivos sobre o sono.

No entanto, a proposta original do CSD, embora definisse as perguntas essenciais (como horário de ir para a cama, latência do sono, número de despertares), não estabeleceu valores de corte que pudessem ser usados para fins diagnósticos. O objetivo principal deste estudo foi, portanto, propor e validar critérios quantitativos para o CSD, a fim de diferenciar de forma objetiva pacientes com insônia primária de indivíduos com sono normal.

A pesquisa analisou os diários de sono de 295 pacientes com insônia primária e 536 controles saudáveis. Utilizando análises de curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), o estudo identificou que o indicador mais preciso para o diagnóstico foi a eficiência do sono (SE), com um ponto de corte de 87,5%, que demonstrou excelente acurácia (AUC = 0,92), com 80% de sensibilidade e 90% de especificidade. Outros parâmetros com boa capacidade de discriminação incluíram o despertar terminal (>15 minutos), o tempo acordado após o início do sono (>20 minutos) e o tempo total de sono (<390 minutos).

Os autores concluíram que a adição desses critérios quantitativos ao CSD confirma e reforça o valor do diário de sono como uma ferramenta de triagem clínica eficaz, acessível e de primeira linha, fornecendo aos clínicos e pesquisadores valores de referência para a avaliação de pacientes com queixas de insônia.

### **3.2. *National Sleep Foundation's Sleep Quality Recommendations: First Report***

O artigo de Ohayon et al. (2017), publicado pela *National Sleep Foundation*, é um marco importante na definição de parâmetros objetivos para a avaliação da qualidade do sono. Trata-se do primeiro relatório da fundação voltado exclusivamente à formulação de recomendações sobre o que caracteriza um sono de boa qualidade em indivíduos saudáveis. O estudo utilizou o método *Delphi/RAND*, envolvendo especialistas internacionais e análise sistemática de 277 estudos revisados por pares.

Segundo o consenso, a qualidade do sono não pode ser avaliada unicamente pela duração total, mas por um conjunto de variáveis fisiológicas e comportamentais. Dentre os parâmetros validados, destacam-se:

- Latência para adormecer inferior a 30 minutos;
- Tempo acordado após o início do sono inferior a 20 minutos;
- Menos de um despertar prolongado por noite (com mais de 5 minutos);
- Eficiência do sono igual ou superior a 85%;
- Distribuição dos estágios do sono com sono REM ideal entre 21–30% e sono profundo entre 16–20% do tempo total de sono.

O estudo também define faixas de valores que, quando ultrapassadas, indicam baixa qualidade. Por exemplo, uma eficiência do sono menor que 74%, sono profundo abaixo de 5% ou sono REM acima de 41% são considerados sinais de alerta clínico. Esses

critérios fornecem limiares objetivos e quantificáveis, úteis tanto para estudos populacionais quanto para avaliações clínicas e de dispositivos.

Com base nesses princípios, é possível construir modelos simplificados de escore de sono, como os usados por alguns dispositivos vestíveis e estudos computacionais, que atribuem pesos aos diferentes componentes do sono. Um exemplo de modelo de *Sleep Score* inspirado nesses parâmetros pode ser descrito pela seguinte equação:

$$\text{Score} = \min \left( \left( \frac{h}{8} \right) \times 50 + (d \times 0,5) + (r \times 0,3), 100 \right) \quad (1)$$

Onde:

- $h$  = duração total do sono (em horas)
- $d$  = tempo de sono profundo (em minutos)
- $r$  = tempo de sono REM (em minutos)

Essa equação pondera a duração do sono (com valor ideal de 8 horas), o tempo em sono profundo (essencial para recuperação física) e o tempo em sono REM (relacionado à recuperação cognitiva e emocional), refletindo as recomendações descritas por Ohayon et al. (2017).

A interpretação da pontuação segue uma classificação baseada nas evidências descritas no artigo: uma pontuação igual ou superior a 85 indica sono de boa qualidade; pontuações entre 70 e 84 indicam sono razoável; e pontuações inferiores a 70 indicam sono de baixa qualidade.

Esse tipo de métrica tem sido amplamente adotado por aplicativos e dispositivos vestíveis para representar, de forma sintética, a qualidade do sono de cada noite. Embora o estudo de Ohayon et al. (2017) não proponha diretamente uma fórmula, ele fornece um marco conceitual e científico sólido para a criação desses sistemas de pontuação baseados em evidências.

### 3.3. Avaliação De Um Dispositivo *Wearable* Como Opção No Estudo Do Sono Em Adultos No Seu Ambiente Natural

O estudo de Ferreira (2022) avalia a utilização de um dispositivo *wearable* como ferramenta para o monitoramento do sono em adultos em seu ambiente natural. O principal objetivo da pesquisa foi investigar a eficácia do dispositivo em coletar dados relevantes sobre os padrões de sono dos indivíduos, sem a necessidade de monitoramento em ambientes controlados, como clínicas ou hospitais.

A análise dos dados coletados permitiu uma avaliação detalhada do comportamento do sono em situações cotidianas, abrangendo aspectos como duração, qualidade e ciclos do sono. O estudo explorou a capacidade do dispositivo de registrar variáveis fisiológicas, como movimentos corporais e variações nos batimentos cardíacos, que são essenciais para uma análise mais precisa da qualidade do sono.

Para a análise dos dados, foram utilizados métodos estatísticos descritivos para caracterizar os padrões de sono dos participantes. Os dados foram comparados entre diferentes grupos, considerando fatores como idade, gênero e estilo de vida. Além disso, foram aplicados testes estatísticos para avaliar a significância das variáveis coletadas, permitindo identificar correlações e diferenças relevantes nos padrões de sono.

Os resultados indicaram que o *wearable* é uma ferramenta viável e eficaz para o estudo do sono, apresentando vantagens significativas, como conforto, conveniência e precisão dos dados em um ambiente natural. Essas características tornam o dispositivo

uma opção promissora para monitorar a qualidade do sono fora das condições controladas de pesquisa, contribuindo para uma compreensão mais ampla dos padrões de sono na vida diária dos indivíduos.

Para embasar esta pesquisa, foram analisados estudos relevantes que abordam o uso de diários subjetivos e dispositivos vestíveis no monitoramento da qualidade do sono. O Quadro 1 apresenta uma síntese comparativa desses trabalhos, destacando seus objetivos, métodos empregados, principais achados e a contribuição de cada um para o desenvolvimento deste estudo.

**Quadro 1. Comparação entre estudos correlatos sobre avaliação do sono**

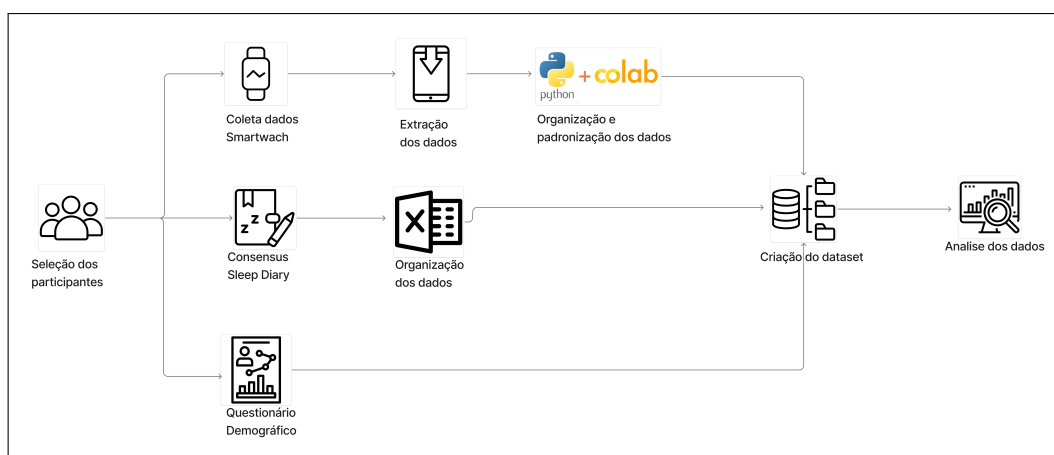
<b>Autor / Ano</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Método</b>	<b>Principais Resultados</b>	<b>Contribuição para este estudo</b>
Natale et al. (2015)	Validar critérios quantitativos para o Diário de Sono Consensual (CSD)	Estudo clínico com 295 pacientes com insônia e 536 controles; análise ROC	Eficiência do sono com ponto de corte de 87,5% foi o melhor indicador para diagnóstico; alta acurácia (AUC = 0,92)	Fundamenta o uso do CSD com critérios objetivos e possibilita comparação com dispositivos vestíveis
Ohayon et al. (2017)	Estabelecer parâmetros para sono de boa qualidade em adultos saudáveis	Revisão sistemática de 277 estudos com método Delphi/RAND	Definiu limiares para latência, despertares, eficiência e proporção de estágios do sono (REM e profundo)	Fornece referência científica para interpretar os estágios do sono coletados via wearable
Ferreira (2022)	Avaliar um wearable no monitoramento do sono em ambiente natural	Estudo observacional com análise estatística descritiva e comparativa	Dispositivos mostraram boa eficácia, conforto e precisão para uso fora de ambientes clínicos	Valida o uso de dispositivos vestíveis na coleta de dados em estudos com população geral

O Quadro 1 evidencia a diversidade de abordagens adotadas nos estudos relacionados ao monitoramento do sono e oferece suporte direto à metodologia deste trabalho. O estudo de Natale et al. (2015) forneceu a base científica para o uso do *Consensus Sleep Diary* (CSD), validando critérios para diagnóstico de insônia primária e padronizando o instrumento, o que possibilitou a adoção de um diário de sono estruturado e confiável para este estudo. Já Ohayon et al. (2017) definiram parâmetros e proporções de sono, incluindo latência, sono REM e sono profundo, servindo como referência internacional para a análise quantitativa e interpretação dos dados coletados pelos *wearables*. Por fim, a pesquisa de Ferreira (2022) demonstrou a aplicabilidade de dispositivos vestíveis em estudos populacionais fora de ambientes clínicos, validando métodos estatísticos aplica-

dos ao uso de wearables, o que forneceu suporte metodológico para a utilização desses dispositivos no monitoramento do sono dos participantes deste estudo.

#### 4. Trabalho Realizado

Este estudo foi conduzido com base em uma abordagem metodológica estruturada em diferentes fases, abrangendo desde o recrutamento dos participantes até a análise e visualização dos dados obtidos. Abaixo, apresenta-se o fluxo do processo metodológico, que ilustra de forma resumida as principais etapas seguidas no desenvolvimento da pesquisa.



**Figura 1. Fluxograma do Processo Metodológico**

Fonte: Autor.

A divulgação da pesquisa ocorreu por meio de um *banner* digital que apresentava os objetivos do estudo, os critérios de participação e as instruções para adesão. Esse material foi amplamente distribuído em grupos de *WhatsApp* e enviado por *e-mail* institucional, alcançando diferentes setores e turmas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Ibirubá. A partir dessa divulgação, os interessados aderiram voluntariamente ao estudo mediante o preenchimento de um formulário *on-line* de consentimento, no qual também receberam orientações sobre os procedimentos e responsabilidades durante a participação.

Após o encerramento das inscrições, foi criado um grupo no *WhatsApp* reunindo todos os participantes, com o objetivo de manter uma comunicação ágil e direta. Nesse espaço, foram enviados lembretes diários sobre o uso correto dos dispositivos e sobre o preenchimento do diário do sono.

Apesar do convite aberto a toda a comunidade do campus, apenas discentes do curso de Ciência da Computação do turno noturno e alguns professores do mesmo curso atenderam aos critérios de participação. Parte dos voluntários inicialmente inscritos desistiu antes do início da pesquisa, principalmente por não possuírem dispositivos compatíveis para o levantamento dos dados. Assim, ao final do processo, a amostra foi composta por 11 participantes efetivos, entre alunos e professores.

##### 4.1. Coleta dos Dados

A coleta de dados iniciou-se com o monitoramento contínuo do sono dos participantes por meio dos dispositivos *wearables* durante dez noites consecutivas. Foram

utilizados diferentes modelos, incluindo *Mi Band*, *Garmin Forerunner* e *Samsung Galaxy Watch*, equipados com sensores capazes de registrar automaticamente variáveis como horários de início e término do sono, duração total, tempo em sono profundo e tempo em sono REM.

Em paralelo, os participantes preencheram diariamente o *Consensus Sleep Diary* (CSD), instrumento padronizado para registro da percepção subjetiva do sono. Nele, eram anotadas informações como horário de deitar, horário de levantar, despertares noturnos, qualidade percebida e sensação de descanso ao acordar. A utilização simultânea dos registros possibilitou análises comparativas e a identificação de possíveis divergências entre medições instrumentais e percepções pessoais.

Ao final do período de monitoramento, foi aplicado o questionário demográfico, com o objetivo de caracterizar o perfil dos participantes em relação à idade, sexo, ocupação, nível de escolaridade, estado civil, cidade de residência, hábitos de sono, prática de atividade física e histórico de distúrbios do sono. Essas informações foram utilizadas para contextualizar os resultados e permitir análises comparativas considerando variáveis individuais.

Após a coleta, os participantes exportaram os dados de seus dispositivos nos formatos CSV ou JSON, utilizando os aplicativos específicos de cada fabricante. Uma das principais dificuldades enfrentadas foi a ausência de sincronização de alguns modelos com o *Google Fit*, o que exigiu a extração direta dos dados nos aplicativos originais. Além disso, como os dispositivos geravam arquivos com estruturas distintas, foi necessário realizar um processo detalhado de limpeza, validação e padronização, de modo a integrar as informações provenientes dos dispositivos, do diário de sono e do questionário demográfico, garantindo a consistência e qualidade dos dados.

#### **4.2. Criação do Dataset**

Com a padronização concluída, foi construído um *dataset* estruturado reunindo todas as informações coletadas, que posteriormente foram analisadas utilizando a linguagem *Python*. Entre as bibliotecas empregadas, destacam-se *pandas*, para manipulação e limpeza de dados tabulares; *datetime*, para tratamento de datas e horários.

Para possibilitar uma análise integrada e comparativa sobre a qualidade do sono dos participantes, o *dataset* consolidou dados provenientes de três fontes principais: os registros objetivos obtidos pelos dispositivos *wearables*, os relatos subjetivos fornecidos no *Consensus Sleep Diary* (CSD) e os dados demográficos coletados por meio de um questionário aplicado ao final do período de monitoramento. Cada fonte apresentava informações diferentes e estava originalmente em planilhas separadas, sendo necessária a unificação para permitir análises estatísticas detalhadas, avaliar convergências e divergências entre medidas objetivas e percepções subjetivas do sono, além de investigar possíveis associações com fatores demográficos.

O processo de consolidação envolveu a padronização dos nomes das colunas, a transformação de todas as variáveis temporais para o formato *datetime* (dia/mês/ano) e a conversão de horários em minutos decimais, facilitando o cálculo de médias e análises estatísticas. Para garantir o anonimato dos participantes e a integridade dos dados, aplicou-se a pseudonimização: os nomes reais foram substituídos por identificadores genéricos, como P001, P002 etc., gerados automaticamente a partir dos nomes originais nas planilhas.

O resultado desse processo foi um arquivo único no formato Excel (.csv), em que

cada linha representa todas as informações referentes a uma noite de sono de um participante. As colunas incluem: identificador do participante, data, dados objetivos do dispositivo vestível, informações subjetivas do diário de sono e, ao final, dados demográficos.

Este conjunto consolidado permite não apenas análises comparativas entre diferentes tipos de dados, como também a avaliação da variabilidade individual do sono ao longo do tempo. O *dataset* foi disponibilizado publicamente na plataforma Kaggle, podendo ser acessado em: <<https://www.kaggle.com/datasets/elisandraguntzel/dados-sono>>.

## 5. Resultados

A presente seção apresenta os principais resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados ao longo do estudo. Inicialmente, são exploradas comparações entre os registros subjetivos dos participantes, obtidos por meio do diário do sono, e os dados objetivos registrados pelos dispositivos *wearables*. Essas análises visam identificar padrões, divergências e possíveis limitações nos métodos de avaliação do sono adotados.

### 5.1. Análise Comparativa: Diário de Sono vs. Dispositivo *Wearable*

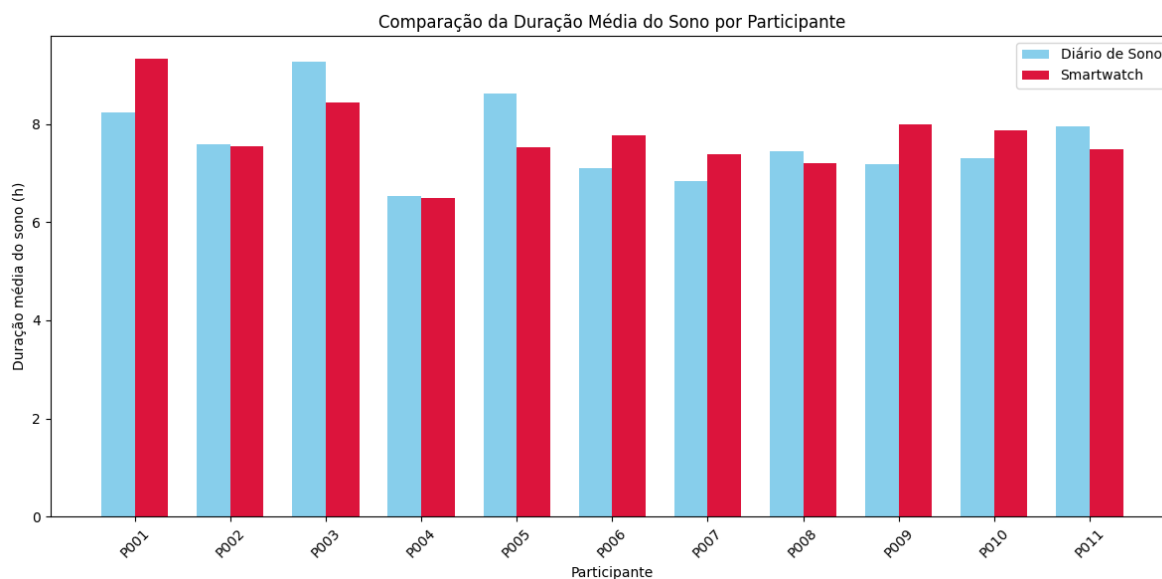
A análise gráfica a seguir busca comparar as informações obtidas a partir dos dados subjetivos autorrelatados no *Consensus Sleep Diary* (CSD) com as medições objetivas dos dispositivos *wearables*. As variáveis comparadas incluem: duração média do sono, quantidade média de sono profundo, quantidade média de sono REM e qualidade percebida do sono.

#### 5.1.1. Duração Média do Sono

A análise comparativa entre os dados obtidos por meio do diário de sono e os registrados pelos dispositivos *wearables* revelou variações consistentes entre as duas fontes de informação. Conforme ilustrado na Figura 2, que apresenta a duração média do sono em horas por participante, observou-se que, em geral, os valores obtidos pelos dispositivos *wearables* tendem a ser ligeiramente superiores ou semelhantes aos autorrelatos registrados no diário de sono.

Participantes como P001 e P006 apresentaram diferenças significativas entre os dois métodos, indicando que os dispositivos registraram uma maior quantidade de horas de sono em relação aos relatos subjetivos. Por outro lado, participantes como P004 e P002 apresentaram valores bastante próximos entre as duas fontes. A média entre os dois métodos variou aproximadamente entre 6,5 e 9 horas de sono por noite.

Esses resultados evidenciam a variação existente entre medidas objetivas e subjetivas do sono, ressaltando a utilidade da combinação de diferentes métodos para análise da duração do sono.



**Figura 2. Duração média do sono (em horas) por participante registrada pelo Diário de Sono e pelo *Wearable*.**

*Fonte: Autor.*

### 5.1.2. Sono Profundo Médio e Sono REM

Para estimar a duração dos estágios de sono profundo e sono REM a partir dos dados autorrelatados no diário de sono, foi utilizada uma abordagem baseada no tempo efetivo de sono, considerando os seguintes componentes: duração bruta do período de sono, latência para adormecer e tempo total acordado durante a noite. Essa metodologia está alinhada com as recomendações de Ohayon et al. (2017), que ressaltam a importância de considerar não apenas a duração total do sono, mas também os períodos de vigília e a latência como fatores determinantes para a qualidade do sono.

A fórmula utilizada para estimar o tempo efetivo de sono está representada na equação abaixo:

$$\text{SonoEstimado} = (T_{\text{FN}} - T_{\text{TD}}) - \text{Latência} - \text{Tempo acordado} \quad (2)$$

Onde:

- $T_{\text{FN}}$  é o horário em que o participante acordou (fim do sono);
- $T_{\text{TD}}$  é o horário em que o participante tentou iniciar o sono (tentativa de dormir);
- *Latência* é o tempo necessário para adormecer após a tentativa de dormir;
- *Tempo acordado* corresponde aos períodos em que o participante esteve acordado durante a noite, após o início do sono.

A partir da estimativa do tempo efetivo de sono, foram calculadas as durações dos estágios de sono profundo e sono REM utilizando os percentuais médios indicados na análise de Ohayon et al. (2017). Esses percentuais foram aplicados de acordo com a faixa etária de cada participante, conforme ao Quadro 2, utilizando os dados de idade obtidos a partir do cruzamento com o questionário demográfico.

<b>Faixa Etária</b>	<b>Sono Profundo (%)</b>	<b>Sono REM (%)</b>
18–25 anos	23%	25%
26–40 anos	20%	25%
41–60 anos	18%	23%
Acima de 60 anos	15%	22%

**Tabela 2. Percentuais médios de sono profundo e REM por faixa etária, adaptado de (OHAYON et al., 2017).**

Com base nesses percentuais, calcularam-se os minutos estimados em cada estágio multiplicando-se o tempo efetivo de sono pelos valores correspondentes. Posteriormente, esses minutos foram também expressos como porcentagem da duração total do sono relatada no diário, por meio das equações abaixo:

$$SP = \frac{SP_{\min}}{DT_{\min}} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

- $SP$  é o percentual de sono profundo;
- $SP_{\min}$  é o tempo total em sono profundo (em minutos);
- $DT_{\min}$  é a duração total do sono (em minutos).

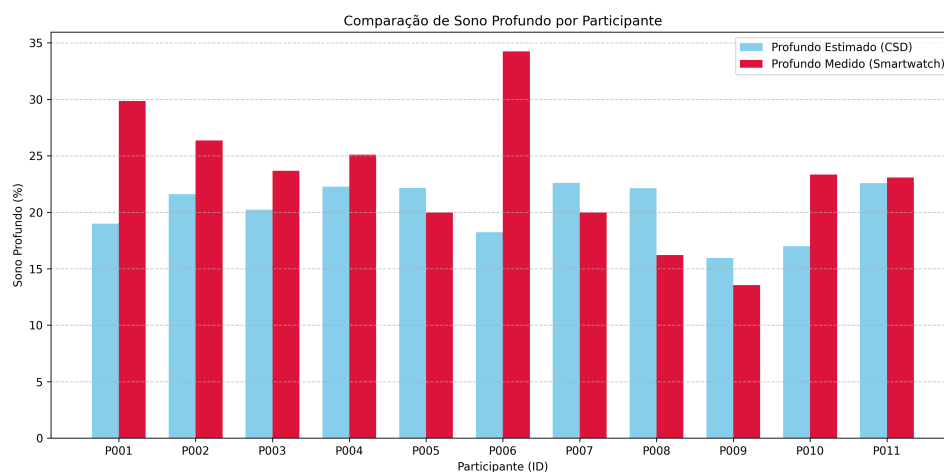
$$SR = \frac{SR_{\min}}{DT_{\min}} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

- $SR$  é o percentual de sono REM;
- $SR_{\min}$  é o tempo total em sono REM (em minutos);
- $DT_{\min}$  é a duração total do sono (em minutos).

Essa abordagem possibilitou uma estimativa padronizada dos estágios do sono com base nos relatos subjetivos dos participantes. Com isso, tornou-se possível a comparação direta com os dados objetivos obtidos por meio de dispositivos *wearables*, permitindo avaliar a convergência ou discrepância entre as duas fontes de informação.

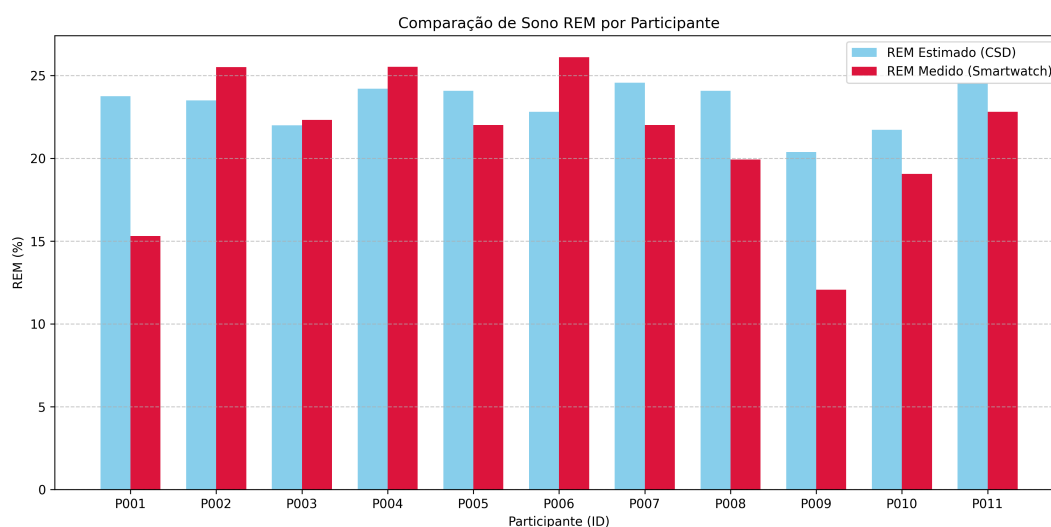
A Figura 3 apresenta a comparação dos valores de sono profundo estimados por meio do CSD (*Consensus Sleep Diary*) com os valores medidos pelos dispositivos *wearables*, por participante. Observa-se que, para a maioria dos participantes, os valores medidos pelos dispositivos tendem a ser superiores aos valores estimados subjetivamente, com destaque para os participantes P001, P002 e, principalmente, P006, cujo valor registrado pelo dispositivo é significativamente mais alto do que o estimado. Por outro lado, em alguns casos, como P005, P007 e P008, os valores estimados subjetivamente superam levemente os valores registrados pelos dispositivos.



**Figura 3. Comparação de Sono Profundo por Participante entre estimativa subjetiva (CSD) e medição objetiva (*Wearable*).**

*Fonte: Autor.*

Já a Figura 4 mostra a comparação entre os percentuais de sono REM estimados subjetivamente e os medidos pelos dispositivos *wearables*. De maneira geral, há maior proximidade entre os valores obtidos pelas duas abordagens em relação ao sono REM, indicando uma maior convergência entre os métodos.



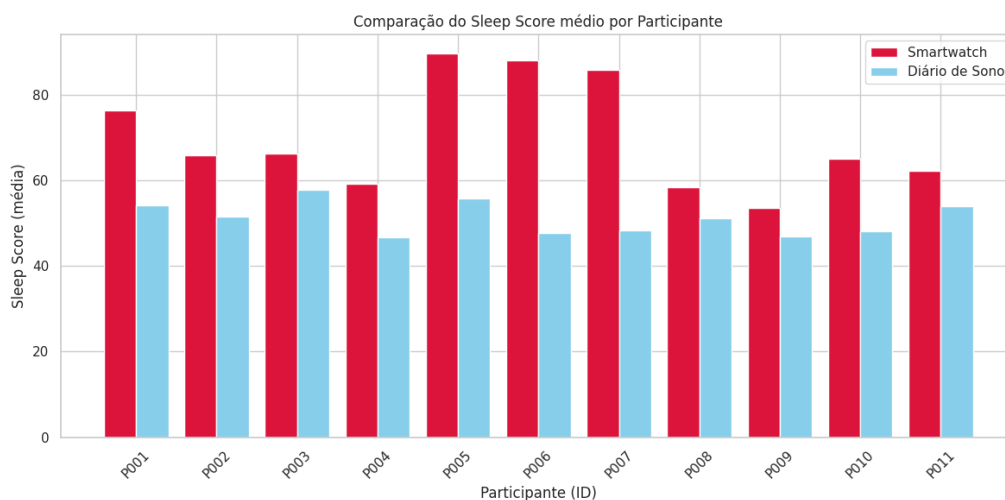
**Figura 4. Comparação de Sono REM por Participante entre estimativa subjetiva (CSD) e medição objetiva (*Wearable*).**

*Fonte: Autor.*

As comparações evidenciam que, apesar da utilidade dos dispositivos *wearables* na mensuração automatizada dos estágios do sono, ainda existem discrepâncias notáveis em relação às estimativas subjetivas, principalmente no que diz respeito à fase de sono profundo. Esses achados reforçam a importância de uma abordagem integrada que considere tanto dados objetivos quanto percepções individuais para uma avaliação mais precisa da qualidade do sono.

### 5.1.3. Sleep Score

Na Figura 5, observa-se que em todos os casos, o *Sleep Score* médio calculado a partir dos dados do diário de sono é inferior ao valor registrado pelos dispositivos *wearables*.



**Figura 5. Comparação do Sleep Score médio por participante entre Diário de Sono e Dispositivos Wearables.**

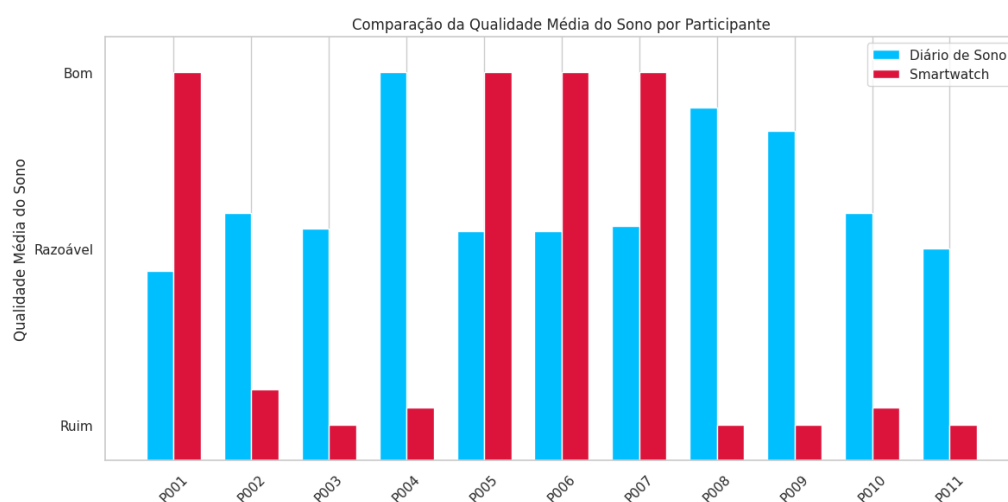
Fonte: Autor.

Na Figura 5, observa-se uma tendência clara: em todos os casos, o *Sleep Score* médio registrado pelo dispositivo *wearable* é superior ao valor relatado pelos participantes no diário de sono. Esta diferença pode indicar uma superestimação por parte do dispositivo, ou uma percepção mais crítica e subjetiva dos indivíduos sobre a própria qualidade de sono.

Destacam-se os participantes P005, P006 e P007, cujos valores de *Sleep Score* pelo dispositivo *wearable* ultrapassam 85, enquanto os valores relatados no diário permanecem em torno de 50 a 55. Isso pode indicar que, mesmo com padrões objetivos adequados de sono (como tempo total e estágios de sono profundo), esses indivíduos não se sentem descansados ou satisfeitos com sua noite de sono.

### 5.1.4. Qualidade do Sono

A Figura 6 apresenta a Qualidade do Sono de forma categórica (Ruim, Razoável, Bom), com valores mapeados numericamente. Aqui, é possível observar divergências ainda mais marcantes. Participantes como P002, P003, P004, P008, P010 e P011 atribuíram uma qualidade média "Razoável" ou "Boa" ao sono no diário, enquanto o dispositivo vestível indicou qualidade "Ruim" de forma consistente.



**Figura 6. Comparação da Qualidade Média do Sono Por Participante.**

Fonte: Autor.

As diferenças observadas entre os valores do dispositivo *wearable* e os registros do diário de sono podem estar relacionadas à sensibilidade do dispositivo, que pode interpretar pequenos movimentos como interrupções do sono, além de possíveis erros no preenchimento dos diários pelos participantes, como confusão de horários ou superestimação do tempo dormido. Também é importante considerar a variação individual na percepção da qualidade do sono, influenciada por fatores como estresse, humor e rotina.

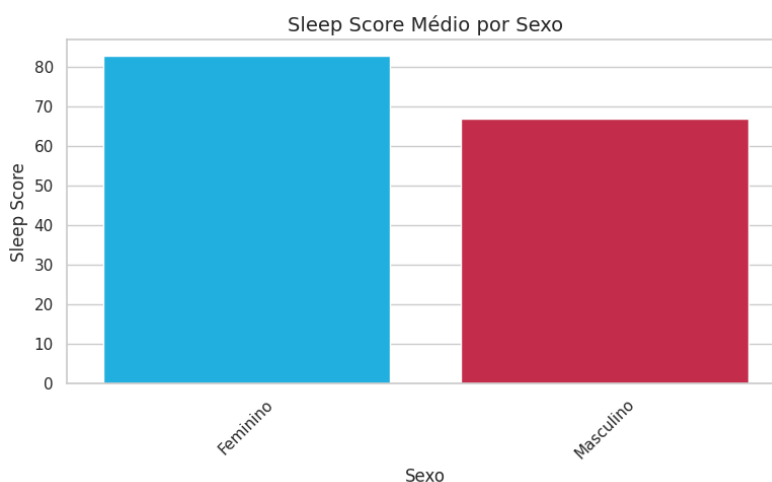
Neste estudo, a qualidade do sono registrada no diário foi autorreferida pelos participantes, enquanto a qualidade indicada pelo dispositivo *wearable* foi estimada com base nos valores do *sleep score* gerados pelos dispositivos. Para fins de análise comparativa, esses valores contínuos foram convertidos em categorias conforme a seguinte faixa: valores abaixo de 60 foram considerados “Ruim”, entre 60 e 79 como “Razoável”, e 80 ou mais como “Bom”. Essa categorização segue diretrizes semelhantes às utilizadas em estudos prévios sobre monitoramento de sono com dispositivos *wearables*, como proposto por Liang e Chapa-Martell (2021), que associam o *sleep score* a percepções subjetivas e níveis de eficiência do sono.

## 5.2. Sleep Score por Faixa Etária, Sexo e Situação Ocupacional

A pesquisa contou com 11 participantes, com idades variando entre 19 e 47 anos. A maioria era do sexo masculino (73%), enquanto 27% eram do sexo feminino. Em relação à ocupação, 73% dos participantes eram empregados e 27% estudantes. Quanto à escolaridade, 27% possuíam ensino superior completo, e os demais haviam concluído o ensino médio.

No que se refere ao estado civil, a maior parte dos participantes era solteira (82%), e o restante era casado ou em união estável. A distribuição geográfica concentrou-se principalmente em Ibirubá (82%), com representações também de Tapera e Fortaleza dos Valos (RS). Nenhum dos participantes relatou possuir distúrbios de sono diagnosticados.

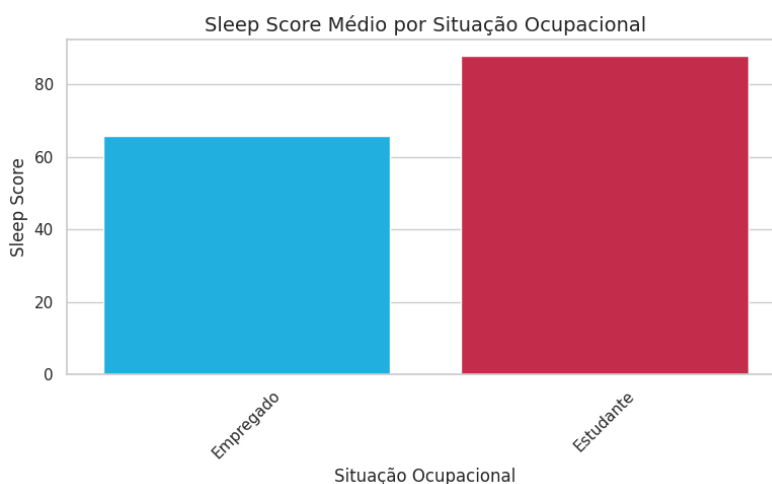
Em relação à prática de atividade física, 82% afirmaram realizá-la regularmente, enquanto 18% não praticam exercícios. Além da caracterização demográfica, foram analisadas as médias de *sleep score* em função de variáveis como sexo, ocupação e faixa etária, com o objetivo de identificar possíveis padrões relacionados à qualidade do sono.



**Figura 7. Média de Sleep Score por Sexo**

*Fonte: Autor.*

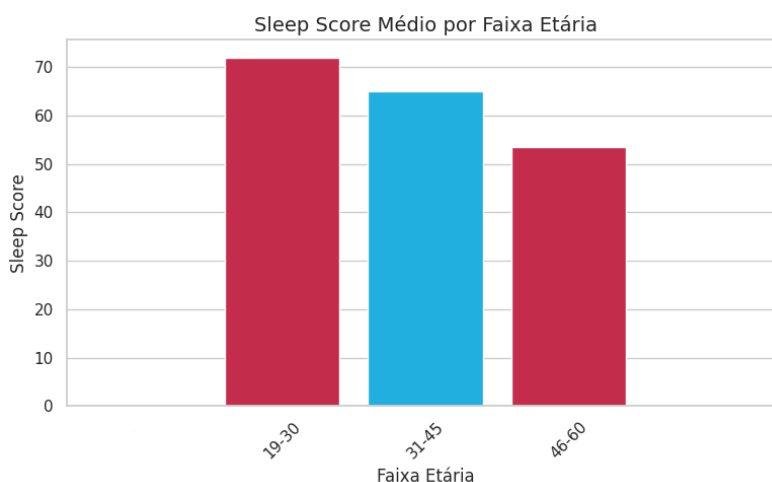
Na análise por sexo (Figura 7), verificou-se que as participantes do sexo feminino apresentaram maior média de *sleep score* (83) em comparação aos homens (67). Esse achado sugere que, nesta amostra, as mulheres tiveram um sono de melhor qualidade percebida ou registrada em dispositivos *wearables*. É importante ressaltar que essa média pode ser influenciada pelo tamanho desigual dos grupos na pesquisa, já que havia mais participantes do sexo masculino do que feminino, o que pode tornar a média menos representativa.



**Figura 8. Média de Sleep Score por Situação Ocupacional**

*Fonte: Autor.*

Ao considerar a ocupação (Figura 8), observou-se que os estudantes apresentaram *sleep score* médio mais elevado (88) em comparação aos empregados (65). Vale destacar que, nesta amostra, os estudantes dedicavam-se exclusivamente aos estudos durante o período noturno, enquanto os participantes empregados trabalhavam durante o dia e estudavam à noite, o que pode ter influenciado a qualidade do sono registrada.



**Figura 9. Média de Sleep Score por Faixa Etária**

*Fonte: Autor.*

Na análise por faixa etária (Figura 9), o grupo de 19 a 30 anos apresentou o maior *sleep score* médio (72), seguido pelo grupo de 31 a 45 anos (65). Já os participantes entre 46 e 60 anos apresentaram média mais baixa (54). Esse resultado aponta para uma tendência de redução da qualidade do sono com o avanço da idade, o que está de acordo com achados prévios da literatura, que relatam maior fragmentação do sono e menor eficiência em indivíduos mais velhos.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam que aspectos demográficos como sexo, ocupação e idade exercem influência significativa sobre a qualidade do sono e devem ser considerados na interpretação dos dados.

## 6. Conclusão

O presente estudo investigou a qualidade do sono de 11 participantes por meio de uma abordagem combinada, envolvendo dispositivos *wearables* e o preenchimento diário do *Consensus Sleep Diary* (CSD). Os dados coletados permitiram analisar tanto informações objetivas, obtidas diretamente pelos dispositivos, quanto percepções subjetivas relatadas pelos participantes, além de considerar características demográficas como sexo, ocupação e faixa etária.

Os resultados evidenciaram diferenças entre os registros subjetivos e objetivos do sono, particularmente em relação à duração total e aos estágios de sono profundo. Em geral, os dispositivos *wearables* apresentaram valores ligeiramente superiores ou semelhantes aos autorrelatos, enquanto algumas divergências individuais foram observadas, indicando a importância de integrar múltiplas fontes de dados para uma avaliação mais completa da qualidade do sono.

A análise do *sleep score* em função de variáveis demográficas revelou que mulheres apresentaram médias superiores aos homens, estudantes noturnos obtiveram scores mais elevados que empregados que trabalham durante o dia e estudam à noite, e a qualidade do sono mostrou tendência de redução com o aumento da idade. É importante destacar que algumas médias podem ter sido influenciadas pelo tamanho desigual dos grupos, o que limita a generalização dos resultados.

O estudo também possibilitou a construção de um *dataset* estruturado e anonimizado, consolidando dados de diferentes fontes, o que contribui para análises futuras so-

bre sono e avaliação de dispositivos *wearables*. Esse conjunto de dados, disponibilizado publicamente, oferece suporte a pesquisas adicionais e reforça a relevância de métodos integrados para o monitoramento do sono.

Em síntese, os achados indicam que a utilização simultânea de dispositivos *wearables* e diários de sono fornece uma visão mais abrangente da qualidade do sono, evidenciando tanto padrões objetivos quanto percepções individuais. Além disso, aspectos demográficos demonstraram influência sobre os resultados, reforçando a necessidade de considerar variáveis pessoais na interpretação dos dados. Este estudo contribui para o conhecimento sobre metodologias de monitoramento do sono e destaca a utilidade de abordagens integradas para avaliar padrões e qualidade do sono em populações adultas.

Para trabalhos futuros, destacam-se algumas possibilidades de aprofundamento desta pesquisa. Estudos com amostras mais amplas e diversificadas, incluindo participantes de diferentes faixas etárias, estilos de vida e condições clínicas, podem contribuir para avaliar a confiabilidade dos dispositivos em contextos variados. Além disso, recomenda-se a aplicação de técnicas de aprendizado de máquina, com o objetivo de desenvolver modelos preditivos capazes de estimar indicadores de sono com maior precisão a partir dos dados coletados pelos sensores dos dispositivos vestíveis.

## Referências

BUYSSE, D. J. Sleep health: can we define it? does it matter? *Sleep*, Oxford University Press, v. 37, n. 1, p. 9–17, 2014.

CARNEY, C. E. et al. The consensus sleep diary: standardizing prospective sleep self-monitoring. *Sleep*, Oxford University Press, v. 35, n. 2, p. 287–302, 2012.

DUA, D.; GRAFF, C. *UCI Machine Learning Repository*. 2017. Disponível em: <<http://archive.ics.uci.edu/ml>>.

FERREIRA, H. J. M. *Avaliação de um dispositivo wearable como opção no estudo do sono em adultos no seu ambiente natural*. Tese (Doutorado) — Instituto Politécnico de Lisboa, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de . . . , 2022.

GAIDUK, M. et al. Initial evaluation of substituting a sleep diary by smartwatch measurement. *Procedia computer science*, Elsevier, v. 207, p. 3376–3383, 2022.

GOOGLE. *Google Fit API Documentation*. 2024. Accessed: 2024-06-25. Disponível em: <<https://developers.google.com/fit>>.

KUHN, M.; JOHNSON, K. *Applied Predictive Modeling*. [S.l.]: Springer, 2013.

LIANG, Z.; CHAPA-MARTELL, M. A. Sleep monitoring with wearable devices: A systematic review. *Healthcare*, MDPI, v. 9, n. 7, p. 888, 2021.

MILLER, D. J. et al. A validation study of a commercial wearable device to automatically detect and estimate sleep. *Biosensors*, MDPI, v. 11, n. 6, p. 185, 2021.

NATALE, V. et al. The consensus sleep diary: quantitative criteria for primary insomnia diagnosis. *Biopsychosocial Science and Medicine*, LWW, v. 77, n. 4, p. 413–418, 2015.

NEVES, G. et al. Transtornos do sono: visão geral. *Rev Bras Neurol*, v. 49, n. 2, p. 57–71, 2013.

OHAYON, M. M. et al. The national sleep foundation's sleep quality recommendations: first report. *Sleep Health*, Elsevier, v. 3, n. 1, p. 6–19, 2017.

PROVOST, F.; FAWCETT, T. *Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking*. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc., 2013.

SleepScore Labs. *What is a SleepScore and How is it Calculated?* 2022.  
<<https://www.sleepscore.com/what-is-a-sleepscore-and-how-is-it-calculated/>>.  
Acessado em junho de 2025.

WALKER, M. *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams*. [S.l.]: Scribner, 2017.

ZAMBOTTI, M. D. et al. Wearable sleep technology in clinical and research settings. *Medicine and science in sports and exercise*, NIH Public Access, v. 51, n. 7, p. 1538, 2019.