



PROGRAMA
DE CIÊNCIAS
DA REABILITAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO AUGUSTO MOTTA

Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências da Reabilitação

Mestrado Acadêmico em Ciências da Reabilitação

SIDNEY FERNANDES DA SILVA

**ALTERAÇÕES NO SONO EM PACIENTES OBESOS E SUA ASSOCIAÇÃO
COM DOENÇA DE PEQUENAS VIAS AÉREAS E SINAIS NO ULTRASSOM
PULMONAR**

Rio de Janeiro

2024

SIDNEY FERNANDES DA SILVA

**ALTERAÇÕES NO SONO EM PACIENTES OBESOS E SUA
ASSOCIAÇÃO COM DOENÇA DE PEQUENAS VIAS AÉREAS E
SINAIS NO ULTRASSOM PULMONAR**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Ciências da Reabilitação, do Centro
Universitário Augusto Motta, como
parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Ciências da
Reabilitação.

Linha de Pesquisa: Avaliação
Funcional em Reabilitação.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José
Lopes

Rio de Janeiro – RJ

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação – SBI – UNISUAM

616.398 Silva, Sidney Fernandes da.
S586a Alterações no sono em pacientes obesos e sua associação com doença de
pequenas vias aéreas e sinais no ultrassom pulmonar / Sidney Fernandes da
Silva. – Rio de Janeiro, 2024.
73 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Reabilitação) - Centro
Universitário Augusto Motta, 2024.

1. Obesidade. 2. Obesidade – Avaliação – Estudos de casos. 3. Transtorno
sono-vigília. 4. Obstrução das vias respiratórias. 5. Capacidade pulmonar
total. I. Título.

CDD 22.ed.

**ALTERAÇÕES NO SONO EM PACIENTES OBESOS E SUA
ASSOCIAÇÃO COM DOENÇA DE PEQUENAS VIAS AÉREAS E
SINAIS NO ULTRASSOM PULMONAR**

Examinada em: 05/03/2024



Prof. Dr. Agnaldo José Lopes
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



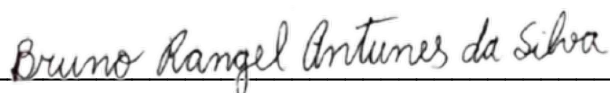
Documento assinado digitalmente

LUIS FELIPE DA FONSECA REIS

Data: 06/03/2024 11:15:24-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luis Felipe da Fonseca Reis
Centro Universitário Augusto Motta – UNISUAM



Prof. Dr. Bruno Rangel Antunes da Silva
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

RIO DE JANEIRO

2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, que me presenteia todos os dias com a energia da vida, que me dá forças e coragem para atingir os meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao excelente professor e admirável orientador Prof. Dr. Agnaldo José Lopes, ser humano especial, com o dom de ensinar, profissional ímpar, sempre presente em todas as fazes, sendo orientador, passando todo o rigor e conhecimento científico, sempre com muita paciência e calma, dando apoio necessário para que o projeto fosse executado com leveza.

A minha família, em especial minha esposa Sara Giacomo, que sempre de algum jeito contribuía para que as minhas tarefas fossem executadas, seja com um cafezinho ou na assistência aos filhos para que minhas horas no computador não fossem levadas como ausência por eles.

Aos meus filhos Isaque Fernandes e Anne Gabrielli Fernandes, filhos esses que não há palavras para descrever, que sentavam ao meu lado para que eu não ficasse só durante a realização de aulas e tarefas, aos meus filhos do coração e enteados Isabel Giacomo, Ana Clara Giacomo e Guilherme Giacomo que também estavam sempre presente nessa caminhada.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa, mestrandos, doutorandos e aos alunos de iniciação científica, pelo suporte e dedicação durante todo o processo de coleta, em especial, a PIBIC Iasmim Maria Pereira Pinto Fonseca que participou de toda coleta de dados com dedicação e total empenho, e meu amigo de turma Carlos Eduardo Santos, profissional ímpar que sempre estava disposto a ajudar.

E, por fim, meu sincero agradecimento aos pacientes que se disponibilizaram a participar do estudo. Certamente a troca foi mútua e constante diante de tamanha complexidade.

Resumo

A obesidade é uma doença complexa e multifatorial, tem se tornado um desafio global para a saúde pública nas últimas cinco décadas, sendo impulsionada por mudanças nos padrões alimentares e aumento do sedentarismo. Além de afetar negativamente diversas funções fisiológicas, a obesidade está associada à síndrome metabólica, aumentando o risco de doenças não transmissíveis, como diabetes, doenças cardiovasculares, câncer, apneia obstrutiva do sono (AOS) e outros. Como ferramenta de avaliação dos efeitos da obesidade nos pulmões e vias aéreas, temos como ferramentas sensíveis usadas cada vez mais para identificar anormalidades pulmonares o sistema de oscilometria de impulso (IOS) e a ultrassonografia pulmonar (USP). Nosso estudo objetivou correlacionar os riscos de transtornos do sono com anormalidades na mecânica pulmonar, sinais ultrassonográficos anormais e parâmetros antropométricos em adultos com obesidade. Foram avaliados cinquenta indivíduos com obesidade quanto ao risco de AOS usando classificação de Mallampati, escala de sonolência *Epworth* (ESS), questionário STOP-Bang e *Sleep Apnea Clinical Score* (SACS). Eles também submeteram à IOS, espirometria e USP. Foram encontrados os seguintes resultados: espirometria anormal, IOS anormal e sinais anormais na USP foram observados em 24%, 84% e 72% dos participantes, respectivamente. Nenhuma das escalas do sono mostrou diferenças significativas entre os subgrupos com espirometria normal e anormal. Entretanto, a frequência de ESS com alto risco para AOS foi maior no subgrupo com IOS anormal (87,5%) do que no subgrupo com IOS normal (42,9%) ($P = 0,024$). Em relação aos sinais do USP, a frequência de classificação de Mallampati com alto risco para AOS foi maior no subgrupo com linhas B >2 (80%) do que no subgrupo sem linhas B >2 (25,7%) ($P = 0,0003$). A frequência de ESS com alto risco para AOS foi maior no subgrupo com a presença de consolidações subpleurais (100%) do que no subgrupo sem a presença de consolidações subpleurais (41,9%) ($P = 0,004$). Com isso, concluímos que, em adultos com obesidade, quanto maior o risco para AOS, piores são os parâmetros resistivos e reativos medidos pela IOS. Ademais, IOS anormal e sinais anormais no USP são fatores associados à alto risco para AOS.

Palavras-chaves: Obesidade; Distúrbio do sono; Doença de pequenas vias aéreas; Capacidade pulmonar funcional.

ABSTRACT

Obesity is a complex and multifactorial disease, it has become a global challenge for public health in the last five decades, being driven by changes in eating patterns and an increase in sedentary lifestyle. In addition to negatively affecting several physiological functions, obesity is associated with metabolic syndrome, increasing the risk of non-communicable diseases, such as diabetes, cardiovascular diseases, cancer, obstructive sleep apnea (OSA) and others, as a tool for evaluating the effects of obesity in the lungs and airways, sensitive tools are increasingly used to identify lung abnormalities: the impulse oscillometry system (IOS) and lung ultrasound (USP). Our study aimed to correlate the risks of sleep disorders with abnormalities in lung mechanics, abnormal ultrasound signs and anthropometric parameters in adults with obesity. Fifty individuals with obesity were assessed for their risk of OSA using the Mallampati classification, Epworth sleepiness scale (ESS), STOP-Bang questionnaire and Sleep Apnea Clinical Score (SACS). They also submitted to IOS, spirometry and USP. The following results were found: Abnormal spirometry, abnormal IOS and abnormal USP signals were observed in 24%, 84% and 72% of participants, respectively. None of the sleep scales showed significant differences between the subgroups with normal and abnormal spirometry. However, the frequency of ESS with high risk for OSA was higher in the subgroup with abnormal IOS (87.5%) than in the subgroup with normal IOS (42.9%) ($P = 0.024$). Regarding USP signs, the frequency of Mallampati classification with high risk for OSA was higher in the subgroup with B lines >2 (80%) than in the subgroup without B lines >2 (25.7%) ($p=0.0003$). The frequency of ESS with high risk for OSA was higher in the subgroup with the presence of subpleural consolidations (100%) than in the subgroup without the presence of subpleural consolidations (41.9%) ($P = 0.004$). With this, we conclude that in adults with obesity, the greater the risk for OSA, the worse the resistive and reactive parameters measured by IOS. Furthermore, abnormal IOS and abnormal USP signs are factors associated with a high risk for OSA.

Keywords: Obesity; Sleep disorder; Small airway disease; Functional lung capacity.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AASLD	<i>American Association for the Study of Liver Diseases</i>
APPMS	Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde
AASM	<i>American Academy of Sleep Medicine</i>
AOS	Apneia obstrutiva do sono
AVD	Atividade de vida diária
AX	Área sob a curva de reatância
CA	Circunferência abdominal
CI	Capacidade inspiratória
CVF	Capacidade vital forçada
CP	Circunferência do pescoço
CPT	Capacidade pulmonar total
CRF	Capacidade residual funcional
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
DPVA	Doença de pequenas vias aéreas
ECG	Eletrocardiograma
EEG	Eletroencefalograma
EOG	Eletrooculograma
EMG	Eletromiograma
ESE	Escala de Sonolência de Epworth
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência respiratória
Fres	Frequência de ressonância
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
HbA1C	Hemoglobina glicada
HUCFF	Hospital Universitário Clementino Fraga Filho
IAH	Índice apneia-hipopneia
ID	Índice de dessaturação
IDR	Índice de distúrbios respiratórios
IMC	Índice de massa corporal
IOS	Oscilometria de impulso

PPC	Policlínica Piquet Carneiro
PSG	Polissonografia
R4	Resistência do sistema respiratório a 4 Hz
R4-R20	Heterogeneidade da resistência entre 4-20 Hz
R20	Resistência do sistema respiratório a 20 HZ
RERA	<i>Respiratory effort related arousal</i>
REM	<i>Rapid eye movement</i>
Rm	Resistência média do sistema respiratório entre 4-20 Hz
Rsr	Resistência do sistema respiratório
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização mundial de saúde
SACS	<i>Sleep Apnea Clinical Score</i>
SAHOS	Síndrome da apneia/hipopneia obstrutiva do sono
SHO	Síndrome da hipopneia obesidade
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
TFP	Testes de função pulmonar
TTS	Tempo total do sono
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
USP	Ultrassonografia pulmonar
VEF ₁	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VIGITEL	Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
VRE	Volume de reserva expiratória

Sumário

<u>RESUMO.....</u>	<u>7</u>
<u>ABSTRACT.....</u>	<u>8</u>
<u>LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....</u>	<u>9</u>
<u>CAPÍTULO 1 REVISÃO DE LITERATURA.....</u>	<u>13</u>
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 A OBESIDADE E SEUS MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS.....	14
1.3 QUALIDADE DO SONO	15
1.4 APNEIA E HIPOPNEIA OBSTRUTIVA DO SONO.....	16
1.5 FUNÇÃO PULMONAR NA OBESIDADE.....	17
1.6 ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR	18
1.7 JUSTIFICATIVA.....	20
1.7.1 RELEVÂNCIA PARA AS CIÊNCIAS DA REABILITAÇÃO.....	20
1.7.2 RELEVÂNCIA PARA AGENDA DE PRIORIDADES DO MINISTÉRIO DA SAUDE.....	21
1.7.3 RELEVÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	20
1.8 OBJETIVOS.....	21
1.8.1 GERAL.....	21
1.8.2 ESPECÍFICOS.....	22
1.9 HIPÓTESE.....	22
<u>CAPÍTULO 2 PARTICIPANTES E MÉTODOS.....</u>	<u>23</u>
2.1 ASPECTOS ÉTICOS.....	23
2.2 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....	23
2.2.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO ESTUDO.....	23
2.3 AMOSTRA.....	23
2.3.1 LOCAL DE RECRUTAMENTO DOS PARTICIPANTES.....	24
2.3.2 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO.....	24
2.3.3 CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO.....	24
2.4 METODOLOGIA.....	25
2.4.1 AVALIAÇÃO CLÍNICA E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS.....	25
2.4.2 OSILOMETRIA DE IMPULSO E ESPIROMETRIA.....	26
2.4.2.1ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR.....	26
2.4.3 DESFECHOS.....	27
2.4.3.1 DESFECHO PRIMÁRIO.....	27

2.4.3.2 DESFECHO SECUNDÁRIO.....	27
2.5 ANÁLISE DE DADOS.....	27
2.5.1 TAMANHO AMOSTRAL.....	27
2.5.2 VARIÁVEIS DE CONTROLE.....	28
2.5.3 VARIÁVEIS DE EXPOSIÇÃO.....	28
2.5.4 VARIÁVEIS DE CONFUSÃO.....	28
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	28
2.6.1 DISPONIBILIDADE E ACESSO AOS DADOS.....	28
2.7 APOIO FINANCEIRO	29
 CAPÍTULO 3 PRODUÇÃO INTELECTUAL	 30
3.1 ARTIGO #1	30
3.1.1 METADADOS DO ARTIGO #1.....	30
3.1.2 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES DO ARTIGO #1DE ACORDO COM A PROPOSTA <i>CONTRIBUTOR ROLES TAXONOMY (CREDIT)</i>	30
 CAPÍTULO 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICE 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	65
APÊNDICE 2 - QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO CLÍNICA E LABORATÓRIAL	67
ANEXO 1 - CARTA DE APRESENTAÇÃO AO CEP	69
ANEXO 2 - ESCALA DE SONOLENCIA DE EPWORTH	70
ANEXO 3 - QUESTIONÁRIO STOP - BANG.....	71
ANEXO 4 - ESCORE CLÍNICO DE APNEIA DO SONO.....	72
ANEXO 5 - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO MANUSCRITO.....	73

Capítulo 1 Revisão de Literatura

1.1. Introdução

A obesidade é uma doença crônica, multifatorial, complexa e de características epidêmicas, cuja prevalência vem aumentando na maioria dos países do mundo, especialmente nos últimos 50 anos (MEURLING et al., 2019). Acredita-se que os dois grandes vilões para a obesidade ter atingido níveis pandêmicos sejam as mudanças no sistema alimentar e o aumento do comportamento sedentário (CAPERS et al., 2015; BLÜHER, 2019). Observa-se um aumento importante no índice de massa corporal (IMC) por década. No Brasil, segundo dados da última pesquisa de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico (VIGITEL 2021), promovida pelo Ministério da Saúde, a frequência de adultos obesos foi de 22,4% no conjunto das 27 capitais avaliadas.

Através de uma revisão sistemática, Safaei et al. (2021) concluíram que o aumento de peso pode trazer consequências drásticas para a saúde. Esses autores descrevem inclusive uma relação direta entre obesidade e apneia do sono. Os mecanismos envolvidos são o aumento da circunferência do pescoço (CP), que está muito relacionado com a obesidade, além da ação direta do tecido adiposo ao redor da via respiratória, o que promove redução no diâmetro luminal e aumento no potencial de colapso da via aérea. Além disso, a obesidade é um dos mais importantes fatores de risco para doenças não transmissíveis, aumentando substancialmente a incidência de diabetes mellitus, doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, demência, osteoartrite e vários tipos de cancer (BRAY et al., 2017; CHOOI et al., 2019).

Mediante a necessidade de controle da obesidade, há diversos recursos terapêuticos com apoios multidisciplinares disponíveis. Dentre eles, incluem-se terapias medicamentosas, terapias não farmacológicas e mudanças no estilo de vida, além dos recursos invasivos como cirurgias bariátricas e/ou a intervenção com tratamento endoscópico e balão intragástrico (GADDE et al., 2018).

O presente estudo avaliou indivíduos obesos no intuito de identificar alterações relacionadas aos distúrbios do sono, além de relacionar essas possíveis alterações com a função pulmonar, em especial com a doença de pequenas vias aéreas (DPVA). Para avaliação do sono, utilizamos ferramentas de análise mediante a aplicação de escalas de risco do sono, avaliação clínica através de anamnese e exame físico, Escala de Sonolência de Epworth (ESE), STOP-Bang (*snoring, tiredness, observed apnea, high BP, BMI, age, neck circumference, and male gender*) e Sleep Apnea Clinical Score (SACS). Visando a avaliação da DPVA, foi utilizada a oscilometria de impulso (IOS). Esses pacientes também foram submetidos à ultrassonografia pulmonar (USP) para avaliar as possíveis alterações de pleura e parênquima pulmonar e suas associações com o sono.

1.2. A obesidade e seus mecanismos fisiopatológicos

A obesidade é uma doença crônica que se caracteriza pelo acúmulo de gordura no organismo causado, quase sempre, pela alimentação inadequada ou excessiva. A manutenção do peso ideal é equilibrada pelo balanceamento entre a quantidade de calorias ingeridas e a energia gasta nas atividades de vida diária (AVD). Quando uma das partes é tendenciada ocorre o desequilíbrio e, no caso da ingesta superior ao gasto energético, ocorre o acúmulo que pode gerar a obesidade (ENDALIFER et al., 2020).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) utiliza para medição e classificação da obesidade o IMC. Esse índice é calculado levando em consideração o peso do indivíduo pela sua altura elevada ao quadrado, sendo o valor adquirido classificado conforme a **Tabela 1**.

Tabela 1. Classificação da obesidade segundo o índice de massa corporal.

Índice de massa corporal	Classificação
<18 kg/m ²	Baixo peso
>18,5 até 24,9 kg/m ²	Eutrofia (peso adequado)
≥25 até 29,9 kg/m ²	Sobrepeso
>30 kg/m ²	Obesidade grau I
>35 kg/m ²	Obesidade grau II

A obesidade é considerada uma condição de doença grave, estando diretamente relacionada ao aumento da mortalidade e à ocorrência de diversas doenças associadas, as chamadas comorbidades. Dentre essas comorbidades, pode-se incluir diabetes *mellitus*, hipertensão, doença cardíaca coronária, acidente vascular cerebral, doença do refluxo gastroesofágico, doenças da vesícula biliar, neoplasias, doença hepática gordurosa não alcoólica e apneia do sono (WILLIAMS et al., 2015).

O acúmulo de gordura no organismo também promove alterações na fisiologia respiratória, com prejuízo em vários parâmetros da função pulmonar. Além do mais, os diferentes padrões de distribuição da gordura corporal parecem influenciar de maneira diferente as repercussões negativas no funcionamento do sistema ventilatório (BARRETO, 2002).

Devido a essa má distribuição de gordura, que pode influenciar diretamente na estrutura das vias aéreas, indivíduos obesos apresentam maior chance de desenvolver apneia obstrutiva do sono. Em um estudo de revisão, Bosignore (2022) cita a prevalência de 40% a 70% de obesos que evoluírem para apneia obstrutiva do sono (AOS). Esta, por sua vez, aumenta o risco de descontrole glicêmico, resistência à insulina e síndrome metabólica (NELSON et al., 2005).

1.3. Qualidade do sono

O sono é uma necessidade biológica e está relacionado a funções primordiais do corpo humano, tais como: restauração, rejuvenescimento, consolidação da memória, aprendizagem, termorregulação, regulação do estado do humor, restauração do metabolismo energético cerebral, etc. Uma vez conhecidas todas as funções que o sono assume em nosso organismo, é fácil imaginar que qualquer perturbação ou alteração no sono pode causar consequências negativas na manutenção da homeostase, causando significativa redução na qualidade de vida (MULLER & GUIMARÃES, 2007).

A quantidade de horas necessária para o sono reparador pode variar ao longo da vida, iniciando com períodos mais longos nas primeiras fases da vida

(média de 16 horas). Entretanto, essa quantidade de horas pode ser menor na fase mais tardia da vida, quando atinge uma média de 7 horas (HIRSHKOWITZ et al., 2015).

Quando dormimos menos do que seria esperado para a faixa etária ou quando o sono ocorre de maneira fragmentada e não restauradora, instala-se uma situação ideal para o ganho de peso. Isso pode levar a um importante desequilíbrio hormonal. Dormir mal reduz a capacidade para realizar atividades físicas e, além do mais, provoca o aumento de grelina, que é um peptídeo promotor da fome. Com sua atuação, não apenas sentimos mais fome, como há uma necessidade maior de ingerir alimentos ricos em gordura e doces. Já a leptina, hormônio relacionado com a saciedade, encontra-se diminuída quando o sono é insuficiente, causando um efeito em cascata. Outro fator importante é que, quando permanecemos mais tempo acordados, aumenta-se o tempo com oportunidade para ingerir mais alimentos (MULLER & GUIMARÃES, 2007).

1.4. Apneia e hipopneia obstrutiva do sono

A síndrome da apneia (AOS) e hipopnéia obstrutiva do sono (SAHOS) é um distúrbio respiratório relacionado ao sono. Caracteriza-se pela ocorrência repetitiva de obstrução total (apneia) ou parcial (hipopneia) das vias aéreas superiores durante o sono, causando diminuição da oferta de oxigênio ao organismo que, para se manter vivo, tem que acordar para voltar a respirar e, conseqüentemente, levando à privação de sono (RABELO-MARQUES et al., 2017).

O padrão ouro para o seu diagnóstico é a polissonografia (PSG). Porém, trata-se de um exame com custo elevado, demorado e inconveniente para o paciente, que precisa dormir em média 8 horas em um ambiente diferente do seu habitual, com diversos eletrodos conectados ao seu corpo. Há baixa disponibilidade de laboratórios para realizar a PSG e a pouca quantidade de especialistas em sono leva a um aumento no tempo de diagnóstico e tratamento da AOS (GUTTA et al., 2017).

Os critérios de definição seguem determinações da *American Academy of Sleep Medicine* (AASM), que no ano de 2012 definiu conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2. Termologias encontradas durante avaliação da polissonografia.

Termo	Definição
Apneia	Redução do fluxo aéreo $\geq 90\%$ por pelo menos 10 segundos
Hipopneia	Redução do fluxo aéreo $\geq 30\%$ por pelo menos 10 segundos ou dessaturação $\geq 3\%$
Apneia obstrutiva	Apneia com movimentação toracoabdominal.
Apneia central	Apneia sem movimentação toracoabdominal.
Apneia mista	Junção dos eventos de apneia central e obstrutiva
Índice de apneia-hipopneia	Número de apneias + hipopneias / tempo total de sono (eventos/h)
Índice de distúrbios respiratórios	Número de apneias + hipopneias + <i>Respiratory Effort-Related Arousals</i> / tempo total de sono (eventos/h)

1.5. Função pulmonar na obesidade

A obesidade pode afetar o tórax e o diafragma, determinando alterações na função respiratória, mesmo quando não há alterações no parênquima pulmonar, devido ao aumento do esforço respiratório e o comprometimento do sistema de transporte dos gases. As repercussões funcionais respiratórias observadas em obesos são diretamente proporcionais ao grau de obesidade. Devido ao acúmulo de tecido na área do abdômen, podem ocorrer alterações mecânicas como elevação do diafragma por acúmulo de gordura no abdômen, alterações de volume pulmonar, modificações da complacência da caixa torácica e aumento da resistência de pequenas vias aéreas (ALBUQUERQUE et al., 2015).

Nesse contexto, os testes de função pulmonar (TFP) podem ser úteis para avaliar se uma alteração fisiológica pode ser explicada pelos conhecidos efeitos da obesidade no sistema respiratório. Durante a avaliação da função pulmonar, o método tradicional de avaliação da função pulmonar é a espirometria.

Entretanto, cada vez mais se utiliza a oscilometria de impulso (IOS), que é um exame de fácil aplicabilidade que traz resultados precisos para avaliação da mecânica ventilatória (BARRETO, 2002).

Em indivíduos obesos ocorre redução no volume de reserva expiratória (VRE), na capacidade residual funcional (CRF) e na capacidade pulmonar total (CPT). As reduções na CRF e no VRE são detectáveis mesmo com um aumento modesto no peso. Isso resulta de uma mudança no equilíbrio das pressões inflacionárias e deflacionárias no pulmão devido à carga de massa de tecido adiposo ao redor da caixa torácica e do abdômen. A pressão intra-abdominal elevada pode ser transmitida para o tórax. Isso reduz drasticamente a CRF e o VRE e exige que os pacientes respirem em uma parte menos eficiente de sua curva pressão-volume, o que, por sua vez, aumenta o trabalho respiratório (MAFORT et al., 2016).

Em conjunto com a espirometria e de forma complementar, pode-se usar a IOS, que é um sistema que se baseia em pulsos de pressão aplicados ao sistema respiratório de um indivíduo respirando espontaneamente e analisa a resposta resultante da via aérea. A IOS avalia parâmetros de frequência de ressonância (F_{res}), resistência do sistema respiratório (R_{sr}) e área sob a curva de reatância (AX) em múltiplas frequências, de 4 a 20 Hertz, com base em respirações a volume corrente. A IOS é considerada um exame prático, por ser de rápida execução e não exigir dos indivíduos avaliados esforço expiratório. Permite identificar alterações obstrutivas no sistema respiratório. A IOS é, na verdade, um método que diferencia dos TFP convencionais, pois utiliza de geradores externos de ondas de pressão, ao invés de ciclos respiratórios sequenciais (OLAGUÍBEL et al., 2005).

1.6. Ultrassonografia pulmonar

A USP já foi considerada método de pouca utilidade, devido à incapacidade das ondas ultrassonográficas em penetrar tecidos preenchidos com ar. Entretanto, conforme o decorrer dos estudos, se concluiu que a interface entre o tecido pulmonar e o ar gera imagens e artefatos característicos, levando

o ultrassom a ser considerado uma importante ferramenta para o diagnóstico de doenças pulmonares (KRISTENSEN et. Al., 2014).

A ultrassonografia é um método que se utiliza de ondas sonoras mecânicas através da transdução da energia, e o espectro de frequência do ultrassom está acima de 20 KHz. No método de exame clínico, as frequências utilizadas são de 2 a 20 MHz. Vale destacar que o espectro de ondas sonoras audíveis pelo ser humano é de 20 Hz a 20.000 Hz (KRISTENSEN et. Al., 2014).

O aparelho de ultrassom utiliza uma forma de energia e a converte em outra. No caso da ultrassonografia, há interconversão entre energia elétrica e energia sonora. Essa conversão é possibilitada pelos chamados cristais piezoelétricos, que são tipos especiais de cristais que geram campo elétrico através de sua deformidade, e vice-versa. Os cristais piezoelétricos estão localizados nos probes/transdutores do aparelho de ultrassonografia. O aparelho leva pulsos elétricos até o probe, chegando nos cristais piezoelétricos e gerando deformações em vibrações, emitindo ondas sonoras. Essas ondas sonoras penetram o tecido e formam a imagem através da propriedade chamada de “ecos”, que refletidos e retornados ao probe, novamente deformando e vibrando os cristais, os quais são convertidos em energia elétrica e interpretados pelo aparelho para formar a imagem (KRISTENSEN et. Al., 2014).

As imagens são interpretadas em escala de cinzas: quanto maior a reflexão, mais branco e, quanto menor, mais preto. São utilizados para comparação de estruturas os termos isoecoico (mesma reflexão, com mesma tonalidade de cinza), hiperecoico (maior reflexão e, portanto, mais branco), hipoecoico (menos reflexão e, portanto, mais escuro) e anecoico (pouca ou nenhuma reflexão e, portanto, preto) (KRISTENSEN et. Al., 2014).

Em indivíduos obesos, a avaliação com USP nos auxilia na avaliação da função pulmonar e nos achados de alterações de estrutura, pois a obesidade é uma condição predisponente para a formação de atelectasias, sendo estas lesões facilmente diagnosticadas pela USP (EROL et al., 2022). O aumento do tecido adiposo no abdômen, diafragma e músculos intercostais altera as propriedades de pressão-volume do tórax, com redução da parede torácica e da complacência pulmonar favorecendo a formação de atelectasias (PARAMESWARAN et al., 2006).

1.7. Justificativa

Os estudos relacionados ao sono são relevantes à prática clínica uma vez que dados da OMS mostram que aproximadamente 45% da população mundial não têm um sono de boa qualidade. Diante disso, as pesquisas na área da medicina do sono só aumentam no sentido de encontrar algumas respostas aos distúrbios do sono e proporcionar às pessoas uma melhor qualidade de vida relacionada à saúde.

Estudos têm mostrado uma relação direta entre obesidade e apneia do sono. Os mecanismos envolvidos são o aumento da circunferência do pescoço, que está muito relacionado com a obesidade, além da ação direta do tecido adiposo ao redor da via respiratória promovendo redução do diâmetro luminal e aumento do potencial de colapso da via aérea (SAFAEI et al., 2021; SWINBURN et al., 2011; GADDE et al., 2018).

Esse aumento de tecido adiposo pode levar a redução de calibre e consequentemente diminuição de fluxo aéreo e aumento da resistência de vias aéreas. Conjuntamente, essas alterações podem resultar em DPVA.

Há relação da AOS com várias doenças pulmonares crônicas, incluindo doença pulmonar intersticial, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e hipertensão arterial pulmonar (GILLE et al., 2017). Porém, correlação entre AOS e DPVA ainda é um tema não esclarecido. Com isso, através de questionários simples e avaliação da função pulmonar com um método fácil de aplicabilidade como a IOS e um estudo de estruturas pulmonares vistas na USP poderemos correlacionar essas variáveis e identificar alterações comuns presentes. Busca-se assim trazer à ciência e ao meio científico dados que possam prevenir ou ajudar no surgimento de novas terapias e, por conseguinte, evitar a mortalidade.

1.7.1. Relevância para as Ciências da Reabilitação

Já é de conhecimento a forma pela qual a obesidade repercute na saúde geral da população. Evolutivamente, no meio científico, houve vários recursos

que foram estudados e auxiliaram na prevenção, tratamento e reversão deste mal. Relacionar a obesidade aos distúrbios do sono não é uma nova referência. Porém, neste estudo, temos a oportunidade de identificar a relação entre AOS e DPVA nessa população de indivíduos. Com isso, pretende-se trazer ao meio científico novas abordagens que possam auxiliar na melhoria da qualidade de vida relacionada à saúde, além do aprofundamento sobre o conhecimento de novas comorbidades nessa população.

1.7.2. Relevância para a Agenda de Prioridades do Ministério da Saúde

A obesidade, por se tratar de uma doença de impacto mundial encontra-se na Agenda de Prioridades de Pesquisa do Ministério da Saúde (APPMS) no eixo 5 – “Doenças crônicas não transmissíveis visando estratégias de tratamento não farmacológico da obesidade”. Nesse sentido, o presente estudo pode gerar um maior conhecimento sobre os aspectos da vida, incluindo os comportamentos e as melhorias das condições de saúde.

1.7.3. Relevância para o Desenvolvimento Sustentável

Dentro dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) do Ministério da Saúde, esse estudo se encaixa no Objetivo 3 – “Saúde e bem-estar”. Os distúrbios do sono podem afetar diretamente a qualidade de vida dos indivíduos. Seus impactos podem estar relacionados diretamente à mortalidade evitável, ou nos impactos para realização de AVDs, afetando diretamente sua qualidade de vida relacionada à saúde.

1.8. Objetivos

1.8.1. Geral

Avaliar indivíduos obesos, buscando identificar as principais alterações relacionadas aos distúrbios do sono nesses indivíduos, além de correlacionar os riscos de transtorno do sono com anormalidades na mecânica pulmonar.

1.8.2. Específicos

- Identificar alterações do sono em indivíduos obesos.
- Determinar a função pulmonar em indivíduos obesos.
- Correlacionar os distúrbios do sono com a DPVA.
- Correlacionar os distúrbios do sono com os achados da USP.

1.9. Hipótese

O acúmulo de gordura no organismo promove alterações na fisiologia respiratória com prejuízo em vários parâmetros da função pulmonar e na estrutura pulmonar. Os diferentes padrões de distribuição da gordura corporal parecem influenciar de maneira diferente, trazendo repercussões negativas no funcionamento do sistema ventilatório e prejuízos também à qualidade do sono. Utilizando mecanismos fáceis de aplicação como os questionários aplicados no estudo indentificamos possíveis presença de alterações no sono e com isso, relaciona-los com alterações nas estruturas do sistema respiratório nesses indivíduos.

Capítulo 2 Participantes e Métodos

2.1. Aspectos éticos

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Federal de Bonsucesso (HFB), com a anuência da Policlínica Piquet Carneiro (PPC), da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). O estudo foi aprovado sob o registro CAAE-65762122.3.0000.5253 (**ANEXO 1**), estando em consonância com a Resolução 466/2012. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), após serem informados sobre a natureza do estudo e do protocolo a ser realizado.

2.2. Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo observacional e transversal, com coleta de dados diretamente com os pacientes a partir de preenchimento de questionário, sendo realizado exames físicos e exames complementares (incluindo IOS e USP).

2.2.1. Local de realização do estudo

O estudo foi realizado com coleta de dados a partir do Laboratório de Função Pulmonar e do Ambulatório de Distúrbios do Sono, do Serviço de Pneumologia da Policlínica Piquet Carneiro (PPC-UERJ).

2.3. Amostra

Foram avaliados 57 pacientes, de ambos os sexos, com idade acima de 18 anos e abaixo de 65 anos e diagnóstico de obesidade (IMC entre 30 e 40kg/m²). Sete foram excluídos pelos seguintes motivos: infecção do trato respiratório superior nas últimas quatro semanas (n=3); história de doença

cardiopulmonar (n=2); e história de doença neuromuscular (n=2). Assim, a amostra constitui de 50 pacientes, sendo 31 mulheres e 19 homens

2.3.1. Local de recrutamento dos participantes

Os pacientes foram recrutados do Serviço de Endocrinologia do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2.3.2. Critérios de inclusão

1. Pacientes obesos ($IMC \geq 30\text{kg/m}^2$);
2. Faixa etária acima de 18 anos;
3. Ambos os gêneros;
4. Estabilidade clínica no ato da avaliação (isto é, ausência de hospitalizações ou visita a emergências hospitalares ou mudança medicamentosa nos últimos 30 dias).

2.3.3. Critérios de exclusão

1. Alcoolismo recente ou uso de drogas;
2. Diagnóstico prévio de doenças neurológicas;
3. Hipertensão ou diabetes descompensados;
4. Infecção do trato respiratório nas últimas quatro semanas;
5. Tabagismo com carga tabágica > 10 maços-ano;
6. História de doenças cardiopulmonares prévia ou atual;
7. Incapacidade de compreensão dos testes funcionais ou dos questionários aplicados;
8. Presença de obstrução das vias aéreas devido asma ou DPOC;

2.4. Metodologia Proposta

A avaliação de sono foi mediante o estudo clínico (anamnese, exame físico, exames laboratoriais e aplicação dos questionários ESE, STOP-Bang e SACS). Em seguida, foi realizada avaliação da função pulmonar por IOS e espirometria. Após essa avaliação, os participantes foram submetidos à USP.

2.4.1. Avaliação clínica e aplicação de questionários

Os pacientes selecionados foram submetidos a um questionário de anamnese contendo dados como identificação, sexo, idade, doenças pré-existent, peso, altura, IMC, circunferência do pescoço (CP, que foi medida do ponto médio da coluna cervical até o meio anterior do pescoço), circunferência abdominal (CA, que foi medida tendo como base a porção inferior do rebordo costal esquerdo e a crista ilíaca anterossuperior esquerda), além da avaliação visual de vias aéreas através da classificação de Mallampati.

A ESE, é um questionário de fácil aplicação, rápido e sem qualquer custo (KREITINGER et al., 2020). A ESE é um método simples e validado, descrito pela primeira vez em 1991, que avalia a probabilidade de o doente adormecer durante realização de AVD. Consiste em 8 perguntas, cada uma com um score de gravidade que varia de 0 a 3, o que determina uma pontuação total entre 0 (mínimo) e 24 (máximo). É de fácil aplicabilidade prática e é bastante usada na avaliação clínica do sono **(ANEXO 2)**.

O questionário STOP-Bang foi elaborado na Universidade de Toronto em 2008, no Canadá, tendo sido utilizado amplamente. É um método de fácil aplicação, autoaplicável, que consiste em uma série de 8 perguntas, cujas respostas são apenas “sim” ou “não”. Foi desenvolvido a partir de variáveis já reconhecidas como associadas a síndrome da apneia/hipopneia obstrutiva do sono (SAHOS). A presença de 3 ou mais respostas afirmativas indica um alto risco para SAHOS, enquanto apenas 2 ou menos respostas positivas indicam um baixo risco (RABELO-MARQUES et al., 2017) **(ANEXO 3)**.

O escore clínico SACS foi traduzido, adaptado e validado para uso no Brasil por Lapas et al. (2020). É composto por três perguntas, além da medida

da CP e da avaliação de presença ou ausência de HAS. A pontuação vai de zero até 110, sendo que valores abaixo de 15 indicam que o paciente tem baixa probabilidade de SAOS, enquanto um resultado maior ou igual a 15 relaciona-se à alta probabilidade de SAOS (**ANEXO 4**).

2.4.2. Oscilometria de impulso e espirometria

Para realização da IOS, foi utilizado equipamento apropriado de última geração (Quark i2m, Cosmed, Roma, Itália). Os participantes foram orientados a ficarem sentados, com apoio manual sobre as bochechas e com as narinas ocluídas por um clipe e, em seguida, eles respiraram normalmente por 40 segundos. Os seguintes parâmetros resistivos e reativos foram avaliados: resistência do sistema respiratório (Rsr) a 4 Hz (R4) e 20 Hz (R20); resistência média entre 4-20 Hz (Rm); heterogeneidade da resistência entre 4-20 Hz (R4-R20); frequência de ressonância (Fres); e área sob a curva de reatância (AX). Foram considerados como anormais os seguintes valores: R4 e/ou R20 $\geq 150\%$ do previsto; Fres >12 Hz; AX $>3,60$ cm H₂O/L/s; e R4-R20 $>20\%$, que também foram usados para o diagnóstico de DPVA (OOSTVEEN et al., 2013; BUTZKO et al., 2019).

Logo após um período de repouso de cerca de 5 minutos da realização da IOS, foi realizada a espirometria no equipamento Vitatrace VT 130 SL (Codax Ltda, Rio de Janeiro, Brasil), utilizando-se valores de referência nacionais (PEREIRA et al, 2007). Foram avaliados os seguintes parâmetros: capacidade vital forçada (CVF); volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF₁); e relação VEF₁/CVF.

2.4.3. Ultrassonografia pulmonar

A USP foi realizada através do equipamento Aplio XG (Toshiba Medical Systems, Tóquio, Japão). A avaliação da mobilidade diafragmática foi feita utilizando o transdutor convexo de 3,5 MHz com o paciente colocado em decúbito dorsal. O transdutor foi posicionado na região subcostal direita, na linha hemiclavicular, com um ângulo de incidência perpendicular ao eixo craniocaudal

e ao diafragma, sendo este identificado através da janela acústica hepática e sua mobilidade avaliada através da mensuração em milímetros (através do modo M) de seu deslocamento craniocaudal durante a respiração em repouso (volume corrente). A seguir, a medida foi repetida considerando a incursão realizada desde a inspiração máxima (nível de capacidade pulmonar total-CPT) até a expiração máxima (nível do volume residual-VR). Em série de 3 aferições, o maior valor foi considerado.

2.5. Desfechos

2.5.1. Desfecho primário

Determinar a presença de alterações do sono e mensurar a capacidade pulmonar, indentificando os impactos da obesidade nas pequenas vias aereas e no sono dos participantes.

2.5.2. Desfecho secundário

Associação da resistencia de vias aereas, capacidades pulmonares e presença de alterações no sono.

2.6. Análise dos dados

2.6.1. Tamanho amostral

Uma vez que os pacientes fazem parte do estudo denominado *“Avaliação da segurança e da eficácia do tratamento por 6 meses com balão intragástrico sobre as medidas de fibrose hepática, parâmetros metabólicos, composição corporal, saúde óssea, pulmonar e qualidade de vida de indivíduos obesos ou com sobrepeso, portadores de doença hepática gordurosa associada a disfunção metabólica”*, tendo como pesquisador responsável o Dr. Eduardo Madeira. Dessa forma, foi usada uma amostra de conveniência.

2.6.2. Variáveis de controle

Dificuldade durante a avaliação, incluindo a capacidade de compreender os questionários e realização da espirometria.

2.6.3. Variáveis de exposição

Qualidade do sono.

2.6.4. Variáveis de confusão

Idade, peso, altura, IMC e doenças pulmonares desconhecidas.

2.6.5. Análise estatística

A análise estatística foi processada pelo software estatístico SPSS versão 26. A normalidade na distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro–Wilk. Os dados foram expressos pelas medidas de tendência central e de dispersão adequadas para dados numéricos e pela frequência e porcentagem para dados categóricos. A associação entre variáveis categóricas dicotômicas de RO e TUS com as variáveis numéricas foi analisada pelo teste de Mann–Whitney e com as variáveis categóricas foi analisada pelo teste de qui–quadrado ou exato de Fisher. Já, a correlação entre as variáveis numéricas de RO com as demais variáveis numéricas foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman. O critério de determinação de significância adotado foi o nível de 5%.

2.6.6. Disponibilidade e acesso aos dados

Os dados do presente estudo estarão disponíveis através de um repositório de dados universal, além da biblioteca virtual e banco de dados da UNISUAM.

2.7. Apoio financeiro

Quadro 1: Apoio financeiro.

CNPJ	Nome	Tipo de Apoio financeiro	E-mail	Telefone
33.654.831/0001-36	CNPq	Auxílio à pesquisa	atendimento@cnpq.br	(61) 3211 4000
30.495.394/0001-67	FAPERJ	Auxílio à pesquisa	central.atendimento@faperj.br	(61) 3211 4000
00.889.834/0001-08	CAPES	Bolsa	sic@cnpq.br	0800 616161 Opção 7

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Capítulo 3 – Produção Intelectual

3.1. Artigo #1

3.1.1. Metadados do artigo #1.

Journal:	<i>Obesity Medicine</i>
Two-year Impact Factor (YEAR)¹:	0.443
Classificação Qualis (ANO)²:	B2
Submetido em:	06/01/2024

3.1.2. Contribuição dos autores do artigo #1 de acordo com a proposta *Contributor Roles Taxonomy*(CRediT)³.

Iniciais dos autores, em ordem:	SFS	CES	IMPPF	WOP	AJL
Concepção	X				X
Métodos	X	X	X	X	X
Programação	X	X	X	X	X
Validação	X				X
Análise formal	X				X
Investigação	X				X
Recursos	X				X
Manejo dos dados	X				X
Redação do rascunho	X	X	X	X	X
Revisão e edição	X	X	X	X	X
Visualização	X				X
Supervisão	X				X
Administração do projeto					X
Obtenção de financiamento					X

¹ Disponível para consulta em: www.scimagojr.com

¹ Disponível para consulta em: www.sucupira.capes.gov.br

¹ Detalhes dos critérios em: <https://doi.org/10.1087/20150211>

Correlations between sleep disorders, lung mechanics, and thoracic ultrasound signals in adults with obesity

Running title: Sleep disorders and lung mechanics in adults with obese

Author and affiliations:

Sidney Fernandes da Silva ^{a, b}, Carlos Eduardo Santos ^a, Iasmim Maria Pereira Pinto Fonseca ^b, Wellington de Oliveira Pereira ^b, Agnaldo José Lopes ^{a, c}

^a *Rehabilitation Sciences Post-Graduation Programme, Augusto Motta University Centre (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, 21032-060, Rio de Janeiro/RJ, Brazil*

^b *Faculty of Physiotherapy, Augusto Motta University Centre (UNISUAM), Av. Paris, 84, Bonsucesso, 21041-020, Rio de Janeiro, Brazil*

^c *Medical Sciences Post-Graduation Programme, School of Medical Sciences, State University of Rio de Janeiro (UERJ), Av. Prof. Manoel de Abreu, 444, 2º andar, Vila Isabel, 20550-170, Rio de Janeiro, Brazil*

* Corresponding author. Rehabilitation Sciences Post-Graduation Programme, Augusto Motta University Centre (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, 21032-060, Rio de Janeiro, Brazil. E-mail address: agnaldolopes.uerj@gmail.com

The ORCID numbers and e-mails of all authors:

1. Sidney Fernandes da Silva – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3951-9996> – sfdsilva@gmail.com

2. Carlos Eduardo Santos – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4097-2763> – cesantosmedicina@gmail.com
3. Iasmim Maria Pereira Pinto Fonseca – ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2840-0086> – fonsecaiasmim@gmail.com
4. Wellington de Oliveira Pereira – ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9254-8332> – alwellingtondeoliveirapereira@gmail.com
5. Agnaldo José Lopes - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8598-4878> – agnaldolopes.uerj@gmail.com

Correspondence: Agnaldo J. Lopes, Rehabilitation Sciences Post-Graduation Program, Augusto Motta University Centre (UNISUAM), Rua Dona Isabel, 94, Bonsucesso, 21032-060, Rio de Janeiro, Brazil. Tel. and fax: +55 21 21 2576 2030. E-mail address: agnaldolopes.uerj@gmail.com

Abstract

Background and aim: Respiratory oscillometry (RO) and thoracic ultrasound (TUS) are sensitive tools increasingly used to detect pulmonary abnormalities. Our study aimed to correlate the risk of sleep disorders with abnormalities in lung mechanics, abnormal ultrasound signals, and anthropometric parameters in adults with obesity.

Methods: Fifty individuals were assessed for the risk of obstructive sleep apnoea (OSA) using the Mallampati classification, Epworth sleepiness scale (ESS), STOP-Bang questionnaire, and Sleep Apnea Clinical Score (SACS). Patients also underwent RO, spirometry, and TUS.

Results: The subgroup with abnormal RO was more likely to have an ESS indicating high risk for OSA (87.5%) than the subgroup with normal RO (42.9%) ($p=0.024$). On TUS, the frequency of patients with a Mallampati classification of high risk for OSA was higher in the subgroup with >2 B-lines (80%) than in the subgroup without >2 B-lines (25.7%) ($p=0.0003$). The subgroup with subpleural consolidations was more likely to have an OSA-indicative ESS (100%) than the subgroup without subpleural consolidations (41.9%) ($p=0.004$).

Conclusion: In adults with obesity, the higher the risk of OSA was, the worse the resistive and reactive parameters measured by the RO. Abnormal RO and abnormal TUS are factors associated with a high risk for OSA.

Keywords: Obesity. Sleep. Respiratory oscillometry. Thoracic ultrasound. Spirometry.

1. Introduction

Obesity is a complex, multifactorial disease that has become more common worldwide in the last 50 years, bringing significant health and socioeconomic implications (Meurling et al., 2019). The two major contributors to obesity's reaching pandemic levels are believed to be changes in the food system and increased sedentary behaviour (Capers et al., 2015; Blüher, 2019). Obesity negatively affects almost all physiological functions of the body and represents a significant threat to public health (Chooi et al., 2019). In fact, it is one of the most important risk factors for non-communicable diseases, substantially increasing the incidence of diabetes mellitus, cardiovascular disease, stroke, dementia, osteoarthritis, various types of cancer, and obstructive sleep apnoea (OSA), which is the most common form of sleep-disordered breathing (Bray et al., 2017; Chooi et al., 2019). Obesity is also associated with reduced quality of life and life expectancy, unemployment, lower socioeconomic productivity, and social disadvantage, increasingly creating an economic burden (Blüher, 2019).

As obesity affects the lungs and airways, the lung volume shrinks, especially in its expiratory reserve volume (ERV). Although the total lung capacity (TLC) is preserved in many individuals with obesity, in cases of severe obesity the ERV stabilizes at a minimal operational value as the smaller airways close, and both the TLC and the inspiratory capacity start to decrease. This combination of reduced lung volume and small airway closure increases the amount of work required to maintain ventilation (Mafort et al., 2016). Although neck circumference is closely associated with OSA, a reduction in lung volume also reduces the longitudinal traction of the upper airways, contributing to their collapse (Crummy et al., 2008). Overall, OSA and obesity hypoventilation syndrome (OHS) have become more common and are associated with increased pulmonary morbidity and lower quality of life (QoL) (Meurling et al., 2019). OSA is characterized

by repetitive upper airway collapse, while OHS is characterized by sustained nocturnal hypoventilation causing diurnal hypercapnia (Meurling et al., 2019).

Respiratory mechanics can be assessed noninvasively and effortlessly by respiratory oscillometry (RO), which consists of applying single-frequency or multifrequency pressure pulses to the airways (Albuquerque et al., 2015). RO has been increasingly used in individuals with obesity, where the effects on the reactance of the respiratory system (X_{rs}) are more apparent, which suggests that there is an increase in the heterogeneous narrowing of the airways and in the closing of the airways in the pulmonary periphery, although increased chest wall stiffness may also contribute to these changes (Peters et al., 2018). In addition to impairing lung function, obesity is a predisposing condition to the formation of atelectasis, which lesions are easily diagnosed by thoracic ultrasound (TUS) (Erol et al., 2022). An increase in adipose tissue in the abdomen, diaphragm, and intercostal muscles alters the pressure and volume properties of the chest, with a reduction in the chest wall and lung compliance favouring the formation of atelectasis (Parameswaran et al., 2006).

Although upper airway collapsibility plays an important role in obesity in sleep disorders, the cycle of obstruction and restoration of upper airway patency is expected to be accompanied by wide fluctuations in intrathoracic pressure and changes in the mechanical properties of the respiratory system (Abdeyrim et al., 2016a). In this sense, RO is a sensitive technique for identifying abnormalities of the respiratory system in people with obesity and is recommended for evaluating sleep disorders (van de Kant et al., 2016; Hao et al., 2023), while TUS can diagnose pulmonary structural changes early that may even reflect the effects of tracheal traction (Modica et al., 2011; Abdeyrim et al., 2016b). Since massive fat tissue can decrease chest wall retraction properties, leading to distal airway closure due to a lack of supporting structures and reduced lung volume,

we hypothesized that there are interrelationships between lung structure/function, as evaluated by RO and TUS, and sleep disorders, as evaluated by simple tools applied in clinical practice. Thus, this study aimed to correlate the risk of sleep disorders with abnormalities in lung mechanics, abnormal ultrasound signals, and anthropometric parameters in adults with obesity.

2. Methods

2.1. Study design and participants

A cross-sectional study was conducted between April and August 2023 with adults (body mass index [BMI] ≥ 30 kg/m²) aged ≥ 18 years of both sexes who were adults of the Piquet Carneiro Polyclinic at the State University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil. The following exclusion criteria were adopted: history of smoking (>10 pack-years), upper respiratory tract infection in the last four weeks, history of previous or current cardiopulmonary disease, presence of airway obstruction due to asthma or chronic obstructive pulmonary disease (COPD), neuromuscular disease, disorders of the upper respiratory tract, and inability to understand the functional tests.

The project was approved by the Research Ethics Committee of the Bonsucesso Federal Hospital under the number CAAE-65762122.3.0000.5253, and all participants provided informed consent before the evaluations.

2.2. Measurements

Study participants completed an anamnesis questionnaire, and data such as age, sex, pre-existing diseases, weight, height, BMI, neck circumference, waist circumference and hip circumference were recorded. Neck circumference was measured from the midpoint of the cervical spine to the middle of the anterior neck. Waist circumference

was measured based on the lower portion of the left costal margin and the left anterior superior iliac crest. Hip circumference was measured by taking the largest diameter of the gluteal region passing over the greater trochanters of the femur (World Health Organization, 1995).

All participants underwent upper airway examination and evaluation by the Mallampati classification. The participants were instructed to breathe through the nose after a single swallow and to open their mouth wide with voluntary tongue protrusion without phonation. All evaluations were performed by the same investigator. The extent of oropharyngeal obstruction was determined by the Mallampati classification. Classes I and II were defined as low risk of OSA, while classes III and IV were defined as high risk of OSA (Zonato et al., 2003).

We used the Epworth Sleepiness Scale (ESS), which evaluates the probability a person will fall asleep during ADL. It consists of eight questions, each with a severity score of 0 to 3, making for a total score between 0 and 24. An ESS score ≥ 11 indicates excessive daytime sleepiness and a high risk for OSA (Johns, 2020).

We used the STOP-Bang questionnaire, which is easy to apply. It is eight questions whose answers are only Yes or No. It was developed from variables already recognized as associated with OSA. The presence of three or more affirmative answers indicates a high risk for OAS, while two or fewer affirmative answers indicates a low risk (Chung et al., 2008).

The Sleep Apnea Clinical Score (SACS) was also used to assess the risk of OSA. It consists of three questions, in addition to the measurement of neck circumference and the assessment of the presence or absence of hypertension. The score ranges from 0 to 110, and values <15 indicate that the patient is at high risk for OSA, while values ≥ 15 indicate low risk (Flemons et al., 1994).

RO was performed with Quark i2m equipment (Cosmed, Rome, Italy) according to the ERS recommendations (King et al., 2020). The participants were instructed to keep their lips around the mouthpiece and breathe normally for 40 seconds while keeping their cheeks pressed with their hands to reduce the need for an upper airway shunt. Before each test, the system was calibrated as recommended by the manufacturer. The following resistive and reactive parameters were evaluated: respiratory system resistance at 5 Hz (R5) and 20 Hz (R20); heterogeneity of respiratory system resistance between 5 and 20 Hz (R5–R20); resonance frequency (Fres); Xrs at 5 Hz (X5) and 20 Hz (X20); and area under the reactance curve (AX, reactance between 5 Hz and Fres). Fres >12 Hz and AX ≥ 8.66 kPa/L/s were considered abnormal (Butzko et al., 2019; Chaiwong et al., 2020).

After a 5-minute rest period after performing the RO, spirometry was performed with a Vitatrace VT 130 SL equipment (Codax Ltda., Rio de Janeiro, Brazil) based on the ATS/ERS guidelines (Graham, 2019). The highest values of forced expiratory volume in 1 second (FEV₁) and forced vital capacity (FVC) of three technically acceptable manoeuvres were used for analysis. The values obtained from the participants were compared to the national reference values (Pereira et al., 2007). Restrictive ventilatory impairment was suggested by FVC <80% of predicted, whereas obstructive ventilatory impairment was defined as a FEV₁/FVC ratio <70% of predicted (Lopes et al., 2015). Spirometry was performed after RO to avoid the influence of the forced expiratory manoeuvre and respiratory muscle fatigue on the RO measurement (van de Kant et al., 2016).

Finally, the participants underwent TUS with Mindray equipment (Mindray Biomedical Electronics Co., Ltd., China) coupled to a linear multifrequency transducer of 7.5-10 MHz or to a convex transducer of 3.5-5 MHz in B mode. The evaluations were performed by sonographers with at least 10 years of experience. All TUSs were evaluated

by two examiners, and when there was disagreement between them, it was resolved by consensus. With the participants in a sitting position, TUS signals were captured in six areas of each hemithorax as follows (de Alegria et al., 2022): two anterior, two lateral, and two posterior. In the evaluation of abnormal signs of TUS, we sought to find >2 B-lines, coalescing B-lines, subpleural consolidations, and pleural thickening/irregularity (Lopes et al., 2021).

2.3. Statistical analyses

Statistical analysis was performed using SPSS statistical software, version 26. The normality of the data distribution was assessed using the Shapiro–Wilk test. The data are expressed as measures of central tendency and dispersion suitable for numerical data and as n (%) for categorical data. The associations between categorical variables, dichotomous RO and TUS, and numerical variables were analysed using the Mann–Whitney test, and categorical variables were analysed using the chi-squared test or Fisher's exact test. Spearman's correlation coefficients between the numerical RO variables and the other numerical variables were calculated. The significance level adopted was 5%.

3. Results

Among the 57 adults with obesity eligible for the study, 7 were excluded for the following reasons: upper respiratory tract infection in the last four weeks (n=3), history of cardiopulmonary disease (n=2), and history of neuromuscular disease (n=2). Thus, the sample consisted of 50 patients, 31 women and 19 men. The median age and BMI were 42 (34–58) years and 37 (33–44) kg/m², respectively. The characteristics of the participants evaluated in the study are given in Table 1.

Regarding pulmonary function test (PFT) results, 12 (24%) participants had abnormal spirometry, 10 (20%) had restrictive ventilatory impairment, 1 (2%) had obstructive ventilatory impairment, and 1 (2%) had mixed ventilatory impairment. On RO, 42 (84%) participants had abnormal results; F_{res} was >12 Hz in 10 (20%) patients, while AX was >8.66 kPa/L/s in 37 (74%) participants. The most common abnormal sign on TUS was pleural thickening/irregularity, which was present in 36 (72%) participants. The PFT and TUS data are shown in Table 2.

Regarding the scales used to assess sleep disorders, 21 (42%) participants were at high risk for OSA according to the Mallampati classification, while 25 (50%) participants were at high risk for OSA according to the ESS. In the STOP-Bang questionnaire, 28 participants (56%) were at high risk for OAS, only 12 (24%) participants were at high risk for OSA by SACS. The distribution of participants according to the scales used to assess sleep disorders is shown in Table 3.

According to the Mallampati classification, AX [14.8 (7–26) vs. 19 (13–53) kPa/L·Hz, $p=0.017$] was lower in participants at low risk than in those at high risk for OSA. Classifying patients by the ESS result, FVC [93 (86–98) vs. 86 (72–91) % predicted, $p=0.018$]; FEV_1 [97 (88–100) vs. 87 (77–93) % predicted, $p=0.010$]; and forced expiratory flow during the middle half of the FVC manoeuvre ($FEF_{25-75\%}$) [103 (84–120) vs. 83 (70–98), $p=0.035$] were higher in participants at low risk than in those at high risk for OSA, while F_{res} [4.8 (4–6.4) vs. 5.9 (5–14) Hz, $p=0.039$] was lower in participants at low risk. Classifying patients by the STOP-Bang result, FEV_1/FVC [87 (81–91) vs. 82 (77–86)%, $p=0.011$] was higher in participants at low risk for OSA, while $R5-R20$ [0.25 (0.05–0.71) vs. 1.17 (0.49–2.03) kPa/L/s, $p=0.001$] was lower in participants at low risk for OSA. None of the scales used to assess sleep disorders showed significant differences between the subgroups with normal and abnormal spirometry. The subgroup with

abnormal RO was more likely to have an ESS indicating high risk for OSA (87.5%) than the subgroup with normal RO (42.9%) ($p=0.024$). Comparisons of the PFT parameters according to the scales used to assess sleep disorders are shown in Table 4.

When comparing the scores used to assess sleep disorders with abnormal TUS, the frequency of patients with a Mallampati classification of high OSA risk was higher in the subgroup with >2 B-lines (80%) than in the subgroup without >2 B-lines (25.7%) ($p=0.0003$). The subgroup with subpleural consolidations was more likely to have an ESS indicating high risk for OSA (100%) than the subgroup without subpleural consolidations (41.9%) ($p=0.004$).

Among the resistive parameters evaluated by the RO, R5 was significantly correlated with BMI ($r_s=0.334$, $p=0.017$) and FVC ($r_s=-0.331$, $p=0.020$), and FEV₁ ($r_s=-0.333$, $p=0.019$) and R20 were significantly correlated with the waist-to-hip ratio ($r_s=0.279$, $p=0.049$) and neck circumference ($r_s=0.312$, $p=0.027$). Among the reactive parameters evaluated by the RO, Fres correlated significantly with BMI ($r_s=0.476$, $p=0.0005$), waist circumference ($r_s=0.284$, $p=0.048$) and hip circumference ($r_s=0.417$, $p=0.003$); X20 significantly correlated with FEF_{25-75%} ($r_s=-0.323$, $p=0.026$); and AX correlated significantly with BMI ($r_s=0.328$, $p=0.020$), hip circumference ($r_s=0.298$, $p=0.035$), FVC ($r_s=0.294$, $p=0.040$), and FEV₁ ($r_s=0.351$, $p=0.013$) (Table 5). The presence of >2 B-lines was more frequent in participants with higher R5 [6.6 (6.2–8.8) vs. 5.4 (4.9–7.1) kPa/L/s, $p=0.037$], higher R5–R20 [1.35 (0.42–3.08) vs. 0.68 (0.08–1.19) kPa/L/s, $p=0.040$], and higher AX [41 (23–57) vs. 13 (6–19) kPa/L·Hz, $p<0.0001$]. Pleural thickening/irregularity was more frequent in participants with greater weight [114 (96–131) vs. 87 (86–114) kg, $p=0.018$], greater waist circumference [120 (107–132) vs. 107 (95–114) cm, $p=0.006$], greater hip circumference [120 (113–138) vs. 113 (107–121) cm, $p=0.031$], and higher FA [19 (13–34) vs. 12 (3–16) kPa/L·Hz, $p=0.008$]. The

frequency of >2 B-lines was higher in the subgroup with abnormal RO (37.5%) than the subgroup with normal RO (0%) ($p=0.043$).

4. Discussion

The main findings of the present study were that, in people with obesity, the risk of OSA was associated with lung mechanics assessed through RO, in relation to both resistive and reactive parameters. Although the risk of OSA was not different in adults with obesity according to spirometry, those with abnormal RO were at high risk for OSA. Abnormal TUS signs were correlated with greater risk for OAS. In adults with obesity, almost all of them had an abnormality in the RO and, to a lesser extent, in the TUS, although they only rarely had an abnormality in spirometry. Finally, the resistive and reactive parameters of the respiratory system were correlated with anthropometric measurements.

Sleep health has been increasingly recognized because it encompasses multiple dimensions, where sleep duration, sleep quality, and daytime sleepiness may be associated with obesity (Buysse, 2014). In many individuals with obesity, sleep disorders or abnormal RO, there are minimal changes in spirometry, with the exception of very severe obesity, which can alter traditional PFTs (Kaminsky et al., 2022). Using simple and easy-to-administer questionnaires, we demonstrated that adults with obesity and abnormal RO were at high risk for OSA, although the risk of OSA was not different according to whether they had abnormal spirometry. Notably, patients with a high risk for OSA by the ESS were much more prevalent in the subgroup with abnormal RO than in the subgroup with normal RO. It is hypothesized that the relationship between sleep disorders and obesity represents the effects of high levels of proinflammatory cytokines or dysfunction of the hypothalamic–pituitary–adrenal axis and that the low-grade chronic

inflammation that occurs in OSA may contribute to a greater incidence of pulmonary morbidity and mortality (Ogilvie and Patel, 2017; Ryan et al., 2019).

In people with obesity, increases in elastic recoil forces are associated with a reduction in functional residual capacity and with marked increases in both upper and peripheral airway resistance (Abdeyrim et al., 2016b). Given that high upper peripheral airway resistance is a hallmark of OSA, RO is particularly suitable for detecting airway obstruction and therefore for application in this population (Kaminsky et al., 2022). In the present study, we observed significant correlations of R20 (which is a parameter that reflects dysfunction of the upper airways) with the waist-to-hip ratio and neck circumference (which are commonly used measures of the severity of obesity). Our findings are in line with the finding by Hao et al. (2023) that R25 is an independent risk factor for severe OSA. Using the STOP-Bang questionnaire, we observed that R5–R20 (which is a marker of abnormalities in the small airways) was higher in individuals at high risk for OSA. In line with our findings, Dattani et al. (2016) reported that visceral adipose tissue mass was associated with R5–20 in individuals with obesity, indicating that the effect of abdominal mass load on peripheral airway resistance may be even greater in the small airways. In individuals with obesity, the respiratory system resistance measured by the RO increases due to a reduction in operating lung volume, but this change is not the entire reason for this increase, as the structure of the airways can be remodelled by exposure to pro-inflammatory adipokines or by lipid deposition (Kaminsky et al., 2022). In fact, Mahadev et al. (2013) observed that, in addition to the reduction in FRC, peripheral airway resistance in adults with obesity may also be increased by remodelling, which is characterized by fat deposits inside the body and injury to the bronchial mucosa due to the stress of opening and closing the small airways. airlines.

Another aspect that has been extensively studied in recent years in individuals with obesity is the change in the reactive properties of the respiratory system since the increase in fat mass in the chest and abdomen shifts the elastic balance point between the chest and lungs, favouring the displacement of the pressure–volume curve (de Sant'Anna Jr et al., 2019; Kaminsky et al., 2022; Hao et al., 2023). In this sense, X5 and Fres may reflect the shift in the frequency–reactance curve, which is usually associated with increased elastance of the respiratory system (de Sant'Anna Jr et al., 2019). Using the Mallampati classification, we observed that AX was higher in individuals at high risk for OSA. In fact, obesity can lead to fat deposition on the tongue and soft palate, affecting the size and collapsibility of the upper airways; this decreases the size of the retroglottal airways and increases the risk of OSA (Hao et al., 2023). Using the ESS, we observed that Fres was higher in individuals at high risk for OSA. Fres is the point where the elastance and inertia of the respiratory system make equal and opposite contributions to the impedance, i.e., where $X_{rs} = 0$ (Kaminsky et al., 2022). In line with our findings, Abdeyrim et al. (2015) identified significant correlations between X_{rs} and OSA severity defined by the apnoea–hypopnea index. These associations between X_{rs} and OSA severity may indicate upper airway stenosis or an abnormal increase in lung elastic recoil as a contributor to OSA.

We sought to evaluate the associations between obesity or sleep disorders and TUS, as the latter is a non-invasive, reproducible, fast, inexpensive, and radiation-free diagnostic method (Modica et al., 2011). Interestingly, we observed that the frequency of patients with a Mallampati classification and a high risk of OSA was higher in individuals with >2 B-lines, and the frequency of patients with ESS and a high risk of OSA was higher in individuals with subpleural consolidations. The clinical significance of B-lines depends mainly on their quality and quantity; B-lines are usually associated with

interstitial changes, while subpleural consolidations may represent a fluid bronchogram or vascular image (Saraogi, 2015). By dislocating the diaphragm upwards, abdominal adiposity can cause several abnormal signs in the TUS, which can reduce lung volume and increase downwards tracheal traction, contributing to the pathophysiology of OSA (Genta et al., 2014). In the present study, we observed a high frequency of abnormal TUS signals. In line with our study, Erol et al. (2022) reported an 81% frequency of abnormal TUS signs in the postoperative period in individuals with obesity who underwent laparoscopic bariatric surgery. The authors attributed these abnormalities, at least in part, to the presence of atelectasis.

The RO measures respiratory system impedance, which broadly describes the mechanical properties of the entire respiratory system, including the airways, parenchyma, and chest wall (Kaminsky et al., 2022). Thus, it is not surprising that we observed associations between RO parameters and anthropometric measurements. Like de Sant'Anna Jr et al. (2019), Albuquerque et al. (2015), and van de Kant et al. (2016), we observed that BMI, waist circumference, hip circumference, waist-to-hip ratio, and neck circumference were associated with several oscillometric parameters, possibly because of the effect of restriction and the increase in intra-abdominal pressure that occur in individuals with obesity, altering the elastic balance of the respiratory system and reducing lung volume (de Sant'Anna Jr et al. (2019). Likewise, waist circumference and hip circumference were associated with abnormal TUS, suggesting that the changes in the lung parenchyma induced by the distribution of body fat influence respiratory mechanics.

4.1. Strengths and Limitations

The strength of this study is that it showed associations between the scales used to assess sleep disorders in adults with obesity—which are widely validated and easy to apply—and changes in respiratory mechanics and lung structure. Some limitations should be highlighted: First, our sample was small, and we did not use a control group. Second, we did not use nocturnal polysomnography, which is the gold standard for evaluating sleep disorders, although this diagnostic procedure is expensive, time-consuming, and laborious (Abdeyrim et al., 2016a). Third, our RO and TUS measurements were not performed in the supine position because, in individuals with obesity, lung mechanics change even more in the supine position; the resulting decrease in lung volume may facilitate the collapse of the pharyngeal and intrathoracic airways due to the loss of caudal traction tension in both structures and contribute to the increase in peripheral airway resistance (Hao et al., 2023). Finally, we did not use body plethysmography, which is the gold standard for assessing lung volume when the subjects are seated in a sealed box; however, many of our patients were morbidly obese and did not have access to the box.

4.2. Conclusions

Most adults with obesity have RO abnormalities and abnormal signs on TUS, although only rarely do they have spirometric abnormalities. In these individuals, the higher the risk for OSA was, the worse the resistive and reactive parameters measured by the RO. In addition, abnormal RO and abnormal TUS signals are factors associated with a high risk for OSA, even in patients with normal spirometry. To strengthen and validate our findings, longitudinal studies should employ nocturnal polysomnography to diagnose sleep disorders and body plethysmography to measure static lung volume in a larger sample of patients with obesity.

Funding

This study was supported by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico [CNPq; Grant numbers #301967/2022-9 and 401633/2023-3], Brazil, the Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro [FAPERJ; Grant number #E-26/200.929/2022], Brazil, and the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior [CAPES, FinanceCode 001, 88881.708719/2022-01, and 88887.708718/2022-00].

Ethical approval of studies/informed consent

The study was approved by the Research Ethics Committee of the Bonsucesso Federal Hospital under the number CAAE-65762122.3.0000.5253. The study was conducted in accordance with the ethical principles consistent with the Declaration of Helsinki and all participants signed an informed consent form.

CRedit authorship contribution statement

Sidney Fernandes da Silva: Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Writing – original draft. **Carlos Eduardo Santos:** Conceptualization, Methodology, Validation, Writing – review & editing. **Iasmim Maria Pereira Pinto Fonseca:** Methodology, Validation, Writing – review & editing. **Wellington de Oliveira Pereira:** Methodology, Validation, Writing – review & editing. **Agnaldo José Lopes:** Conceptualization, Formal analysis, Funding acquisition, Methodology, Supervision, Writing – original draft.

Declaration of competing interest

All authors declared no conflict of interests.

References

- Abdeyrim, A., Tang, L., Muhamat, A., Abudeyrim, K., Zhang, Y., Li, N., et al., 2016a. Receiver operating characteristics of impulse oscillometry parameters for predicting obstructive sleep apnea in preobese and obese snorers. *BMC Pulm. Med.* 16 (1), 125. <https://doi.org/10.1186/s12890-016-0284-3>.
- Abdeyrim, A., Zhang, Y.P., Li, N.F., Zhao, M.H., Wang, Y., Yao, X., et al., 2015. Impact of obstructive sleep apnea on lung volumes and mechanical properties of the respiratory system in overweight and obese individuals. *BMC Pulm. Med.* 15, 76. <https://doi.org/10.1186/s12890-015-0063-6>.
- Abdeyrim, A., Li, N., Shao, L., Heizhati, M., Wang, Y., Yao, X., et al., 2016b. What can impulse oscillometry and pulmonary function testing tell us about obstructive sleep apnea: a case-control observational study? *Sleep Breath* 20 (1), 61–68. <https://doi.org/10.1007/s11325-015-1185-z>.
- Albuquerque, C.G., de Andrade, F.M.D., de Almeida Rocha, M.A., de Oliveira, A.F.F., Ladosky, W., Victor, E.G., Rizzo, J.Â. Determining respiratory system resistance and reactance by impulse oscillometry in obese individuals. *J. Bras. Pneumol.* 41 (5), 422–426. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004517>.
- Blüher, M., 2019. Obesity: global epidemiology and pathogenesis. *Nat. Rev. Endocrinol.* 15 (5), 288–298. <https://doi.org/10.1038/s41574-019-0176-8>.
- Bray, G.A., Kim, K.K., Wilding, J.P.H., World Obesity Federation, 2017. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obes Rev.* 18, 715–723. <https://doi.org/10.1111/obr.12551>.

- Butzko, R.P., Sotolongo, A.M., Helmer, D.A., Klein-Adams, J.C., Osinubi, O.Y., Berman, A.R., et al., 2019. Forced oscillation technique in veterans with preserved spirometry and chronic respiratory symptoms. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 260, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2018.11.012>.
- Buyse, D.J., 2014. Sleep health: can we define it? Does it matter? *Sleep* 37 (1), 9–17. <https://doi.org/10.5665/sleep.3298>.
- Capers, P.L., Fobian, A.D., Kaiser, K.A., Borah, R., Allison, D.B., 2015. A systemic review and meta-analysis of randomized controlled trials of the impact of sleep duration on adiposity and components of energy balance. *Obes. Rev.* 16 (9), 771–782. <https://doi.org/10.1111/obr.12296>.
- Chaiwong, W., Namwongprom, S., Liwsrisakun, C., Pothirat, C., 2020. Diagnostic ability of impulse oscillometry in diagnosis of chronic obstructive pulmonary disease. *COPD* 17 (6), 635–646. <https://doi.org/10.1080/15412555.2020.1839042>.
- Chooi, Y.C., Ding, C., Magkos, F., 2019. The epidemiology of obesity. *Metabolism* 92, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2018.09.005>.
- Chung, F., Yegneswaran, B., Liao, P., Chung, S.A., Vairavanathan, S., Islam, S., et al., 2008. STOP questionnaire: a tool to screen patients for obstructive sleep apnea. *Anesthesiology* 108 (5), 812–821. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31816d83e4>.
- Crummy, F., Piper, A.J., Naughton, M.T., 2008. Obesity and the lung: 2. Obesity and sleep-disordered breathing. *Thorax* 63 (8), 738–746. <https://doi.org/10.1136/thx.2007.086843>.
- Dattani, R.S., Swerner, C.B., Stradling, J.R., Manuel, A.R., 2016. Exploratory study into the effect of abdominal mass loading on airways resistance and ventilatory failure.

- BMJ Open Respir. Res. 3 (1), e000138. <https://doi.org/10.1136/bmjresp-2016-000138>.
- de Alegria, S.G., Litrento, P.F., de Oliveira Farias, I., Mafort, T.T., Lopes, A.J., 2022. Can home rehabilitation impact impulse oscillometry and lung ultrasound findings in patients with scleroderma-associated interstitial lung disease? A pilot study. BMC Res. Notes 15 (1), 176. <https://doi.org/10.1186/s13104-022-06064-6>.
- de Sant'Anna Jr, M., Carvalhal, R.F., de Oliveira, F.F.B., Zin, W.A., Lopes, A.J., Lugon, J.R., et al., 2019. Respiratory mechanics of patients with morbid obesity. J. Bras. Pneumol. 45 (5), e20180311. <https://doi.org/10.1590/1806-3713/e20180311>.
- Erol, D., Arslantaş, M.K., Altun, G.T., Dinçer, P.Ç., Karadeniz, E.A., Ayanoğlu, H.Ö., 2022. Evaluation of the frequency of atelectasis by transthoracic lung ultrasound in patients undergoing laparoscopic bariatric surgery under general anesthesia. GKD Anest. Yoğ. Bak. Dern. Derg., 28 (1), 70–80. <https://doi.org/10.14744/GKDAD.2022.74317>.
- Flemons, W.W., Whitelaw, W.A., Brant, R., Remmers, J.E., 1994. Likelihood ratios for a sleep apnea clinical prediction rule. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 150 (5 Pt 1), 1279–1285. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.150.5.7952553>.
- Graham, B.L., Steenbruggen, I., Miller, M.R., Barjaktarevic, I.Z., Cooper, B.G., Hall, G.L., et al., 2019. Standardization of Spirometry 2019 update. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society technical statement. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 200 (8), e70–e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>.
- Genta, P.R., Schorr, F., Eckert, D.J., Gebrim, E., Kayamori, F., Moriya, H.T., et al., 2014. Upper airway collapsibility is associated with obesity and hyoid position. Sleep 37 (10), 1673–1678. <https://doi.org/10.5665/sleep.4078>.

- Hao, Y, Liu, S, Liu, T, Huang, X, Xie, M, Wang, D., 2023. Pulmonary function test and obstructive sleep apnea hypopnea syndrome in obese adults: a retrospective study. *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 18, 1019–1030. <https://doi.org/10.2147/COPD.S409383>.
- Johns, M.W., 1991. A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth sleepiness scale. *Sleep* 14 (6), 540–545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>.
- Kaminsky, D.A., Simpson, S.J., Berger, K.I., Calverley, P., de Melo, P.L., Dandurand, R., et al., 2022. Clinical significance and applications of oscillometry. *Eur. Respir. Rev.* 31 (163), 210208. <https://doi.org/10.1183/16000617.0208-2021>.
- King, G.G., Bates, J., Berger, K.I., Calverley, P., de Melo, P.L., Dellacà, R.L., et al., 2020. Technical standards for respiratory oscillometry. *Eur. Respir. J.* 55 (2), 1900753. <https://doi.org/10.1183/13993003.00753-2019>.
- Lopes, A.J., Camilo, G.B., de Menezes, S.L.S., Guimarães, F.S., 2015. Impact of different etiologies of bronchiectasis on the pulmonary function tests. *Clin. Med. Res.* 13 (1), 12–19. <https://doi.org/10.3121/cmr.2014.1236>.
- Lopes, A.J., Mafort, T.T., da Cal, M.S., Monnerat, L.B., Litrento, P.F., Ramos, I., et al., 2021. Impulse oscillometry findings and their associations with lung ultrasound signs in COVID-19 survivors. *Respir. Care* 66 (11), 1691–1698. <https://doi.org/10.4187/respcare.09193>.
- Mafort, T.T., Rufino, R., Costa, C.H., Lopes, A.J., 2016. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidiscip. Respir. Med.* 11, 28. <https://doi.org/10.1186/s40248-016-0066-z>.

- Mahadev, S., Salome, C.M., Berend, N., King, G.G., 2013. The effect of low lung volume on airway function in obesity. *Respir. Physiol. Neurobiol.* 188 (2), 192–199. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.05.021>.
- Meurling, I.J., Shea, D.O., Garvey, J.F., 2019. Obesity and sleep: a growing concern. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 25 (6), 602–608. <https://doi.org/10.1097/MCP.0000000000000627>.
- Modica, M.J., Kanal, K.M., Gunn, M.L., 2011. The obese emergency patient: Imaging challenges and solutions. *Radiographics* 31 (3), 811–823. <https://doi.org/10.1148/rg.313105138>.
- Ogilvie, R.P., Patel, S.R., 2017. The epidemiology of sleep and obesity. *Sleep Health* 3 (5), 383–388. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.07.013>.
- Parameswaran, K., Todd, D.C., Soth, M., 2006. Altered respiratory physiology in obesity. *Can. Respir. J.* 13 (4), 203–210. <https://doi.org/10.1155/2006/834786>.
- Pereira, C.A.C., Sato, T., Rodrigues, S.C., 2007. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J. Bras. Pneumol.* 33 (4), 397–406. <https://doi.org/10.1590/s1806-37132007000400008>.
- Peters, U., Dechman, G., Hernandez P., Bhatawadekar, S., Ellsmere, J., Maksym, G., 2018. Improvement in upright and supine lung mechanics with bariatric surgery affects bronchodilator responsiveness and sleep quality. *J. Appl. Physiol.* (1985) 125, 1305–1314. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00694.2017>.
- Ryan, S., Arnaud, C., Fitzpatrick, S.F., Gaucher, J., Tamisier, R., Pépin, J-L., 2019. Adipose tissue as a key player in obstructive sleep apnoea. *Eur. Respir. Rev.* 28 (152), 190006. <https://doi.org/10.1183/16000617.0006-2019>.
- Saraogi, A., 2015. Lung ultrasound: present and future. *Lung India* 32 (3), 250–257. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.156245>.

van de Kant, K.D., Paredi, P., Meah, S., Kalsi, H.S., Barnes, P.J., Usmani, O.S., 2016.

The effect of body weight on distal airway function and airway inflammation.

Obes. Res. Clin. Pract. 10 (5), 564–573.

<https://doi.org/10.1016/j.orcp.2015.10.005>.

World Health Organization, 1995. Physical Status: the use and interpretation of anthropometry, report of a WHO expert committee [internet] [cited 2023 Dec 26].

Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9241208546>

Zonato, A.I., Bittencourt, L.R., Martinho, F.L., Júnior, J.F., Gregório, L.C., Tufik, S.,

2003. Association of systematic head and neck physical examination with severity of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome. Laryngoscope 113 (6), 973–980.

<https://doi.org/10.1097/00005537-200306000-00011>.

Table 1

Characteristics of the participants included in the study.

<i>Variables</i>	<i>Median (IQR) or n (%)</i>
<i>Demographics</i>	
Age (years)	42 (34–58)
Female (%)	31 (62%)
<i>Anthropometry</i>	
Weight (kg)	109 (88–126)
Height (m)	1.67 (1.59–1.74)
BMI (kg/m ²)	37 (33–44)
Waist circumference (cm)	115 (104–125)
Hip circumference (cm)	117 (111–135)
Waist-to-hip ratio (cm)	0.94 (0.89–1.03)
Neck circumference (cm)	39 (36–43)
<i>Clinical data</i>	
Hypertension (%)	29 (58%)
Diabetes (%)	9 (18%)
History of smoking (%)	5 (10%)

BMI – body mass index.

Table 2

Parameters obtained through pulmonary function tests and thoracic ultrasound.

<i>Variables</i>	<i>Median (IQR) or n (%)</i>
<i>Spirometry</i>	
FVC (% predicted)	89 (81–97)
FEV ₁ (% predicted)	89 (82–98)
FEV ₁ /FVC (%)	85 (80–89)
FEF _{25-75%} (% predicted)	92 (73–111)
<i>Respiratory oscillometry</i>	
R5 (kPa/L/s)	6 (5–7.6)
R20 (kPa/L/s)	5.2 (4.3–6.5)
R5–R20 (kPa/L/s)	0.69 (0.05–1.53)
Fres (Hz)	5.2 (4.2–7.9)
X5 (kPa/L/s)	–2.2 (–3.3–1.5)
X20 (kPa/L/s)	–0.63 (–1.45–0.09)
AX (kPa/L·Hz)	17.2 (8.3–30.7)
<i>Thoracic ultrasound</i>	
>2 B-lines (%)	15 (30%)
Coalescent B-lines (%)	2 (4%)
Subpleural consolidations (%)	7 (14%)
Pleural thickening/irregularity (%)	36 (72%)

FVC – forced vital capacity; FEV₁ – forced expiratory volume in 1 sec; FEF_{25-75%} – forced expiratory flow during the middle half of the FVC maneuver, R5 – respiratory system resistance at 5 Hz; R20 – respiratory system resistance at 20 Hz; R5–R20 – heterogeneity of respiratory system resistance between 5–20 Hz; Fres – resonance frequency; X5 – respiratory system reactance at 5 Hz; X20 – respiratory system reactance at 20 Hz; AX – area under the reactance curve.

Table 3

Results of scales used to assess sleep disorders.

<i>Variables</i>	<i>n (%)</i>
<i>Mallampati classification</i>	
Class I and II	29 (58%)
Class III and IV	21 (42%)
<i>ESS</i>	
Score <11	25 (50%)
Score ≥ 11	25 (50%)
<i>STOP-Bang</i>	
Score ≤ 2	22 (44%)
Score >3	28 (56%)
<i>SACS</i>	
Score <15	38 (76%)
Score ≥ 15	12 (24%)
ESS – Epworth sleepiness scale; SACS – Sleep Apnea Clinical Score (SACS).	

Table 4

Comparisons of pulmonary function tests according to the scales used to assess sleep disorders.

	Mallampati classification			ESS			STOP-Bang			SACS		
	Low risk	High risk	p	Low risk	High risk	P	Low risk	High risk	p	Low risk	High risk	p
FVC	87 (80–100)	89 (82–94)	0.83	86 (72–91)	93 (86–98)	0.018	89 (82–95)	89 (80–98)	0.86	93 (82–102)	88 (80–95)	0.27
FEV ₁	94 (84–98)	88 (81–97)	0.50	87 (77–93)	97 (88–100)	0.010	90 (85–98)	88 (76–98)	0.61	93 (77–100)	88 (82–97)	0.63
FEV ₁ /FVC	86 (80–89)	82 (78–89)	0.33	86 (79–89)	85 (81–89)	0.86	87 (81–91)	82 (77–86)	0.011	86 (81–89)	84 (76–86)	0.090
FEF _{25-75%}	95 (80–116)	85 (71–107)	0.29	103 (84–120)	83 (70–98)	0.035	92 (78–123)	90 (65–107)	0.42	97 (59–118)	92 (76–105)	0.89
R5	5.4 (4.8–6.8)	6.7 (5.3–8.7)	0.07	6.4 (5–7.3)	5.7 (5–8.9)	0.92	5.5 (4.9–6.6)	6.7 (5.1–9)	0.059	5.3 (5–9)	6.1 (5–7.1)	0.91
R20	4.8 (4.3–6.2)	5.6 (4.4–7)	0.23	5.3 (4.5–6.6)	4.8 (4.3–6.5)	0.53	5.2 (4.5–6)	5 (4.3–7)	0.97	5 (4.3–8.2)	5.2 (4.4–6.2)	0.73
R5–R20	0.69 (-0.06–1.48)	0.68 (0.17–1.78)	0.38	0.63 (0.04–1.81)	0.71 (0.18–1.51)	0.65	0.25 (0.05–0.71)	1.17 (0.49–2.03)	0.001	0.57 (0.03–1.42)	0.69 (0.07–1.64)	0.47
Fres	5.1 (4–7)	5.6 (4.8–8.6)	0.25	4.8 (4–6.4)	5.9 (5–14)	0.039	4.9 (4.2–8.1)	5.5 (4.3–7)	0.82	4.9 (4.2–8)	5.3 (4.2–8)	0.74
X5	-2.2 (-3.3–1.4)	-2.2 (-3.9–1.6)	0.69	-2.2 (-3.3–1.9)	-2.2 (-3.3–1.3)	0.55	-2.2 (-3.2–1.4)	-2.2 (-3.3–1.5)	0.79	-1.9 (-3.3–1.3)	-2.2 (-3.3–1.9)	0.64
X20	-0.51 (-1.3–0.04)	-0.67 (-2–0.13)	0.31	-0.66 (-1.4–0.13)	-0.52 (-1.8–0.04)	0.66	-0.57 (-1.3–0.01)	-0.70 (-1.9–0.11)	0.39	-0.57 (-1.4–0.04)	-0.78 (-2.4–0.13)	0.31
AX	14.8 (7–26)	19 (13–53)	0.017	14 (7–36)	19 (12–29)	0.55	16 (12–36)	19 (6–29)	0.77	15 (9–36)	18 (8–31)	0.78

ESS – Epworth sleepiness scale; SACS – Sleep Apnea Clinical Score (SACS); FVC – forced vital capacity; FEV₁ – forced expiratory volume in 1 sec; FEF_{25-75%} – forced expiratory flow during the middle half of the FVC maneuver, R5 – respiratory system resistance at 5 Hz; R20 – respiratory system resistance at 20 Hz; R5–R20 – heterogeneity of respiratory system resistance between 5– 20 Hz; Fres – resonance frequency; X5 – respiratory system reactance at 5 Hz; X20 – respiratory system reactance at 20 Hz; AX – area under the reactance curve.

Table 5

Spearman correlation coefficients between respiratory oscillometry, anthropometry, spirometry, and thoracic ultrasound.

		<i>R5</i>	<i>R20</i>	<i>R5–R20</i>	<i>Fres</i>	<i>X5</i>	<i>X20</i>	<i>AX</i>
BMI	r_s	0.334	0.174	0.226	0.476	–0.037	–0.141	0.328
	P	0.017	0.23	0.11	0.0005	0.80	0.34	0.020
Waist circumference	r_s	0.084	–0.188	0.223	0.284	0.162	0.051	0.219
	P	0.56	0.19	0.12	0.048	0.27	0.73	0.13
Hip circumference	r_s	0.145	–0.025	0.163	0.417	0.070	–0.024	0.298
	P	0.31	0.86	0.26	0.003	0.64	0.87	0.035
Waist-to-hip ratio	r_s	–0.086	0.279	0.121	–0.204	0.178	0.123	0.105
	P	0.55	0.049	0.40	0.16	0.23	0.41	0.47
Neck circumference	r_s	–0.170	0.312	0.009	0.072	0.252	0.172	–0.042
	P	0.24	0.027	0.95	0.62	0.084	0.24	0.77
FVC	r_s	–0.331	–0.096	–0.216	–0.154	–0.223	–0.195	0.294
	P	0.020	0.51	0.14	0.30	0.13	0.19	0.040
FEV ₁	r_s	–0.333	–0.100	–0.241	–0.153	–0.143	–0.241	0.351
	P	0.019	0.50	0.095	0.30	0.34	0.10	0.013
FEV ₁ /FVC	r_s	0.080	0.064	–0.244	–0.019	–0.024	0.203	–0.118
	P	0.58	0.66	0.090	0.90	0.87	0.17	0.42
FEF _{25-75%}	r_s	–0.199	–0.056	–0.255	–0.146	–0.144	–0.323	–0.263
	P	0.17	0.70	0.077	0.32	0.34	0.026	0.068

R5 – respiratory system resistance at 5 Hz; R20 – respiratory system resistance at 20 Hz; R5–R20 – heterogeneity of respiratory system resistance between 5– 20 Hz; Fres – resonance frequency; X5 – respiratory system reactance at 5 Hz; X20 – respiratory system reactance at 20 Hz; AX – area under the reactance curve; BMI – body mass index; FVC – forced vital capacity; FEV₁ – forced expiratory volume in 1 sec; FEF_{25-75%} – forced expiratory flow during the middle half of the FVC maneuvre

Capítulo 4 Considerações Finais

A obesidade, por se tratar de uma doença pandêmica, exige estudos que relacionam e tragam novas alterações clínicas e estruturais ao meio científico, visando dados relevantes para o seu manejo clínico. O presente estudo destacou e evidenciou como sua maior força a associação entre as escalas, identificou as desordens do sono em adultos com obesidade e mostrou sua ampla validade e facilidade de aplicação. A correlação das escalas de desordens do sono com a IOS e USP proporcionou *insights* e nos trouxe melhor compreensão da importância das alterações da mecânica respiratória e da estrutura pulmonar.

Tivemos algumas limitações metodológicas relacionadas ao tamanho da amostra, como a ausência da polissonografia que é o padrão ouro para avaliar desordens do sono. Além do mais, as medições de mecânica respiratória e da USP que não foram realizadas na posição supina e nem utilizamos a pletismografia corporal na análise dos volumes pulmonares.

Apesar dessas limitações, conseguimos identificar que a maioria dos indivíduos com obesidade apresentaram anormalidade na IOS e sinais de alterações no USP, embora raramente eles têm anormalidades na espirometria. Para reforçar e validar nossas descobertas, são necessários estudos longitudinais que empregam polissonografia noturna para diagnosticar desordens do sono e pletismografia corporal para medir os volumes pulmonares estáticos em uma amostra maior de pessoas com obesidade.

Essas abordagens permitirão uma compreensão mais aprofundada das implicações clínicas e fisiológicas da obesidade, contribuindo para a eficácia das intervenções clínicas e fornecendo bases sólidas para estratégias futuras no manejo dessa condição complexa. A superação das limitações identificadas e a expansão das investigações para incluir avaliações mais abrangentes são essenciais para avançar o conhecimento científico e melhorar a qualidade do cuidado aos pacientes com obesidade.

Referências

Albuquerque CG, Andrade FMD, Rocha MAA, Oliveira AFF, Ladosky W, Victor EG, et al. Determining respiratory system resistance and reactance by impulse oscillometry in obese individuals. *J Bras Pneumol*. 2015; 41(5): 422-426

Barreto SSM. Volumes pulmonares. *J Bras Pneumol*. 2002; 28(Suppl.3): S83-S94.

Barrichello Junior S, Ribeiro I, Fittipaldi-Fernandez R, Hoff AC, de Moura DTH, Minata MK, et al. Exclusively endoscopic approach to treating gastric perforation caused by an intragastric balloon: case series and literature review. *Endosc Int Open*. 2018; 6(11): 1322-1329.

Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, Gozal D, Iber C, Kapur VK, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep Med*. 2012; 8(5): 597-619.

Bertolazi AN, Fagondes SC, Hoff LS, Pedro VD, Menna Barreto SS, Johns MW. Portuguese-language version of the Epworth sleepiness scale: validation for use in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2009; 35(9): 877-883.

Bittencourt LRA, Caixeta EC. Critérios diagnósticos e tratamento dos distúrbios respiratórios do sono: síndrome da apneia obstrutiva do sono. *J Bras Pneumol*. 2008; 36(supl.2): S1-S61, 2010.

Bonsignore MR. Obesity and obstructive sleep apnea. *Handb Exp Pharmacol*. 2022; 274: 181-201.

Bray GA, Kim KK, Wilding JPH; World Obesity Federation. Obesity: a chronic relapsing progressive disease process. A position statement of the World Obesity Federation. *Obes Rev.* 2017; 18(7): 715-723.

Butzko RP, Sotolongo AM, Helmer DA, Klein-Adams JC, Osinubi OY, Berman AR, et al. Forced oscillation technique in veterans with preserved spirometry and chronic respiratory symptoms. *Respir Physiol Neurobiol.* 2019; 260: 8-16.

Capers PL, Fobian AD, Kaiser KA, Borah R, Allison DB. A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials of the impact of sleep duration on adiposity and components of energy balance. *Obes Rev.* 2015; 16(9): 771-782.

Chooi YC, Ding C, Magkos F. The epidemiology of obesity. *Metabolism.* 2019 Mar; 92: 6-10.

Duce B, Milosavljevic J, Hukins C. The 2012 AASM Respiratory Event Criteria Increase the Incidence of Hypopneas in an Adult Sleep Center Population. *J Clin Sleep Med.* 2015; 11(12): 1425-1431.

Endalifer ML, Diress G. Epidemiology, predisposing factors, biomarkers, and prevention mechanism of obesity: a systematic review. *J Obes.* 2020; 2020: 6134362.

Forlano R, Ippolito AM, Iacobellis A, Merla A, Valvano MR, Niro G, et al. Effect of the BioEnterics intragastric balloon on weight, insulin resistance, and liver steatosis in obese patients. *Gastrointest Endosc.* 2010; 71(6): 927-933.

Gadde KM, Martin CK, Berthoud HR, Heymsfield SB. Obesity: pathophysiology and management. *J Am Coll Cardiol.* 2018; 71(1): 69-84.

Gille T, Didier M, Boubaya M, Moya L, Sutton A, Carton Z, et al. Obstructive sleep apnoea and related comorbidities in incident idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Respir J.* 2017; 49(6): 1601934.

Gutta S, Cheng Q. Modeling of oxygen saturation and respiration for sleep apnea detection. In: IEEE. 2016 50th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. [S.l.], 2016. p. 1636-1640.

Hirshkowitz M, Whiton K, Albert SM, Alessi C, Bruni O, DonCarlos L, et al. National Sleep Foundation's sleep time duration recommendations: methodology and results summary. *Sleep Health*. 2015; 1(1): 40-43.

Kreitinger KY, Lui MMS, Owens RL, Schmickl CN, Grunvald E, Horgan S, et al. Screening for obstructive sleep apnea in a diverse bariatric surgery population. *Obesity* 2020; 28(11): 2028-2034.

Kristensen MS, Teoh WH, Graumann O, Laursen CB. Ultrasonography for clinical decision-making and intervention in airway management: from the mouth to the lungs and pleurae. *Insights Imaging*. 2014; 5(2): 253-279.

Lapas VSC, Faria AC, Rufino RL, Costa CHD. Translation and cultural adaptation of the Sleep Apnea Clinical Score for use in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2020; 46(5): e20190230.

Mafort TT, Rufino R, Costa CH, Lopes AJ. Obesity: systemic and pulmonary complications, biochemical abnormalities, and impairment of lung function. *Multidiscip Respir Med*. 2016; 11: 28.

Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Secretaria de Gestão Estratégica e Participativa. *Vigitel Brasil 2021: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico*. Disponível em <https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-svs/vigitel/vigitel-brasil-2021-estimativas-sobre-frequencia-e-distribuicao-sociodemografica-de-fatores-de-risco-e-protecao-para-doencas-cronicas/>

Mohammed MA, Anwar R, Mansour AH, Elmasry E, Othman G. Effects of intragastric balloon versus conservative therapy on appetite regulatory hormones in obese subjects. *Trends Med Res*. 2014; 9: 58-80.

Muller MR, Guimaraes S. Impactos do transtorno do sono sobre o funcionamento diário e qualidade de vida. *Estudos de Psicologia (Campinas)*. 2007; 24(4): 519-528.

Nelson CA, Wolk R, Somers VK. Sleep-disordered breathing: implications for the pathophysiology and management of cardiovascular disease. *Compr Ther*. 2005; 31(1): 212-217.

Nieben OG, Harboe H. Intragastric balloon as an artificial bezoar for treatment of obesity. *Lancet*. 1982; 1(8265): 198-199.

Olaguíbel JM, Alvarez-Puebla MJ, Anda M, Gómez B, García BE, Tabar AI, et al. Comparative analysis of the bronchodilator response measured by impulse oscillometry (IOS), spirometry and body plethysmography in asthmatic children. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2005;15(2):102-106.

Oostveen E, Boda K, Van Der Grinten CPM, James AL, Young S, Nieland H, et al. Respiratory impedance in healthy subjects: baseline values and bronchodilator response. *Eur Respir J*. 2013; 42(6): 1513-1523.

Parameswaran K, Todd DC, Soth M. Altered respiratory physiology in obesity. *Can Respir J*. 2006; 13(4): 203-210.

Pereira CAC, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol*. 2007; 33(4): 397-406.

Rebelo-Marques A, Vicente C, Valentim B, Agostinho M, Pereira R, Teixeira MF, Moita J. STOP-Bang questionnaire: the validation of a Portuguese version as a screening tool for obstructive sleep apnea (OSA) in primary care. *Sleep Breath*. 2018; 22(3): 757-765.

Rundo JV, Downey R 3rd. Polysomnography. *Handb Clin Neurol*. 2019; 160: 381-392.

Safaei M, Sundararajan EA, Driss M, Boulila W, Shapi'i A. A systematic literature review on obesity: Understanding the causes & consequences of obesity and reviewing various machine learning approaches used to predict obesity. *Comput Biol Med.* 2021; 136: 104754.

Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *Lancet* 2011; 378(9793): 804-814.

Williams EP, Mesidor M, Winters K, Dubbert PM, Wyatt SB. Overweight and obesity: prevalence, consequences and causes of a growing public health problem. *Curr Obes Rep.* 2015; 4(3): 363-370.

Apêndice 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PESQUISA

Elaborado a partir da Res. nº466 de 10/12/2012 do Conselho Nacional de Saúde

Breve justificativa e objetivos da pesquisa: O Sr (a) está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa **“ALTERAÇÕES NO SONO EM PACIENTES OBESOS E SUA ASSOCIAÇÃO COM DOENÇA DE PEQUENAS VIAS AÉREAS E ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR”**, na Policlínica Piquet Carneiro da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

O **objetivo principal** desta pesquisa é a investigação de possíveis alterações no sono e relacionar com doenças de pequenas vias aéreas e alterações na ultrassonografia pulmonar em indivíduos obesos. E isso será bom, pois poderemos saber se há relação entre possíveis patologias de pequenas vias aéreas e a qualidade do sono, e com isso poderemos trabalhar para proporcionar perda de peso, melhorar a qualidade do sono e consequentemente sua qualidade de vida.

Procedimentos: Caso deseje participar, o Sr (a) será submetido a uma avaliação física, anamnese com questionários relacionados ao seu sono, será submetido ao exame de polissonografia, que é um exame que avalia sua noite de sono, para isso será necessário o pernoite na unidade, será avaliado com ultrassonografia pulmonar, e por fim será avaliado sua função pulmonar com os exames complementares oscilometria de impulso e espirometria, que são exames simples, indolores e necessitam de mínimo esforço.

Potenciais riscos e benefícios: Poderão existir desconfortos e riscos como tonteira, palpitação, elevação ou diminuição da pressão arterial, cansaço, falta de ar, abertura dos pontos da cirurgia e chiado no peito. Caso isso aconteça o teste será interrompido imediatamente, e o Sr (a) fará repouso até voltar a normalidade, e caso seja necessário será encaminhado para avaliação e cuidados médicos pela equipe de plantão.

Garantia de sigilo, privacidade, anonimato e acesso: Sua privacidade será respeitada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma lhe identificar, serão mantidos em sigilo. Será garantido o anonimato e privacidade. Caso haja interesse, o senhor (a) terá acesso aos resultados.

Garantia de esclarecimento: É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como a garantia do seu livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências.

Garantia de responsabilidade e divulgação: Os resultados dos exames e dos dados da pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador, e esses resultados serão divulgados em meio científico sem citar qualquer forma que possa identificar o seu nome.

Garantia de ressarcimento de despesas: Você não terá despesas pessoais com avaliações ou exames complementares em qualquer fase do estudo, nem

compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal diretamente causado pelos procedimentos propostos neste estudo, terá direito a tratamento médico, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. No entanto, caso tenha qualquer despesa decorrente da participação na pesquisa, haverá ressarcimento mediante depósito em conta corrente ou cheque ou dinheiro. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente da sua participação no estudo, você será devidamente indenizado, conforme determina a lei.

Responsabilidade do pesquisador e da instituição: O pesquisador e a instituição proponente se responsabilizarão por qualquer dano pessoal ou moral referente à integridade física e ética que a pesquisa possa comportar.

Crítérios para suspender ou encerrar a pesquisa: O estudo será suspenso na ocorrência de qualquer falha metodológica ou técnica observada pelo pesquisador, cabendo ao mesmo a responsabilidade de informar a todos os participantes o motivo da suspensão. O estudo também será suspenso caso seja percebido qualquer risco ou danos à saúde dos sujeitos participantes, consequente à pesquisa, que não tenha sido previsto neste termo. Quando atingir a coleta de dados necessária a pesquisa será encerrada.

Demonstrativo de infraestrutura: A instituição onde será feito o estudo possui a infraestrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa com ambiente adequado.

Propriedade das informações geradas: Não há cláusula restritiva para a divulgação dos resultados da pesquisa, e que os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para comprovação do experimento. Os resultados serão submetidos à publicação, sendo favoráveis ou não às hipóteses do estudo.

Sobre a recusa em participar: Caso queira, o senhor (a) poderá se recusar a participar do estudo, ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar-se, não sofrendo qualquer prejuízo à assistência que recebe.

Contato do pesquisador responsável e do comitê de ética: Em qualquer etapa do estudo você poderá ter acesso ao profissional responsável, SIDNEY FERNANDES DA SILVA, que pode ser encontrada no telefone (21)99507-6951. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa: Av. Paris 84, Bonsucesso, Rio de Janeiro, RJ, (21) 3882-9797 ramal 2015, e-mail: comitedeetica@unisuam.edu.br.

Se este termo for suficientemente claro para lhe passar todas as informações sobre o estudo e se o senhor (a) compreender os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Você poderá declarar seu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente das propostas do estudo.

Rio de Janeiro, ____ de _____ de ____.

ASSINATURA

Apêndice 2 – Questionário de Avaliação Clínica

Questionário de Avaliação Clínica e Laboratorial

Identificação

Nome Completo:

Idade:

Sexo: () Masculino () Feminino

Raça: () Branca () Preta () Parda () Indígena () Amarela

Comorbidades

() Hipertensão Arterial Sistêmica

() Diabetes Melito

() Dislipidemia

() Doença Hepática Gordurosa Não Alcoólica

() Gota

() AVC prévio

() Síndrome de Ovários Policísticos

() Síndrome de Apneia e Hipopneia Obstrutiva do Sono

Apresentou quadro compatível com COVID confirmado? () Sim () Não

Vacinado para COVID? () Sim () Não

Fumante? () Sim () Não

Caso resposta “Sim”, quantos cigarros por dia e por quantos anos?

Caso tenha já tenha fumado, mas interrompeu, quando interrompeu, por quanto tempo fumou e quantos cigarros por dia fumou?

Medicamentos de Uso Regular

	NOME	DOSE	VIA	FREQUÊNCIA
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Dados Laboratoriais

Glicemia de Jejum:

Hemoglobina Glicada:

Insulina Basal:

HOMA – IR:

Colesterol Total:
LDL:
HDL:
Triglicerídeos:
PCR:
Hemograma Completo:
TGO:
TGP:
Bilirrubinas Totais:
Bilirrubina Direta:
Bilirrubina Indireta:
Albumina:
Ferro:
Ferritina:
Saturação da Transferrina:
Uréia:
Creatinina:
Ácido Úrico:

Dados Antropométricos

Peso: (kg)
Altura: (m)
IMC: (kg/m²)
Cintura Abdominal: (cm) aferida do ponto médio entre porção mais inferior do rebordo costal esquerdo até crista ilíaca anterossuperior esquerda
Quadril: (cm) aferida usando como referência anatômica os trocânteres maiores
RCQ:
Circunferência cervical (altura da cartilagem cricótireóidea)
P.A:
F.C:

Anexo 1 – Carta de Aprovação do CEP



HOSPITAL FEDERAL DE
BONSUCESSO - RJ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da segurança e da eficácia do tratamento por 6 meses com balão intragástrico sobre as medidas de fibrose hepática, parâmetros metabólicos, composição corporal, saúde óssea, saúde pulmonar e qualidade de vida de indivíduos obesos ou com sobrepeso, portadores de doença hepática gordurosa associada a disfunção metabólica

Pesquisador: EDUARDO MADEIRA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 65762122.3.0000.5253

Instituição Proponente: Hospital Federal de Bonsucesso - RJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.841.624

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas do arquivo Informações Básicas do Projeto

(PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2017244, de 04/12/2022) e/ou do Projeto Detalhado /

Brochura Investigador ("Avaliação da segurança e da eficácia do tratamento por 6 meses com balão intragástrico sobre as medidas de fibrose hepática, parâmetros metabólicos, composição corporal, saúde óssea, pulmonar e qualidade de vida de indivíduos obesos ou com sobrepeso, portadores de doença hepática gordurosa associada a disfunção metabólica, de 04/12/2022).

Estudo que selecionará 30 pacientes de ambos os sexos, entre 18 e 65 anos, com IMC entre 30 a 40 Kg/m² e portadores de MAFLD (Doença hepática gordurosa associada a disfunção metabólica) para serem submetidos a colocação balão intragástrico e avaliar alteração de estágio de fibrose por biópsia hepática via

Endereço: Av. Londres, 616, Prédio 5 - 5º andar

Bairro: Bonsucesso

CEP: 21.041-030

UF: RJ

Município: RIO DE JANEIRO

Telefone: (21)3977-9833

E-mail: cephgbrj@gmail.com

Anexo 2 – Escala de Sonolência de Epworth

Escala de sonolência de EPWORTH (ESS-BR)

Nome: _____

Data: _____ Idade (anos) _____

Qual a probabilidade de você cochilar ou dormir, e não apenas se sentir cansado, nas seguintes situações? Considere o modo de vida que você tem levado recentemente. Mesmo que você não tenha feito algumas das coisas recentemente, tente imaginar como elas o afetariam. Escolha o número mais apropriado para responder cada questão.

0 = nunca cochilaria

1 = pequena probabilidade de cochilar

2 = probabilidade média de cochilar

3 = grande probabilidade de cochilar

Situação	Probabilidade de cochilar		
Sentado e lendo	0	1	2
Assistindo TV	0	1	2
Sentado, quieto, em um lugar público (por exemplo, em um teatro, reunião ou palestra)	0	1	2
Andando de carro por uma hora sem parar, como passageiro	0	1	2
Sentado quieto após o almoço sem bebida de álcool	0	1	2
Em um carro parado no trânsito por alguns minutos	0	1	2

Obrigado por sua cooperação

Anexo 3 – Questionário STOP-Bang

Peso: _____ kg **Altura:** _____ m

Idade: _____ anos **Perímetro Cervical:** _____ cm

Sexo: Homem / Mulher

1. **Ronco:** ressona alto (mais alto do que a conversar ou suficientemente alto para se ouvir através de portas fechadas)?

Sim _____ Não _____

2. **Cansado:** sente-se com frequência cansado, fadigado ou sonolento durante o dia?

Sim _____ Não _____

3. **Observado:** já alguém o viu a parar de respirar durante o sono?

Sim _____ Não _____

4. **Pressão arterial:** tem a tensão arterial alta ou faz tratamento para a hipertensão?

Sim _____ Não _____

5. **IMC:** IMC superior a 35 kg/m²?

Sim _____ Não _____

6. **Idade:** Idade superior a 50 anos?

Sim _____ Não _____

7. **Perímetro cervical:** Perímetro cervical superior a 40 cm?

Sim _____ Não _____

8. **Sexo:** Homem?

Sim _____ Não _____

Pontuação do questionário STOP-Bang:

Alto risco para SAOS — responde “sim” a 3 ou mais itens. **Baixo risco para SAOS** — responde “sim” a menos de 3 itens.

Anexo 4 – Escore Clínico de Apneia do Sono

Escore clínico da Apneia do Sono (SACS-BR)

Por favor, responda às seguintes questões:

1. Você tem pressão alta ou toma remédio para controlar a pressão?

() Sim () Não

2. "Pessoas que dividem ou que dividiram o quarto comigo, dizem que eu ronco". Por favor, escolha qual a melhor resposta para esta afirmativa:

() Nunca () Frequentemente (1-2 vezes/semana)
 () Raramente (1-2 vezes/ano) () Quase sempre (3-5 vezes/semana)
 () Ocasionalmente (4-8 vezes/ano) () Sempre (todos os dias)
 () Algumas vezes (1-2 vezes/mês) () Não sei dizer se ronco

3. "Já me disseram que engasgo, paro de respirar ou suspiro enquanto durmo". Por favor, escolha qual a melhor resposta para esta afirmativa:

() Nunca () Frequentemente (1-2 vezes/semana)
 () Raramente (1-2 vezes/ano) () Quase sempre (3-5 vezes/semana)
 () Ocasionalmente (4-8 vezes/ano) () Sempre (todos os dias)
 () Algumas vezes (1-2 vezes/mês) () Não sei dizer se tenho esses sintomas

Pergunta 1: se respondido sim, considerar que o paciente tem hipertensão arterial sistêmica (HAS).

Características clínicas: Assinalar se nenhuma, uma ou se as duas respostas abaixo foram positivas.

Pergunta 2: considerar positiva se assinaladas as opções "quase sempre" ou "sempre".

Pergunta 3: considerar positiva se assinaladas as opções "frequentemente", "quase sempre" ou "sempre".

Medir a circunferência de pescoço (CP) e marcar na tabela abaixo o escore apropriado.

Resultado ≥ 15 indica alta probabilidade de síndrome de apneia obstrutiva do sono (SAOS)

PREVISÃO de SAOS (circule a pontuação do paciente)						
	Sem HAS			Com HAS		
	Características clínicas			Características clínicas		
CP (cm)	Nenhuma	Uma	Ambas	Nenhuma	Uma	Ambas
< 30	0	0	1	0	1	2
30/31	0	0	1	1	2	4
32/33	0	1	2	1	3	5
34/35	1	2	3	2	4	8
36/37	1	3	5	4	6	11
38/39	2	4	7	5	9	16
40/41	3	6	10	8	13	22
42/43	5	8	14	11	18	30
44/45	7	12	20	15	25	42
46/47	10	16	28	21	35	58
48/49	14	23	38	29	48	80
> 49	19	32	53	40	66	110

Anexo 5 – Comprovante de Submissão do Manuscrito

Confirm co-authorship of submission to **Obesity Medicine** Caixa de entrada x

**Obesity Medicine** <em@editorialmanager.com>
para mim ▾

sáb., 6 de jan., 15:08 (há 13 dias) ☆ ☹ ↶ ⋮

This is an automated message.

Journal: **Obesity Medicine**
Title: Correlations between sleep disorders, lung mechanics, and thoracic ultrasound signals in adults with **obesity**
Corresponding Author: Dr. Agnaldo Lopes
Co-Authors: Sidney Fernandes da Silva, MsC; Carlos Eduardo Santos, MsC; Iasmim Maria Pereira Pinto Fonseca; Wellington de Oliveira Pereira
Manuscript Number: OBMED-D-24-00006

Dear Sidney Fernandes da Silva,

The corresponding author Dr. Agnaldo Lopes has listed you as a contributing author of the following submission via Elsevier's online submission system for **Obesity Medicine**.

Submission Title: Correlations between sleep disorders, lung mechanics, and thoracic ultrasound signals in adults with **obesity**

Elsevier asks all authors to verify their co-authorship by confirming agreement to publish this article if it is accepted for publication.

Please read the following statement and confirm your agreement by clicking on this link: [Yes, I am affiliated](#).

I irrevocably authorize and grant my full consent to the corresponding author of the manuscript to: (1) enter into an exclusive publishing agreement with Elsevier on my behalf (or, if the article is to be published under a CC BY license, a non-exclusive publishing agreement), in the relevant form set out at www.elsevier.com/copyright; and (2) unless I am a US government employee, to transfer my copyright or grant an exclusive license of rights (or for CC BY articles a non-exclusive license of rights) to Elsevier as part of that publishing agreement, effective on acceptance of the article for publication. If the article is a work made for hire, I am authorized to confirm this on behalf of my employer. I agree that the copyright status selected by the corresponding author for the article if it is accepted for publication shall apply and that this agreement is subject to the governing law of the country in which the journal owner is located.

If you did not co-author this submission, please contact the corresponding author directly at agnaldolopes.uerj@gmail.com.

Thank you,
Obesity Medicine