



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Faculdade de Ciências Médicas

Gustavo Périssé Moreira Veras

**Teste da apneia inspiratória e expiratória para triagem de doenças
pulmonares**

Rio de Janeiro

2024

Gustavo Périssé Moreira Veras

Teste da apneia inspiratória e expiratória para triagem de doenças pulmonares

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Rufino Alves

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Prudente Bartholo

Rio de Janeiro

2024

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB-A

V476 Veras, Gustavo Périssé Moreira.
Teste da apneia inspiratória e expiratória para triagem de doenças pulmonares /
Gustavo Périssé Moreira Veras – 2024
65f.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Rufino Alves
Coorientador: Prof. Dr. Thiago Prudente Bártholo

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade
de Ciências Médicas. Pós-graduação em Ciências Médicas.

1. Apneia - Teses. 2. Espirometria - Teses. 3. Teste de função respiratória - Teses.
4. Doença pulmonar obstrutiva crônica - Teses. I. Alves, Rogério Lopes Rufino. II.
Bártholo, Thiago Prudente. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade
de Ciências Médicas. IV. Título.

CDU 616.24

Bibliotecária: Ana Rachel Fonseca de Oliveira
CRB7/6382

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Gustavo Périssé Moreira Veras

Teste da apneia inspiratória e expiratória para triagem de doenças pulmonares

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 31 de outubro de 2024.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Rufino Alves
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Coorientador: Prof. Dr. Thiago Prudente Bártholo
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Banca Examinadora: _____
Prof.^a Dra. Cláudia Henrique da Costa
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Prof. Dr. Eduardo Haruo Saito
Faculdade de Ciências Médicas – UERJ

Prof. Dr. Marcos César Santos de Castro
Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro

2024

DEDICATÓRIA

A Deus, que me permite ter vontade, força e esperança para vencer todos os obstáculos que possam surgir no meu caminho. À Medicina, que abracei desde que me dei por gente, como objetivo, ambição e realização. Aos meus pais, que, professores como são, sempre valorizaram o estudo sem nunca perder o carinho e o amor. Aos meus amigos, pelo apoio e exemplo que sempre foram. À Claudia, amor da minha vida, que permitiu trocar horas de companhia por uma tela de computador. Aos meus filhos, Vinícius e Amanda, que são simplesmente tudo para mim. Aos pacientes, que me permitem fazer jus ao meu juramento de médico, amparando os necessitados, levantando os caídos e confortando os corações sofridos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rogério Lopes Rufino Alves, que trocou dias e noites de convívio com a família para me ajudar, orientar e ser um amigo, ensinando sem restrições como me tornar um verdadeiro Mestre.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Thiago Prudente Bartholo, que, mesmo passando por problemas de saúde, não me abandonou ou esqueceu.

À incansável Cinara Fronten de Souza e a todos os profissionais da Policlínica Universitária Piquet Carneiro (PPC), que foram essenciais na realização dos exames para tornar possível essa Dissertação.

O cientista não é o homem que fornece as verdadeiras respostas; é quem faz as verdadeiras perguntas.

Claude Lévi-Strauss

RESUMO

VERAS, Gustavo Périssé Moreira. *Teste da apneia inspiratória e expiratória para triagem de doenças pulmonares*. 2024. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Introdução: o teste voluntário de apneia (TA) é um exame simples e rápido que consiste em medir a duração da apneia inspiratória e expiratória. Ele é clinicamente útil e pode auxiliar na triagem diagnóstica na atenção primária à saúde. A literatura não apresenta nenhuma correlação entre o TA e os distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos e que poderiam auxiliar como método diagnóstico alternativo de rastreamento populacional. O objetivo é determinar o valor do Tempo de Apneia Voluntária Inspiratória Máxima (TAVIM) e o Tempo de Apneia Voluntária Expiratória Máxima (TAVEM) e correlacionar com os parâmetros espirométricos CVF, VEF₁, CVF/VEF₁, FEF_{25-75%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}, TEF_{25-75%}, FEF_{max} e VVM. **Métodos:** este estudo descrito e transversal selecionou os participantes em grupos anormais (defeitos ventilatórios obstrutivos ou restritivos na espirometria) e normais (espirometria nos limites da normalidade). Valores de TAVIM e TAVEM foram avaliados usando a área sob a curva ROC (receiver operating characteristic) quanto à sua confiabilidade na predição de resultados espirométricos normais e anormais. **Resultados:** o estudo incluiu 293 participantes, 178 indivíduos com espirometrias normais e 115 com distúrbios ventilatórios. O TAVIM e o TAVEM obtiveram valores menores para o grupo anormal inspiratório e expiratório, respectivamente: 29,32s (IC 95%: 25,99–32,35s) e 20,40s (IC 95%: 18,66–22,88s) em relação ao grupo normal inspiratório e expiratório, respectivamente: 47,55s (IC 95% 43,93–51,87s) e 28,53s (IC 95%: 26,74–30,63s). Para identificar a predição de espirometria normal, o valor de TAVIM deveria ser $\geq 45,49$ s com sensibilidade de 90,43% e especificidade de 55,06%. Para o TAVEM, o valor seria $\geq 32,86$ s com sensibilidade e especificidade 90,43% e 33,71%. Os TA apresentaram fraca correlação com a CVF, VEF₁, VEF₁/CVF, FEF_{max} e VVM. **Conclusão:** o TA é um método à beira do leito, de baixo custo e seguro para avaliar a ventilação pulmonar; como uma abordagem inovadora para um teste há muito conhecido, fornece uma avaliação funcional útil independente da espirometria e pode ser empregado para triagem populacional de distúrbios ventilatórios na atenção primária.

Palavras-chave: apneia; teste voluntário de apneia; espirometria; teste de função respiratória; doença pulmonar obstrutiva crônica.

ABSTRACT

VERAS, Gustavo Périssé Moreira. *Maximal voluntary breath-holding time as a new screening method for pulmonary ventilatory disorders*. 2024. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) – Faculdade de Ciências Médicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

Introduction: the voluntary apnea test (AT) is a simple and rapid test that consists of measuring the duration of inspiratory and expiratory apnea. It is clinically useful and can help in diagnostic screening in primary health care. The actual literature does not present any correlation between AT and obstructive and restrictive ventilatory disorders, and that it could help as an alternative diagnostic method for population screening. The objective is to determine the value of the Maximum Inspiratory Voluntary Apnea Time (MAVIT) and the Maximum Expiratory Voluntary Apnea Time (MIVAT) and correlate them with the spirometric parameters FVC, FEV₁, FVC/FEV₁, FEF_{25-75%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}, TEF_{25-75%}, FEF_{max} and MVV. **Methods:** this described and cross-sectional study selected participants into abnormal groups (obstructive or restrictive ventilatory defects in spirometry) and normal groups (spirometry within normal limits). MIVAT and MEVAT values were evaluated using the area under the ROC (receiver operating characteristic) curve regarding their reliability in predicting normal and abnormal spirometric results. **Results:** the study included 293 participants, 178 individuals with normal spirometry and 115 with ventilatory disorders. MIVAT and MEVAT obtained lower values for the abnormal inspiratory and expiratory groups, respectively: 29.32s (95% CI: 25.99–32.35s) and 20.40s (95% CI: 18.66–22.88s) in relation to the normal inspiratory, and in expiratory groups, respectively: 47.55s (95% CI 43.93–51.87s) and 28.53s (95% CI: 26.74–30.63s). To identify the prediction of normal spirometry, the MIVAT value should be >45.49s with sensitivity of 90.43% and specificity of 55.06%. In addition, METAV showed that the value ≥32.86s had sensitivity and specificity of 90.43% and 33.71%. AT showed weak correlation with FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, FEF_{max} and MVV. **Conclusion:** AT is a bedside, low-cost and safe method to assess pulmonary ventilation; as an innovative approach to a long-known test, it provides a useful functional assessment independent of spirometry and can be used for population screening of ventilatory disorders in primary care.

Keywords: breath holding; voluntary breath-holding test; spirometry; respiratory function test; chronic obstructive lung disease.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Respiração normal: alteração das pressões.....	21
Figura 2 – Anatomia do diafragma.....	22
Figura 3 – Controle da Respiração.....	24
Figura 4 – Volumes e capacidades pulmonares.....	27
Figura 5 – Ponto de igual pressão.....	29
Figura 6 – Espirometria e o LIN.....	33
Figura 7 – Zona de incerteza.....	34
Figura 8 – Algoritmo da espirometria.....	36
Figura 9 – Algoritmo da <i>ATS/ER</i>	37
Figura 10 – TAVIM.....	42
Figura 11 – TAVEM.....	42
Figura 12 – Fluxograma.....	44
Figura 13 – Distribuição etária.....	48
Figura 14 – TAVIM – curva ROC.....	50
Figura 15 – TAVEM – curva ROC.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados dos indivíduos.....	45
Tabela 2 – Sinais vitais.....	46
Tabela 3 – Dados do grupo anormal.....	47
Tabela 4 – TAVIM e TAVEM por sexo.....	47
Tabela 5 – Valores dos TAVIM e TAVEM.....	49
Tabela 6 – TA x espirometria.....	49
Tabela 7 – Intercorrências no TA.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
ASC	Área sob a Curva
ATS/ERS	<i>American Thoracic Society/European Respiratory Society</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CO ₂	Dióxido de Carbono
CPP	Complicações Pulmonares Pós-Operatórias
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CT	Carga Tabágica
CV	Capacidade Vital
CVF	Capacidade Vital Forçada
DP	Desvio Padrão
DPO	Baixa Percepção de Dispneia
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
DVI	Distúrbio Ventilatório Inespecífico
DVM	Distúrbio Ventilatório Misto
DVO	Distúrbio Ventilatório Obstrutivo
DVP	Disfunção Ventilatória Pulmonar
DVR	Distúrbio Ventilatório Restritivo
FEF _{25-75%}	Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75% da curva de CVF
FEF _{50%}	Fluxo Expiratório Forçado em 50% da CVF
FEF _{75%}	Fluxo Expiratório Forçado em 75% da CVF
FEF _{max}	Fluxo Expiratório Forçado Máximo
FC	Fibrose Cística
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
GLI	<i>Global Lung Function Initiative</i>
GOLD	<i>Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease</i>
HUPE	Hospital Universitário Pedro Ernesto
IIQ	Intervalo Interquartil

IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LIN	Limite Inferior da Normalidade
MS	Ministério da Saúde do Brasil
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
O ₂	Oxigênio
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMS	Organização Mundial da Saúde
PA	Pressão Arterial
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PaCO ₂	Pressão Arterial de CO ₂
PaO ₂	Pressão Arterial de O ₂
PIB	Produto Interno Bruto
PIP	Ponto de Igual Pressão
PPC	Policlínica Universitária Piquet Carneiro
Pulso	Frequência de Pulso
ROC	Característica de Operação do Receptor
SAOS	Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
SNPS	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervoso Simpático
SpO ₂	Saturação Periférica de O ₂
SUS	Serviço Único de Saúde
TA	Teste da Apneia
TAVEM	Teste de Apneia Voluntária Expiratória Máxima
TAVIM	Teste de Apneia Voluntária Inspiratória Máxima
TC6	Teste de Caminhada de 6 minutos
TD	Teste do Degrau
TEF _{25-75%}	Tempo Expiratório Forçado entre 25 e 75% da CVF
TempA	Variação do Tempo de Apneia
TFP	Teste de Função Pulmonar

UERJ	Universidade do Estado do Rio de Janeiro
VEF ₁	Volume Expiratório Final no Primeiro Segundo
VO _{2max}	Consumo de oxigênio máximo
VVM	Ventilação Voluntária Máxima
$\Delta P^{\text{alv-boca}}$	Diferença entre Pressão Alveolar e na Boca

LISTA DE SÍMBOLOS

- % Porcentagem
- > Maior
- < Menor
- Δ Delta ou diferença

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1 JUSTIFICATIVA	38
2 OBJETIVOS	39
2.1 Objetivo principal	39
2.2 Objetivos secundários	39
3 MÉTODOS	40
4 RESULTADOS	44
5 DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXO A – Aprovação pela Comissão de Ética	59
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	63

INTRODUÇÃO

Saúde e Economia

Os gastos com prevenção a enfermidades, manutenção e recuperação da saúde, e readaptação dos indivíduos em convalescência têm aumentado mais rapidamente do que a economia global [1]. Segundo o relatório sobre gastos globais da Organização Mundial da Saúde (OMS), divulgado em fevereiro de 2019, os custos com saúde representavam 10% do PIB global. De acordo com a OMS, os governos subsidiam, em média, 51% dos gastos com saúde de um país.

Os componentes móveis do crescimento do gasto em saúde incluem fatores como os custos, a tecnologia e a produtividade [2]. Outros fatores de grande influência são a institucionalidade do setor da saúde (ou seja, a relação entre estado e mercado, tanto na regulação como na provisão), os interesses dos provedores (médicos e trabalhadores da saúde e os setores privado e filantrópico) e as escolhas políticas, especialmente no balanço entre o volume do gasto público, as fontes de financiamento e o peso dado à equidade no consumo de serviços de saúde [2].

Um estudo realizado em parceria pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e Ministério da Saúde do Brasil (MS) demonstrou o perfil de gasto com saúde no Brasil, segundo padrões adotados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pela OMS [3]. De acordo com os dados, no período de 2015 a 2019, o valor do gasto público com saúde aumentou de R\$ 231,5 bilhões para R\$ 290,4 bilhões, o que representou um crescimento nominal de 25,5%, correspondendo a 3,9% do PIB brasileiro.

As despesas com prevenção, promoção e vigilância em saúde são, em sua maior parte, financiadas por regimes de financiamento governamentais – notadamente o Sistema Único de Saúde (SUS – 89,6%). O SUS possui a maior plataforma mundial de vigilância em saúde e de prevenção, incluindo vacinas, e responde pelo acesso à saúde como via exclusiva para uma parcela expressiva da população [3]. O SUS é o único sistema público de cobertura universal e integral, financiado com tributos gerais, de organização federativa e com mais de 100 milhões de beneficiários [2]. Os outros países com sistemas de saúde semelhantes, como Reino Unido, Canadá e Suécia, têm a participação pública como predominante na oferta de bens e serviços

de assistência à saúde. O gasto público responde, nesses três países, por entre 70 e 85% do gasto em saúde. Os sistemas de saúde baseados no esquema público de financiamento por meio de seguro social compulsório exibem, também, elevados percentuais de gasto público.

A despeito do arcabouço legal e institucional do Sistema de Saúde Público nacional, o investimento público brasileiro é inferior ao investimento privado via planos e realizado diretamente pelas famílias. Isso não é observado em países de renda alta e de renda média alta, nem mesmo nos Estados Unidos e no México.

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC)

A DPOC caracteriza-se pela limitação crônica ao fluxo aéreo, não totalmente reversível, associada a uma resposta inflamatória anormal à inalação de partículas ou gases nocivos [4]. Do ponto de vista da fisiopatologia, a obstrução crônica ao fluxo aéreo na DPOC ocorre devido a uma associação de inflamação nas pequenas vias aéreas (bronquiolite respiratória) e destruição parenquimatosa (enfisema). A contribuição relativa de cada fator varia de pessoa para pessoa. No Brasil, a DPOC é a quinta causa de morte entre todas as idades, e, nas últimas décadas, foi a quinta maior causa de internação no Sistema Único de Saúde entre pacientes com mais de 40 anos, correspondendo a cerca de 200.000 hospitalizações e orçamento anual aproximado de 72 milhões de reais [4].

O equipamento para realização da espirometria, um exame necessário ao diagnóstico da DPOC, tem o custo aproximado de aquisição na faixa de 6500 a 10000 reais [5]. Além disso, há a necessidade de profissional técnico habilitado para realizar o exame, local para essa destinação, bem como médico especialista para laudar, seja presencial, seja por telemedicina.

Testes de Função Respiratória ou Pulmonar (TFP)

Os TFPs refletem as propriedades fisiológicas dos pulmões (mecanismos de fluxo aéreo, volumes e transferência de gases). Esses testes têm sido usados por décadas, ajudando no diagnóstico de doenças pulmonares, na elucidação da dispneia e na monitorização da

progressão da doença e sua resposta ao tratamento. Além disso, TFPs têm sido empregados em estudos populacionais de associação entre exposição e saúde pulmonar [6].

Os TFPs podem ser divididos em testes dinâmicos ou estáticos. Os testes dinâmicos dependem de contração de grandes grupos musculares com deslocamento de parte considerável da massa corpórea ou toda ela, sendo influenciado pela capacidade osteoarticular e de deambulação dos indivíduos. Os testes estáticos, por sua vez, dependem de menos músculos, especificamente os respiratórios, podendo ser realizados em pacientes sentados [6].

Todos os testes dinâmicos de avaliação de aptidão física, como o Teste da Esteira e o Teste da caminhada de seis minutos (TC6), baseiam-se em participação ativa do paciente, com realização de atividade aeróbica, influenciada diretamente pela aptidão física, integridade do sistema osteoarticular, presença de dor que impediria a realização dos testes e comorbidades que diretamente inviabilizariam a realização dos exames, como infarto do miocárdio prévio, doenças degenerativas e sequelas neurológicas motoras [6].

A espirometria exige, por sua vez, maquinaria adequada, bem como participação ativa do paciente, sendo exaustiva e de difícil compreensão por muitos pacientes.

Teste da Apneia (TA)

O clássico experimento de Valsalva, em 1740, mostrou o efeito marcante e facilmente reconhecível da expiração forçada sustentada no batimento de pulso e, portanto, na eficiência cardíaca, quando as vias respiratórias são fechadas à força [7]. Cem anos depois, em 1838, Johannes Mueller, de Berlim, acrescentou os efeitos sobre o pulso na inspiração forçada em condições semelhantes. Esses dois experimentos indicaram desde cedo a íntima relação do mecanismo cardiorrespiratório na saúde e na doença.

Em 1914, Stange, de Petrogrado, recomendou o chamado teste respiratório como a melhor indicação da condição cardíaca do paciente para suportar a operação sob anestesia geral [7]. Stange descobriu que pessoas saudáveis em média podiam prender a respiração por 45 a 50 segundos, enquanto pacientes com músculos cardíacos fracos podiam fazê-lo apenas por 10 a 20 segundos.

O TA representa, em sua análise final, a resposta do corpo ao equilíbrio oxigênio-dióxido de carbono no ar alveolar, sangue e tecidos sob toda e qualquer condição de saúde e doença [7].

O TA é, então, um exame estático, não invasivo, de baixo custo e de fácil reprodutibilidade, realizado à beira do leito, que pode auxiliar os outros TFP no diagnóstico de doenças pulmonares obstrutivas e restritivas. O TA pode também ser útil no reconhecimento de indivíduos com potencial para ter anormalidades pulmonares graves no futuro e promover intervenções comportamentais mais efetivas [8].

Ato Respiratório

A ventilação traz o oxigênio necessário à respiração celular e elimina o gás carbônico resultante. Se o fornecimento de oxigênio não supre a demanda, as células hipóxicas reverterem para o metabolismo anaeróbico, resultando em acidose láctica. A necessidade de O₂ depende da atividade metabólica, mas em um indivíduo em repouso varia de 3 a 4mL O₂/kg/min. O CO₂ é gerado numa taxa dependente do quociente respiratório R, que é a razão entre o CO₂ produzido por minuto e o O₂ consumido nesse intervalo de tempo, variando de acordo com a fonte de energia utilizada (carboidratos, proteínas, gorduras). O R encontra-se em geral entre 1,0 (gestação ou em uso de nutrição parenteral total) e 0,8 (população em geral) [9].

O ser humano tem controle muscular voluntário sobre a respiração, mas não pode parar de respirar. O aumento da tensão de CO₂ no bulbo faz com que neurônios CO₂-sensíveis estimulem a respiração para manter a pressão arterial parcial de CO₂ (PaCO₂) perto dos 40 mmHg (variando de 30mmHg em gestantes a 45 mmHg, durante o sono fisiológico). Assim, a ventilação e a PaCO₂ mantêm uma relação linear. A PaCO₂ elevada em algumas doenças faz com que o centro respiratório fique continuamente fadigado, deixando a hipoxemia conduzir a ventilação, através de quimiorreceptores periféricos nos corpos carotídeo e aórtico, estimulados em níveis de Pressão Arterial de O₂ (PaO₂) menores que 60 mmHg. Os centros medulares controlam a PaCO₂ alterando a ventilação-minuto (produto do volume corrente pela frequência respiratória). O quanto esses parâmetros mudam o volume-minuto depende do trabalho da respiração, o que requer energia [9].

Controle Dos Pulmões

O equilíbrio (ou tônus) do músculo liso brônquico e arteriolar dos pulmões é controlado pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA), que regula as funções vitais involuntárias, como o músculo liso, cardíaco e glândulas, e divide-se em dois tipos: Sistema Nervoso Simpático (SNS), que relaxa a musculatura lisa brônquica; e o Sistema Nervoso Parassimpático (SNPS), que contrai essa musculatura [10].

Quando o SNS é ativado, transmissores neuronais, como epinefrina e norepinefrina, são liberados, ativando receptores β_2 na musculatura lisa brônquica, causando relaxamento da musculatura das vias aéreas. Esses neurotransmissores ativam também receptores α na musculatura lisa das arteríolas e levam à constrição do sistema vascular pulmonar. Quando o SNPS, por sua vez, é ativado, a acetilcolina é liberada, causando constrição da musculatura lisa brônquica [10].

A inatividade do SNS ou do SNPS permite que a ação do outro domine a resposta da musculatura lisa brônquica [10].

Músculos Da Respiração

O diafragma é o principal músculo da respiração [10]. É uma partição músculo-fibrosa em forma de cúpula, localizada entre a cavidade torácica e a abdominal. Embora o diafragma seja um músculo, ele possui dois hemidiafragmas, direito e esquerdo. Suas inserções são nas vértebras lombares, rebordo costal e apêndice xifoide, e se fundem na linha média em uma ampla folha conectiva chamada tendão central. O diafragma é perfurado pelo esôfago, aorta, vários nervos e a veia cava inferior.

Ramos terminais dos nervos frênicos, que saem da medula espinhal entre o terceiro e o quinto segmentos cervicais, suprem a inervação motora primária de cada hemidiafragma. Os nervos torácicos inferiores também contribuem para a inervação motora de cada hemidiafragma. Quando estimulado a contrair, o diafragma se move para baixo e as costelas inferiores se movem para cima e para fora. Essa ação aumenta o volume da cavidade torácica que, por sua vez, diminui as pressões intrapleurais e intra-alveolares na cavidade torácica. Como

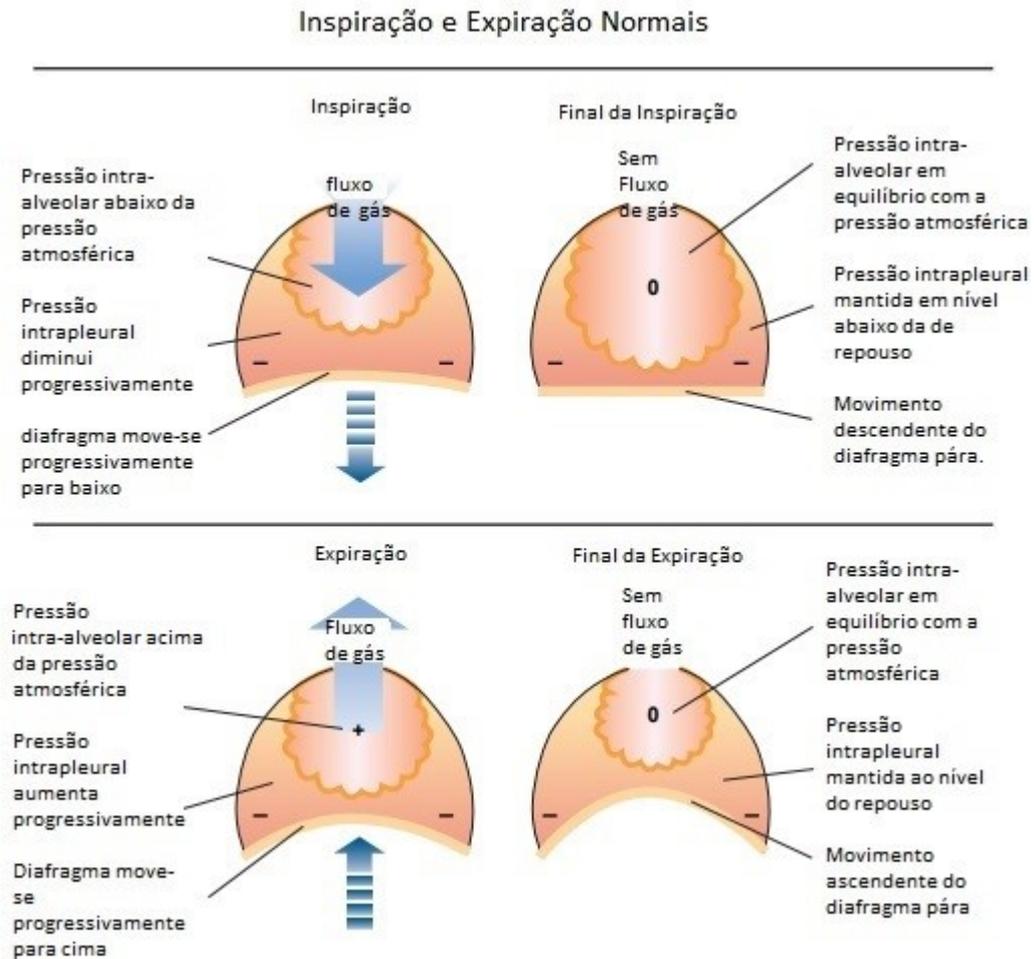
resultado, o gás da atmosfera flui para os pulmões [10]. Durante a expiração, o diafragma relaxa e se move para cima na cavidade torácica. Essa ação aumenta as pressões intra-alveolar e intrapleural, fazendo com que o gás flua para fora dos pulmões [10] (**Figura 1**).

O diafragma sozinho pode gerenciar a tarefa de mover o gás para dentro e para fora dos pulmões, durante a ventilação normal em uma pessoa saudável (**Figura 2**). No entanto, durante o exercício vigoroso e os estágios avançados da DPOC, os músculos acessórios de inspiração e expiração são ativados para auxiliar o diafragma [10].

Os músculos acessórios da inspiração são aqueles músculos que são recrutados para auxiliar o diafragma na criação de uma pressão subatmosférica nos pulmões para permitir uma inspiração adequada. Os principais músculos acessórios da inspiração são os músculos escalenos, esternocleidomastoideos, peitorais maiores, trapézios e intercostais externos [10].

Os músculos acessórios da expiração são os músculos recrutados para auxiliar na expiração quando a resistência das vias aéreas se torna significativamente elevada. Quando esses músculos se contraem, eles aumentam a pressão intrapleural e compensam o aumento da resistência das vias aéreas. Os principais músculos acessórios da expiração são os músculos retos abdominais, oblíquos internos, transversos e intercostais internos [10].

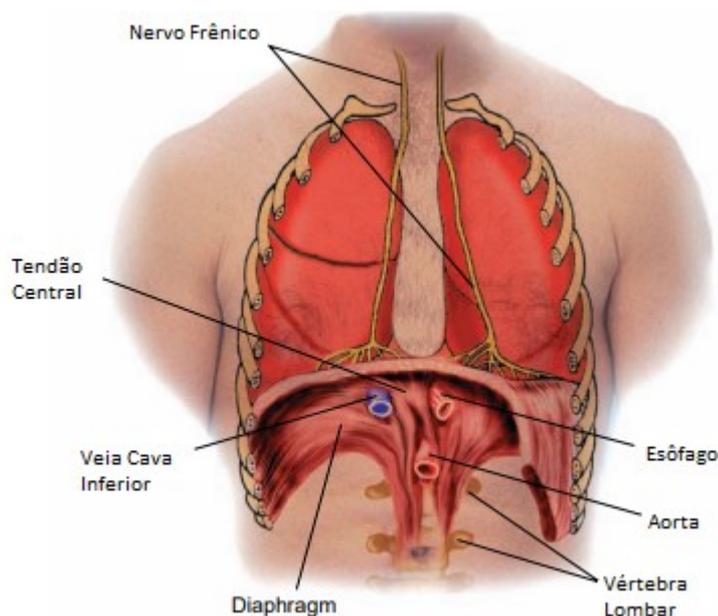
Figura 1 - Alterações das pressões intrapleurais e intra-alveolares durante respiração normal



Fonte: Modificado de Des Jardins T. *Cardiopulmonary Anatomy & Physiology Essentials for Respiratory Care* Fifth Edition. Clifton Park: Delmar Cengage Learning, 2013:7-179 [10].

Aferentes frênicos (via nervo Vago) podem modular a atividade diafragmática, tendo alguns deles receptores no diafragma com estímulo induzido por quimiorreceptores (potássio, ácido láctico, capsáina, fenil-diguanina, asfixia ou fadiga). A geração de *feedback* aferente causa a sensação de desconforto no caso de uma apneia prolongada. Porém, o principal centro de integração dos vários estímulos é o ritmo respiratório involuntário do tronco cerebral que influencia mais a arritmia sinusal respiratória em humanos do que a inflação rítmica do tórax ou a pressão intratorácica negativa [11].

Figura 2 - Anatomia do Diafragma



Fonte: Modificado de Des Jardins T. *Cardiopulmonary Anatomy & Physiology Essentials for Respiratory Care* Fifth Edition. Clifton Park: Delmar Cengage Learning, 2013:7-179 [10].

Apneia

A apneia é definida como uma cessação temporária das trocas gasosas entre os pulmões e a atmosfera. Na apneia, há um período sem sensação respiratória e sem atividade eletromiográfica dos músculos respiratórios após o início da apneia voluntária na capacidade residual funcional (CRF). O período entre o início da apneia e o início da sensação de dispneia pode ser considerada uma “fase de conforto”. Após alguns segundos, a sensação de dispneia (desconfortável consciência da dificuldade de respirar) começa a aparecer e progressivamente aumenta até o ponto final da apneia voluntária (*breaking point*), constituindo a “fase de luta” [12]. Assim, há dois períodos distintos na apneia voluntária. O primeiro representa a fase de conforto, geralmente 20-30 segundos iniciais, e o segundo, a fase de luta, em que são notados os primeiros pulsos eletromiográficos do diafragma [13] com uma desagradável sensação de dispneia que aumenta até o *breaking point* [14].

O *breaking point* ocorre quando a urgência da respiração excede a vontade de segurar a respiração, dependendo de vários fatores como fatores mecânicos (volumes pulmonares), fatores químicos (hipóxia e hipercapnia), fatores não-químicos (contrações musculares

diafragmáticas involuntárias), fatores psicológicos (motivação, competição, *stress*) e vários fatores extrínsecos (treinamento físico e exercícios musculares) [15].

O tempo de apneia vai do início em que se prende espontaneamente a respiração até o *breaking-point*, quando reinicia a respiração. A expiração em apneia é essencialmente um processo de recuo passivo, porém a apneia voluntária inspiratória é diferente, porque num grande volume de inflação mantido voluntariamente pode haver contribuição de músculos voluntários para manter o tórax aberto contra a força de recuo, não explicado somente pelo fechamento da glote e das vias aéreas [11].

Trabalhos com o tempo de apneia em animais não são realizados, pois o controle voluntário da respiração nesses seres não permite manter a apneia por mais de 5s [15].

O TA encontra-se aumentado em mergulhadores após inspiração de O₂ e reduzido após exercícios, mostrando relação recíproca com o consumo de oxigênio [15]. Utilizando uma medida bioquímica sanguínea representativa de atividade aeróbica, como o lactato, verifica-se que o aumento deste é superior a 3,5mmol/L, em pessoas saudáveis, e 4,0mmol/L, em mergulhadores. Estes últimos podem apresentar também valores de PaO₂<30mmHg e PaCO₂>50mmHg [12].

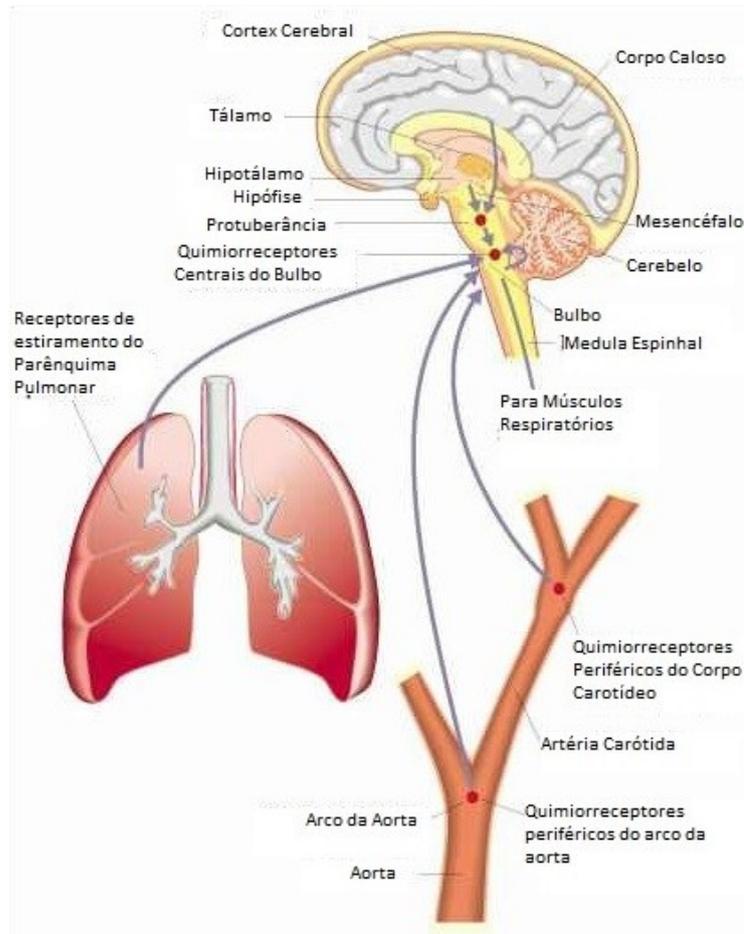
O volume pulmonar tende a diminuir gradualmente entre 200-500 ml/min durante o tempo de apneia, devido à falha na remoção de CO₂ do alvéolo, por falta de troca gasosa com a atmosfera, que abole o gradiente de pressão parcial do CO₂ entre o sangue e os alvéolos, enquanto a extração de O₂ (absorção de oxigênio durante a apneia) continua e não é repostada por um igual volume de CO₂ [11].

Os quimiorreceptores carotídeos e aórticos são importantes no *breaking-point*, mas não são os únicos influenciadores, já que o fim da apneia voluntária ocorre mesmo em pacientes com quimiodenervação de carótidas, e que é possível fazer nova apneia antes de restaurar os valores normais dos gases sanguíneos. Ocorre, portanto, simultaneamente, um outro estímulo, a atividade eletromiográfica do diafragma, gerando ondas de pressão negativa, até atingir o *breaking-point* da apneia [11].

O *breaking-point* depende então da atividade aferente de quimiorreceptores nos músculos (**Figura 3**) [11]. Retarda o *breaking-point* tudo o que reduz o *feedback* dos aferentes diafragmáticos (bloqueadores de ativação da placa motora, bloqueio vagal e frênico, hiperóxia arterial, hipocapnia) ou que reduz o ritmo respiratório central (hipocapnia ou hiperóxia, aumento do volume pulmonar pelo aumento da reserva de O₂ ou CO₂, e redução da atividade metabólica). Por outro lado, antecipa o *breaking-point* tudo que aumenta o *feedback* dos aferentes diafragmáticos (aumento do tônus do diafragma, hipóxia e hipercapnia) ou o ritmo

respiratório central (hipóxia e hipercapnia, redução do volume pulmonar ou aumento da atividade metabólica).

Figura 3 - Controle da Respiração



Legenda: Modificada de Soares J. Descomplicando a Fisiologia Pulmonar [Internet]. 2017 [citado em 2024 sep 22]. Disponível em: [Descomplicando a Fisiologia Pulmonar | PPT \(slideshare.net\)](#) [16].

Tempo de Apneia

A duração da apneia voluntária após uma inspiração profunda depende de quimiorreceptores, mecanorreceptores (receptores de estiramento diafragmáticos), *drive* respiratório cortical descendente e componente cognitivo [17].

O envelhecimento não afeta o tempo de apneia (TempA) diretamente. Alterações no sistema respiratório associadas à idade, como redução das propriedades elásticas do pulmão, aumento da regulação reflexa do sistema cardiorrespiratório e aumento da sensibilidade dos quimiorreceptores periféricos geralmente são resultados de comorbidades [17].

Em fumantes e obesos, o TempA induz uma dessaturação transitória maior que o normal, embora a espirometria possa estar normal [6] e o TempA seja significativamente diminuído em pacientes DPOC [15]. A PaO₂ de pacientes obesos se reduzia até próximo de 70 mmHg, após 15s de apneia, enquanto esse nível de hipóxia só era observado após mais de 30s em pacientes não-obesos [13].

No paciente DPOC, a distensão estática é resultado da perda de pressão de recuo elástico do parênquima pulmonar. Isso induz a um aumento na complacência que leva, por sua vez, a um aumento na Capacidade Pulmonar Total (CPT) e no estabelecimento de um novo estado de equilíbrio entre a pressão de expansão pulmonar e a pressão de retração do parênquima associada com a Capacidade Residual Funcional (CRF). O TempA voluntário é então influenciado pelo volume pulmonar e pelo nível de CO₂ no início do teste [13].

A duração da apneia voluntária após a respiração com mistura hiperóxica e após pré-hiperventilação tem o seu tempo duplicado. Assim, a duração da apneia tem uma forte correlação inversa com teste de inalação de CO₂ [12]. Os estudos indicam uma correlação positiva entre a duração do TempA e a CPT. O volume pulmonar, avaliado pela Capacidade Vital Forçada (CVF), também influencia o TempA [17].

No paciente DPOC, devido a um aumento na frequência respiratória e no volume corrente durante o exercício, não há tempo expiratório suficiente para um completo esvaziamento pulmonar. Assim, um indivíduo DPOC tem o aumento no volume corrente paralelamente a uma redução da capacidade inspiratória, ou seja, a perda da elasticidade pulmonar leva a uma distensão dinâmica e estática do pulmão [13].

O TempA pode então ser cronometrado, constituindo o Tempo de Apneia Voluntária Inspiratória Máxima (TAVIM) quando iniciado numa inspiração forçada, ou o Tempo de Apneia Voluntária Expiratória Máxima (TAVEM), após uma expiração forçada [13].

Espirometria

Aproximadamente 1 a 4% de todas as visitas aos consultórios de saúde primária são por dispneia [18]. Na avaliação da dispneia, após história e exame físico, podem ser solicitados exames de imagem e testes de função pulmonar [19]. A espirometria pode tanto ajudar no diagnóstico quanto avaliar a gravidade do distúrbio respiratório e a resposta ao tratamento, comparando os resultados antes e após o uso de broncodilatador inalatório. A função da

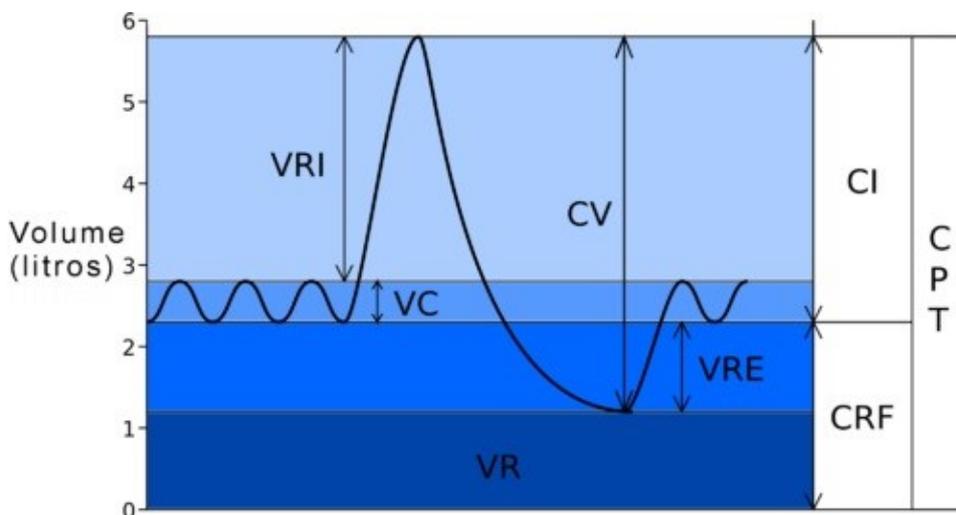
espirometria e de outros TFPs incluem também avaliação pré-operatória de cirurgias torácicas e abdominais ou para avaliação de risco profissional ou de exposição a certos agentes [20].

A simplicidade da espirometria baseia-se nas sutilezas dos mecanismos fisiológicos, especialmente nos processos que resultam em limitação do fluxo aéreo [19]. A espirometria depende fundamentalmente do esforço do paciente. Os estudos de referência que descrevem a fisiologia das manobras expiratórias forçadas da espirometria foram inicialmente publicados nos anos de 1950 e 1960 [19].

A quantidade total de ar que os pulmões podem acomodar é dividida em quatro volumes separados. Quatro combinações específicas desses volumes pulmonares são usadas para designar as capacidades pulmonares (**Figura 4**):

- a) Volume Corrente (VC): o volume de ar que normalmente entra e sai dos pulmões em uma respiração tranquila;
- b) Volume de Reserva Inspiratório (VRI): o volume máximo de ar que ainda cabe nos pulmões após uma inspiração normal de volume corrente;
- c) Volume de Reserva Expiratório (VRE): o volume máximo de ar que pode ser eliminado após uma expiração normal de volume corrente;
- d) Volume Residual (VR): a quantidade de ar remanescente nos pulmões após uma expiração máxima;
- e) Capacidade Vital (CV): o volume máximo de ar que pode ser expirado após uma inspiração máxima (VRI, VC, VRE). Existem duas medidas principais da CV, a capacidade vital lenta (CVL), na qual a expiração é realizada lentamente; e a capacidade vital forçada (CVF), na qual é feito esforço máximo para expirar o mais rápido possível;
- f) Capacidade Inspiratória (CI): volume de ar que pode ser inalado após uma expiração normal (VC, VRI);
- g) Capacidade Residual Funcional (CRF): volume de ar remanescente nos pulmões após uma expiração normal (VR VRE);
- h) Capacidade Pulmonar Total (CPT): a quantidade máxima de ar que os pulmões podem acomodar (CI CRF);
- i) Relação Volume Residual/Capacidade Pulmonar Total (VR/CPT 100): porcentagem da CPT ocupada pelo VR.

Figura 4 - Volumes e capacidades pulmonares



Legendas: VRI = volume de reserva inspiratório; VC = volume corrente; VR = volume residual; CV = capacidade vital; VRE = volume de reserva expiratório; CI = capacidade inspiratória; CRF = capacidade residual funcional; CPT = capacidade pulmonar total.

Fonte: Modificado de Ruiz VP. Volumenes y capacidades pulmonares [Internet]. 2013 [citado em 2024 sept 18]. Disponível em: [Volumenes y capacidades pulmonares | PPT \(slideshare.net\)](#) [21].

A quantidade de ar que os pulmões podem acomodar varia principalmente com a idade, altura e sexo do indivíduo. Alterações nos volumes e capacidades pulmonares são observadas no trauma e na doença. Tais alterações são geralmente classificadas como uma desordem pulmonar obstrutiva ou uma doença pulmonar restritiva. Em um distúrbio pulmonar obstrutivo, o VR, VC, CRF e VR/CPT estão aumentados; e a CV, CI, VRI e VRE estão diminuídas. Em um distúrbio pulmonar restritivo, a CV, CI, VR, CRF, VC e CPT estão todos diminuídos [19].

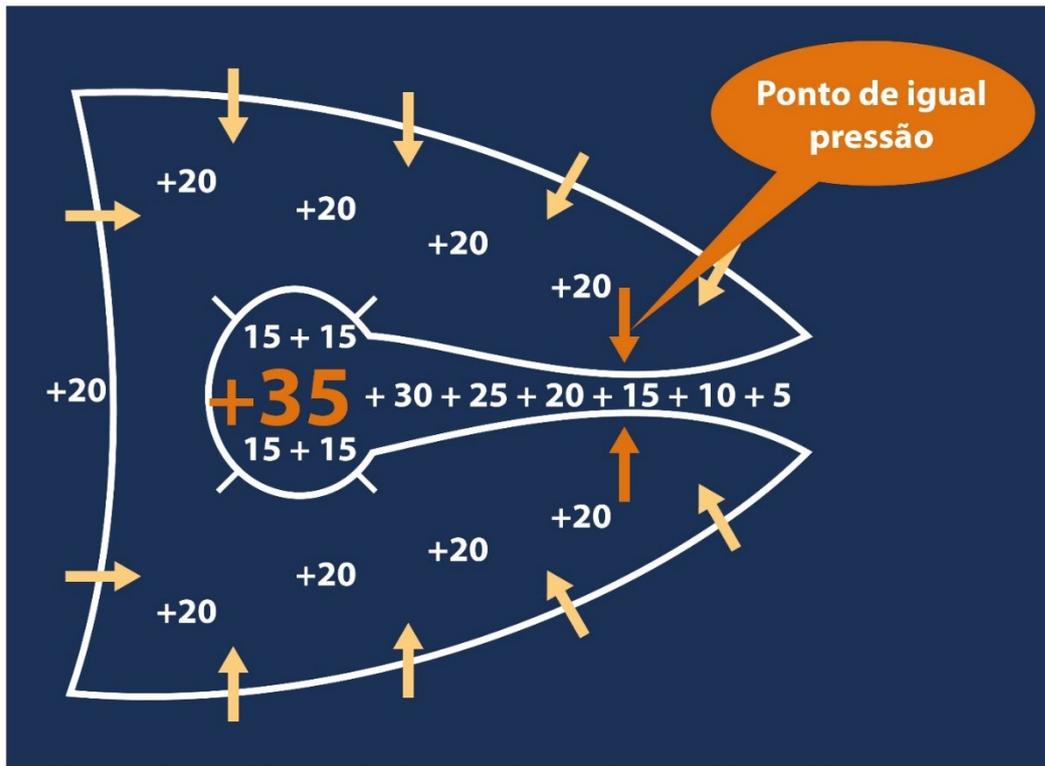
Os pulmões são elásticos, constantemente exercendo uma força para dentro, e a parede torácica é rígida. As vias aéreas intratorácicas são compressíveis e sujeitas às pressões intratorácicas geradas pela expiração forçada, resultando numa resistência dinâmica das vias aéreas, que varia com o volume pulmonar, pressão transpulmonar e fluxo aéreo. A resistência das vias aéreas não é igualmente distribuída, pois a pressão intraluminal diminui com o aumento da distância até o alvéolo. Num certo ponto, a pressão intraluminal iguala-se à pressão que circunda a via aérea, no chamado ponto de igual pressão (PIP). Após o PIP, o aumento do esforço expiratório eleva tanto a pressão motriz (*driving pressure*) quanto a resistência das vias aéreas, resultando num fluxo sujeito somente à pressão de recuo (dependente do volume pulmonar) [19].

Hayes e Kraman descreveram a relação entre pressão transpulmonar, fluxo de gás respiratório e grau de inflação do pulmão, com a introdução da curva volume x fluxo [18]. A relação era determinada pelas propriedades fisiológicas das vias aéreas inferiores. Essa curva

seria facilmente obtida e reproduzida, moderadamente dependente do esforço, essencialmente não afetada por grandes variações da resistência das vias aéreas superiores, claramente determinada por propriedades fisiológicas e dimensões do sistema pulmonar intratorácico, e extremamente alterada em sujeitos enfisematosos.

Em volumes pulmonares constantes, a taxa de fluxo expiratório aumenta paralelamente ao aumento da diferença entre pressão alveolar e pressão ao nível da boca ($\Delta P^{\text{alv-boca}}$), que é a pressão motriz do fluxo aéreo respiratório [18]. Uma vez que o *driving pressure* (pressão motriz) alcança um certo ponto, formam-se um segmento acima e um abaixo, separados pelo ponto de estreitamento, ou seja, PIP. Nesse ponto, o fluxo torna-se independente da pressão acima, levando ao “efeito resistor de Starling” ou “efeito *Waterfall*”, por analogia de que o volume de água numa queda d’água é independente da sua altura, não tendo o segmento abaixo nenhum efeito **Figura 5**.

Figura 5 - Ponto de igual pressão



Fonte: Modificado de Storck R. Teoria e exercícios comentados. Estratégia Concursos {Internet}. 2016 [citado em 2024 Sep 21]. Disponível em: https://cdn.estrategiaconcursos.com.br/storage/temp/aula/84122/0/curso-10109-aula-00-311d-completo.pdf?Expires=1727829839&Signature=TvIDxzabU8embYIakKs0BvGFMHZA-jl~qkzBMfih234Hv9YCplejBEOcM~a4uc3BKJlx94QnpdK1s0c8ax~HC8Brv1kPeC7vVwLP9K5mw4uTmCkr1P9E799DSOQ0cSEopKSqIZ4FFdONezcNsMZp58snBA6QAdQkYmb9olNbUDVNUX5R71zJyKeXWLku7UzLVn68oNMgT0qlvf57GoqVloahyeRNWKJ-9TIVH4BbLKijwdc98TNDYJXdE2SLXUUC1RXcQz1O6EyllpXk~0JXwBqLZIL6XqxR-38DZlh20cUOeXvIT~kj9r0tYCD~QIXAN22oOUgznAJonXmol-8xw_&Key-Pair-Id=APKAIMR3QKSK2UDRJITQ [22].

O fluxo expiratório forçado (uma vez atingindo certo nível) não é limitado pelo esforço muscular expiratório, mas pela elasticidade dos pulmões [19]. O pulmão é esticado na inspiração, acumula energia elástica criada pelos músculos expiratórios e, então, durante a expiração, retrai passivamente até atingir o equilíbrio com a elasticidade passiva da parede do tórax. Uma respiração profunda leva a um maior esticamento e fluxo aéreo mais rápido, o que define a “respiração silenciosa”, mas não a expiração forçada. A expiração forçada, por sua vez, deveria sobrecarregar o recuo elástico do pulmão, forçando o pulmão a se esvaziar mais rapidamente, mas isso só ocorre com altos volumes pulmonares (cerca de 80% da CV) e seria verdadeiro se as vias aéreas fossem rígidas, mas a porção membranosa dessas, sob pressão externa, sofre invaginação, estreitando substancialmente a luz [19].

No início da manobra de Capacidade Vital (CV), a pressão gerada pelos músculos expiratórios força o parênquima pulmonar e as vias aéreas, com essas últimas sendo mantidas abertas pelo tecido elástico circunjacente [19]. Como o fluxo de ar segue até a boca, o *driving pressure* nas vias aéreas é gasto na superação da resistência das vias aéreas. Num certo ponto, a pressão intraluminal cai abaixo da pressão que envolve as vias aéreas, a partir de onde as vias aéreas subsequentes estão particularmente espremidas, limitando o fluxo de ar. Mudanças no esforço expiratório alteram a posição e a luz no PIP, mas esforços extras produzem obstrução sobressalente e o fluxo aéreo mantendo-se estável reflete o grau de inflação pulmonar. Do PIP em direção à boca, o maior esforço não influencia o fluxo aéreo (a “altura da queda d’água”).

Em 1975, um estudo em cães demonstrou que a estimulação vagal resulta no aumento da resistência das pequenas vias aéreas, no desvio do PIP em direção ao alvéolo e na redução do fluxo máximo, comparado com controles [19]. Em 1977, foi apresentada a “Teoria da Velocidade de Onda”, em que um fluxo de massa de fluido (ar, nesse caso) não poderia exceder a velocidade da diferença de pressão que o move. Ou seja, a velocidade do fluxo de ar varia diretamente com a área e a rigidez da seção transversal, mas negativamente com a densidade do gás. Como a vibração aerodinâmica na zona supercrítica produz meios potenciais de dissipação da energia no fluxo máximo, ocorre o tom de alta frequência ouvido com a limitação de fluxo.

Uma limitação da espirometria é a dependência do esforço do paciente, com grande risco de erro se o esforço for aquém do ideal, devendo ser o procedimento previamente bem explicado ao paciente, com encorajamento ativo durante o exame. A avaliação da curva de fluxo-volume mostra, após a explosão inicial, que o fluxo de ar decresce suavemente à medida

que os pulmões se esvaziam, refletindo o decréscimo progressivo no recuo elástico do pulmão e encolhendo os segmentos dependentes do fluxo [19].

A forma tradicional de avaliar a manobra de CVF é plotando a variação de volume contra o tempo. O fluxo instantâneo em qualquer tempo pode ser estimado pela inclinação da mudança de volume com o tempo. Se plotar o fluxo pelo volume exalado, o fluxo em qualquer tempo poderia ser avaliado diretamente [19].

O efeito da obstrução da via aérea central ou superior na curva fluxo-volume depende de se a obstrução é dentro ou fora da cavidade torácica (sujeito a variações na pressão intratorácica) e se é fixa ou variável. Uma obstrução fixa (estenose traqueal ou tumor, por exemplo) limita o fluxo aéreo em ambas as direções, independentemente de ser no tórax ou na via aérea superior, com a curva semelhante nos dois casos. Segmentos flexíveis ou moles, como em traqueomalácias, podem alargar ou estreitar em resposta a diferenças de pressão relativa entre a luz da via aérea e os tecidos em volta [19].

A espirometria deve ser evitada até um mês após infarto do miocárdio, em pacientes com dor abdominal ou torácica, dor facial ou oral exacerbadas pelo bocal, incontinência de *stress*, demência ou confusão mental [22]. Broncodilatadores devem ser descontinuados, sendo beta-agonistas de curta ação, por 4 a 6 horas, antagonistas muscarínicos de vida curta, por 12 horas, beta-agonistas de longa duração, por 24 horas e antagonistas muscarínicos de longa duração, por 36 a 48 horas. Corticoides inalatórios devem ser mantidos, bem como medicações em geral. Pacientes não devem fumar por 1 hora antes do teste. Café até 454ml antes da espirometria não afeta os resultados [18].

A *U.S. Preventive Services Task Force*, a *American Academy of Family Physicians*, *American Thoracic Society/European Respiratory Society* (ATS/ERS) e a *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) recomendam a espirometria para triagem de DPOC em adultos assintomáticos. As indicações da espirometria segundo a ATS/ERS incluem ainda diagnóstico (avaliar: sintomas, sinais e exames laboratoriais anormais; efeitos da doença na função pulmonar; risco de ter uma doença pulmonar; risco pré-operatório; prognóstico; *status* de saúde antes de programas de atividade física), monitoramento (avaliar: intervenção terapêutica; curso de doenças pulmonares; exposição a agentes; efeitos adversos de drogas com toxicidade pulmonar), avaliação de incapacidade (programas de reabilitação; avaliação para seguradoras; razões legais) e saúde pública (ensaios epidemiológicos; derivação de equações de referência; pesquisa clínica) [18].

Reprodutibilidade [18] é vital para obter medidas acuradas, devendo-se assim usar as mesmas condições, ou seja, mesmo método, mesmo instrumento, mesmo observador, mesmo local, mesma condição de uso, e repetir cada fase do exame após um curto intervalo de tempo.

As principais medidas avaliadas incluem:

- a) CVF – capacidade vital forçada, ou seja, a quantidade total de ar que pode ser expelido de pulmões cheios;
- b) VEF₁ – volume expiratório final em um segundo ou a quantidade de ar expelida durante o primeiro segundo da manobra;
- c) VEF₁/CVF – razão entre as medidas anteriores;
- d) FEF_{máx} - fluxo expiratório forçado máximo, que representa o fluxo máximo de ar durante a manobra de capacidade vital forçada. Esta grandeza também é denominada de pico de fluxo expiratório (PFE);
- e) FEF_x ou FIF_x – fluxo expiratório ou inspiratório forçado instantâneo relacionado a um determinado volume (x) do registro da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em litros/segundo;
- f) FEF_{x-y%} – fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a manobra de CVF; por exemplo FEF_{25-75%} é o fluxo expiratório forçado médio na faixa intermediária da CVF, isto é, entre 25 e 75% da curva de CVF;
- g) TEF_x – tempo da expiração forçada, ou seja, tempo decorrido entre os momentos escolhidos para “início” e “término” da manobra de CVF. Esta grandeza é expressa em segundos;
- h) TEF_{x-y%} – tempo expiratório forçado médio ou o tempo expiratório forçado médio de um segmento, obtido durante a manobra da CVF. TEF_{25-75%} é o tempo expiratório forçado médio entre 25 e 75% da CVF. Esta grandeza é expressa em segundos;
- i) VVM – ventilação voluntária máxima ou o volume máximo de ar ventilado em um período por repetidas manobras respiratórias forçadas.

A razão VEF₁/CVF é usada para definir a presença de obstrução. Um broncodilatador pode ser administrado para se avaliar a resposta se um defeito obstrutivo estiver presente. Uma CVF diminuída sugere um padrão restritivo e a diminuição de CVF e VEF₁/CVF juntos indicam um provável padrão misto. Uma pletismografia corporal ou outros exames são necessários para confirmar esse último padrão.

Durante a vida das pessoas, os pulmões experimentam um período de rápido crescimento, um período de estabilidade e, então, um declínio senescente da função. CVF e VEF₁ reduzem em torno de 20 a 30 ml por ano [18], na vida adulta. Devido às múltiplas variáveis afetando o tamanho e a função pulmonares, equações de referência são necessárias para prever a saúde do pulmão de um indivíduo [23].

Muitas curvas de normalidade são baseadas em medidas obtidas de pessoas de raças ou grupos étnicos específicos [24]. Outras, porém, usadas em políticas administrativas ou de avaliação de capacitação, utilizam fatores de correção ou de ajuste. Há crescente consenso de que algoritmos médicos baseados em raça ou etnia têm o potencial de contribuir para disparidades nos cuidados em saúde e suportam a falsa ideia de que raça é uma variável biológica. Em muitas definições clínicas e ocupacionais, ajustamento por raça foi visto como uma forma equivocada de evitar disparidade e discriminação.

A prematuridade e suas consequências (hipóxia perinatal, displasia broncopulmonar e falhas no amadurecimento) podem afetar o desenvolvimento dos pulmões, sua estrutura e função [24]. Tabagismo materno durante a gestação é um fator de risco conhecido para crescimento pulmonar reduzido e é mais prevalente em certas raças ou grupos étnicos com condições socioeconômicas precárias. A qualidade do ar é um fator independente e modificável que reduz a função pulmonar e igualmente é mais encontrado em etnias não-brancas, por fatores socioeconômicos de baixa qualidade de moradias [24].

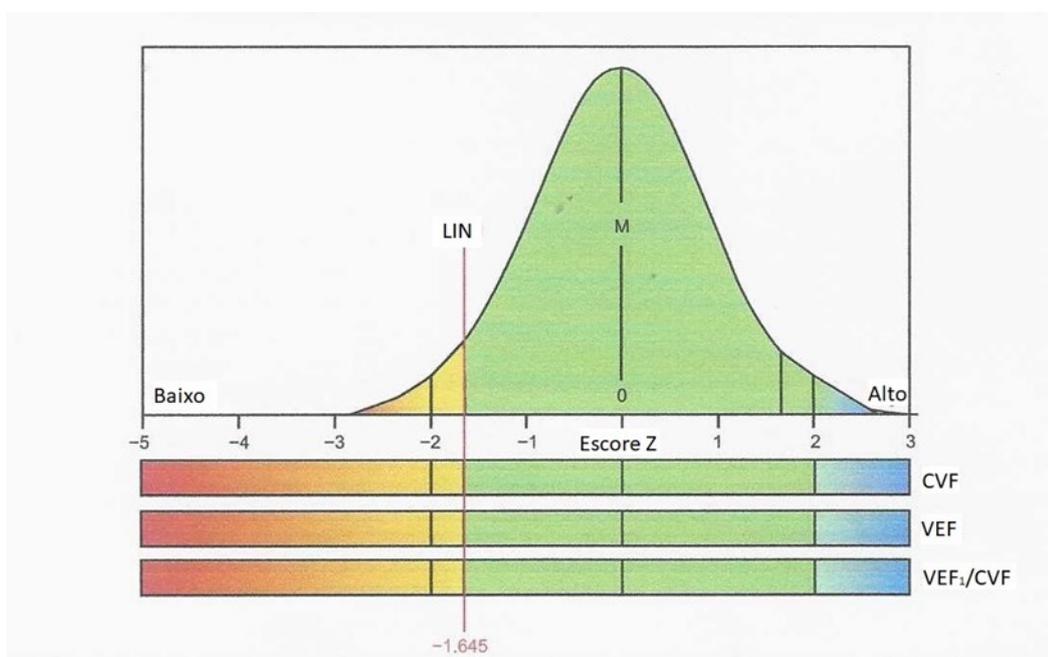
A função pulmonar pode apresentar variações por fatores étnicos e socioeconômicos, como a função pulmonar entre brancos e pretos que varia de 2 a 43% para VEF₁ e entre 4 e 42% para CVF [24]. Além disso, 250 *loci* independentes no genoma humano respondem por 9% da variabilidade observada no VEF₁. A própria avaliação do tamanho do tórax depende das variáveis estudadas, levando a diferenças importantes quando utilizada a estatura em pé ou sentada, por exemplo [24].

Uma equação de referência média, formada pela combinação de populações, como a defendida pela *Global Lung Function Initiative* (GLI), provê valores de CVF e VEF₁ que são menores que os das curvas para brancos e maiores que os valores das curvas para pretos e asiáticos. Mortalidade é mais similar entre brancos e pretos em todos os valores preditos percentuais se for usada uma referência comum do que equações raça-específicas. Similarmente, uma equação de referência neutra do ponto de vista racial prediz DPOC tão bem como coortes baseadas em populações distintas. Assim, vários estudos sugerem que equações raça-específicas mascaram exposições e riscos diferenciais para doença pulmonar [24].

Problemas com a classificação individual por raça, a discordância quanto ao benefício de equações raça-específicas e o crescimento de evidências científicas suportam tanto o uso de equações de referência gerais quanto o papel dos fatores de risco social e ambiental na piora da função pulmonar [24].

Caso os dados coletados de pessoas saudáveis sejam distribuídos de forma normal, a média estaria no centro da curva em forma de sino [22] **Figura 6**. A distribuição dos valores em torno da média é geralmente expressa como coeficiente de variação, obtido pela divisão do desvio padrão (DP) pela média, expressando uma porcentagem.

Figura 6 - Avaliação dos índices espirométricos numa curva em sino

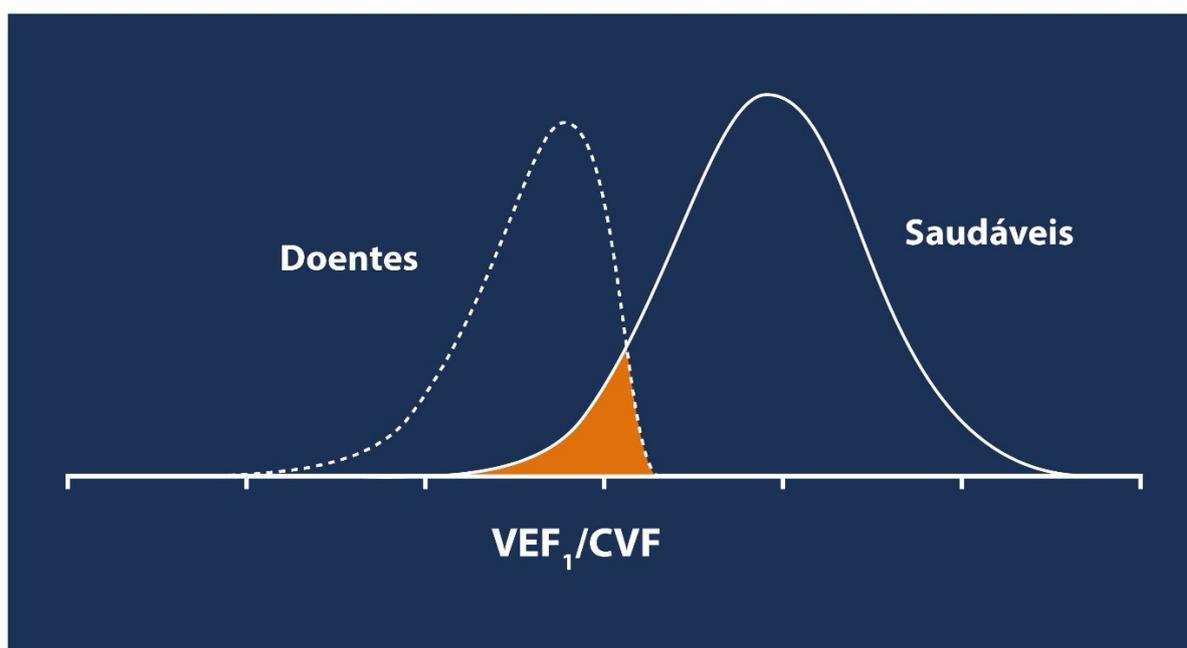


Legenda: LLN = limite inferior da normalidade. M = média. Extraído de Haynes JM, Kaminsky DA, Stanojevic S, Ruppel GL. Pulmonary Function Reference Equations: A Brief History to Explain All the Confusion. *Respir Care*. 2020 Jul;65(7):1030-1038. doi: 10.4187/respcare.07188. Epub 2020 Mar 10. PMID: 32156791 [23].

A interpretação dos resultados como um valor simples (% do predito) vem sendo substituída pelo escore Z, que representa quantos desvios-padrão um dado valor varia da média [23]. Para dois DPs, há 5% de erro. Se um escore Z de -1,96 a +1,96 é escolhido para definir a normalidade, cinco por cento de sujeitos com pulmões normais estariam fora da faixa dita “normal”. A vantagem de usar escore Z, e não a porcentagem do predito na definição do Limite Inferior da Normalidade (LIN), é que esse pode ser aplicado a toda população.

Como é uma distribuição de valores que representam indivíduos saudáveis e outra observada em pacientes doentes, uma sobreposição de valores entre saudáveis e doentes pode ser esperada [23]. Essa área de sobreposição é chamada “zona de incerteza”, pois representa um nível de função pulmonar que pode ser indicado como doença ou limite inferior do normal. Informações pertinentes da saúde do paciente, como tabagismo, exposição ocupacional e sintomas, são importantes então para a decisão do médico (**Figura 7**).

Figura 7 - Zona de incerteza. Sobreposição entre pessoas saudáveis e com distúrbio obstructivo



Legenda: VEF1/CVF – Relação entre Volume Expiratório Final no Primeiro Segundo e a Capacidade Vital Forçada. Modificado de Langan RC, Goodbred AJ. Office Spirometry: Indications and Interpretation. Am Fam Physician. 2020 Mar 15;101(6):362-368. PMID: 32163256 [18]

A razão original para o uso de porcentagens do predito foi pragmática e essas ainda são usadas, embora espirômetros modernos possam calcular o LIN específico para cada paciente e para cada variável da função pulmonar [24]. A comparação de pacientes consigo mesmos, em exames seriados, tem a vantagem de reduzir a variabilidade fornecida por uma equação de referência. Assim, a análise longitudinal das espirometrias seria mais próxima do real diagnóstico do paciente [24].

Um pulmão não saudável pode apresentar um de quatro tipos de distúrbios ventilatórios: obstructivo (DVO), restritivo (DVR), misto (DVM) ou inespecífico (DVI) [25].

O DVO é a disfunção ventilatória na qual se observa a redução (ou limitação) dos fluxos expiratórios. Relaciona-se mais comumente ao aumento da resistência das vias aéreas (ex.:

asma) ou à redução da retração elástica do pulmão (ex.: enfisema) [8]. O diagnóstico depende da análise de quatro dados importantes: reprodutibilidade e aceitabilidade dos parâmetros técnicos da espirometria, relação VEF_1 / CVF , CVF e VEF_1 .

O DVR é caracterizado por volumes pulmonares reduzidos e é subclassificado em intrapulmonar ou extrapulmonar [8]. O diagnóstico baseia-se na redução da CPT, que representa o volume no qual a retração do sistema respiratório é equilibrada pela capacidade dos músculos inspiratórios em gerar força de distensão, ou seja, limite da insuflação.

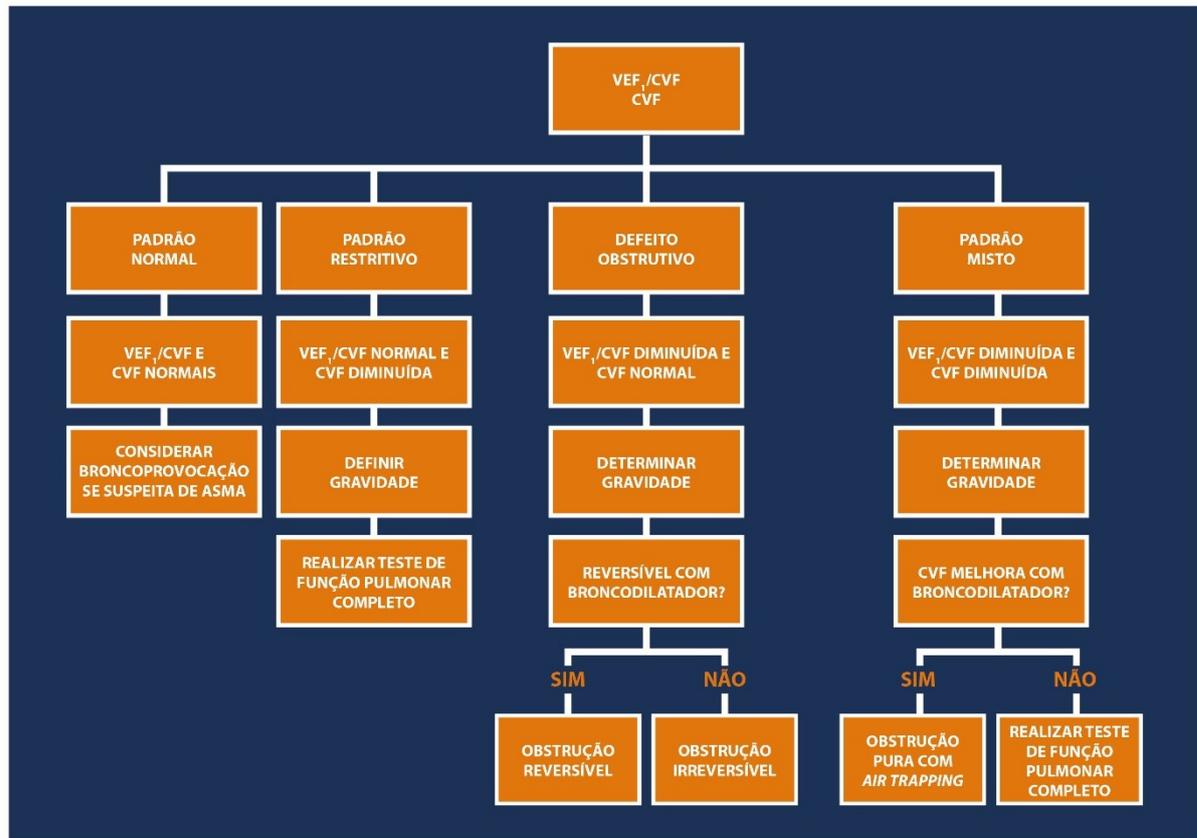
Alguns pacientes apresentam DVM, que se caracteriza pelo DVO e pelo DVR associados. Outros podem apresentar o chamado DVI. Este último é quando se encontra alguma anormalidade na espirometria que pode indicar um DVR, mas a medida de todos os volumes pulmonares não demonstra alterações. Assim, há uma inespecificidade no achado da espirometria [24].

Em pacientes com asma, a *Global Initiative for Asthma* (GINA) considera o percentual da normalidade em relação ao valor predito para VEF_1 de 75 a 80% em adultos e menos de 90% em crianças. Para pacientes de risco para DPOC, o critério adotado pela GOLD é de 70% [17]. O algoritmo de diagnóstico na espirometria é mostrado na **Figura 8** [18]. Após o diagnóstico primário, a gravidade do processo obstrutivo deve ser avaliada, sendo os valores de VEF_1 a base para a classificação. Valores entre 70 e 80% indicam obstrução leve; entre 60 e 69%, moderada; entre 50 e 59%, moderadamente grave; entre 35 e 49%, grave; abaixo de 35, muito grave [10].

Aprisionamento aéreo, no qual parte do ar que seria normalmente exalado permanece no pulmão, pode ocorrer em um processo obstrutivo puro ou num padrão misto [10]. Reversibilidade significativa de uma CVF diminuída com o broncodilatador demonstra que se trata mesmo de um padrão obstrutivo puro.

Testes de broncoprovocação, como o uso de metacolina, manitol inalado ou hiperpneia voluntária eucápnica são recomendados para pacientes com resultados normais em TFP, mas com história muito sugestiva de asma induzida por exercício ou alérgeno [10].

Figura 8 - Algoritmo para Interpretação da Espirometria

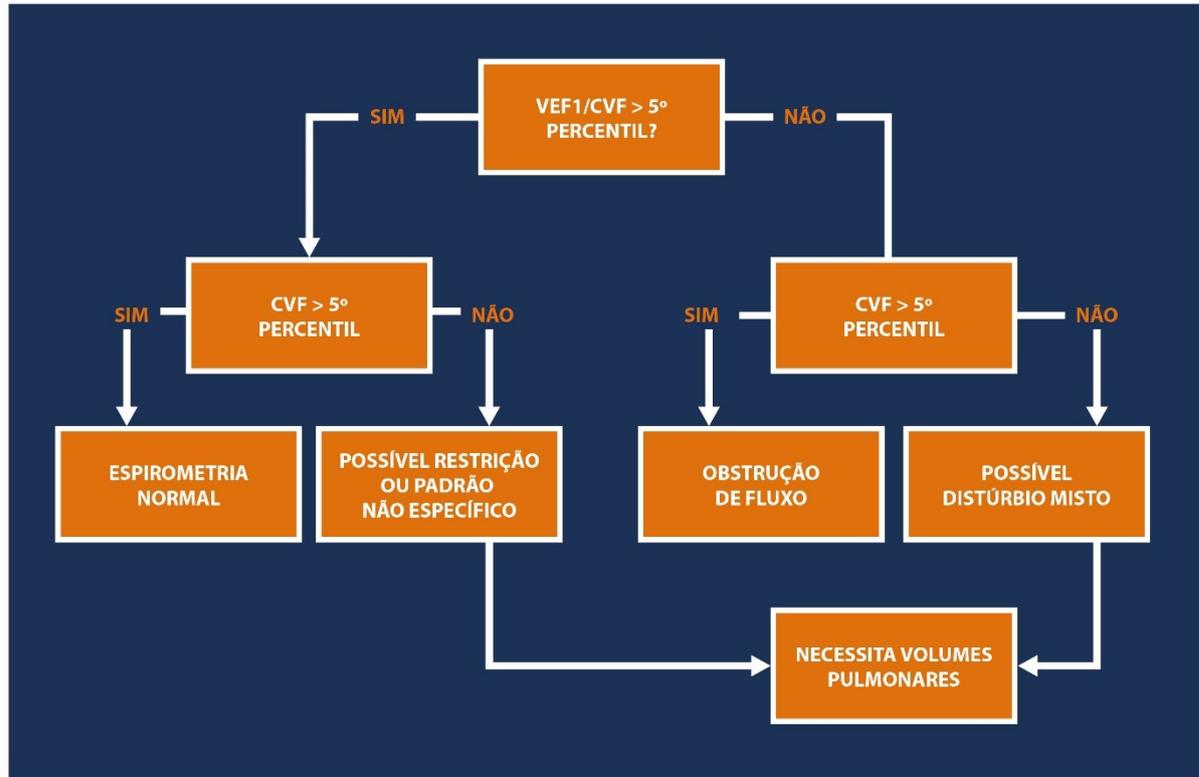


Fonte: Modificado de Langan RC, Goodbred AJ. Office Spirometry: Indications and Interpretation. Am Fam Physician. 2020 Mar 15;101(6):362-368 [17].

No consenso da ATS/ERS de 2021 [25], o algoritmo de diagnóstico de distúrbios pulmonares foi atualizado (**Figura 9**) e a CVF é considerada normal acima da LIN para adultos. A classificação da gravidade dos processos obstructivos baseia-se no escore Z, sendo leve entre $-1,65$ e $-2,5$, moderado entre $-2,51$ e $-4,0$, e grave se $\leq -4,1$. Para a análise da reversibilidade da obstrução, a ATS/ERS define reversibilidade como um aumento de mais de 10%, em adultos, obtido pela seguinte fórmula:

$$\text{Resposta Broncodilatadora} = \frac{(\text{Valor pós-Broncodilatador} - \text{Valor pré-Broncodilatador}) \times 100}{\text{Valor Predito}}$$

Figura 9 - Algoritmo de Interpretação da Espirometria



Fonte: Consenso da *American Thoracic Society/European Respiratory Society* de 2021. Modificado de Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, Cooper BG, Culver B, Derom E, Hall GL, Hallstrand TS, Leuppi JD, MacIntyre N, McCormack M, Rosenfeld M, Swenson ER. ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J.* 2022 Jul 13;60(1):2101499.

1 JUSTIFICATIVA

As mudanças climáticas são a maior ameaça à saúde que o mundo enfrenta neste século [26]. Os serviços de saúde constituem mais de 4,4% do total das emissões líquidas globais de carbono. Se fosse um país, seria o quinto maior emissor climático do planeta. O setor saúde deve ter uma operação inteligente em relação à mudança do clima, traçando um plano para atingir emissões zero, o qual está, indissociavelmente, ligado à construção de resiliência climática e ao cumprimento dos objetivos de saúde global. A utilização de carvão, petróleo e gás para suprir hospitais, assim como as viagens relacionadas aos serviços de saúde e a manufatura e transporte de produtos médicos compreendem 84% de todas as emissões climáticas do setor de saúde. Isso inclui a operação das unidades de saúde, a cadeia de suprimentos, e toda a economia do setor saúde em geral [26].

As políticas de redução de emissão de carbonos [26] e a necessidade global de contenção de gastos no atual contexto econômico mundial [1] levam à procura incessante por métodos e técnicas em saúde menos dispendiosos, como os exames à beira do leito, sem necessidade de aparato extra para sua realização.

O TA, um método diagnóstico simples, de fácil realização e não dispendioso, pode encontrar um papel de destaque na avaliação de doenças pulmonares, atendendo às exigências modernas, ao ser comprovada sua eficácia no auxílio ao diagnóstico de DVP.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

Determinar o valor do TAVIM e TAVEM numa população saudável e com doenças obstrutivas e restritivas.

2.2 Objetivos secundários

- 1) Correlacionar os TAVIM e TAVEM com os parâmetros espirométricos (CVF, VEF₁, CVF/VEF₁, FEF_{25-75%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}, TEF_{25-75%}, FEF_{max} e VVM) numa população saudável;
- 2) Correlacionar os TAVIM e TAVEM com os parâmetros espirométricos (CVF, VEF₁, CVF/VEF₁, FEF_{25-75%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}, TEF_{25-75%}, FEF_{max} e VVM) numa população com distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos.

3 MÉTODOS

Estudo descritivo e transversal, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, CAAE 62652722.3.0000.5259 (**Anexo 1**), realizado na Policlínica Universitária Piquet Carneiro (PPC) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Todos os pacientes consentiram participar do estudo e assinaram Termo de Consentimento Informado Livre e Esclarecido (**Anexo 2**).

Foram incluídos pacientes com distúrbios ventilatórios obstrutivos ou restritivos e um grupo controle de voluntários com espirometria normal recrutados no mesmo hospital. A amostra foi de conveniência com pacientes agendados na PPC para realizar a espirometria, e seus acompanhantes, bem como foram também convidados a participar funcionários da UERJ. O cálculo amostral para a determinação de TAVIM e TAVEM com α de 0,05, β de 0,20 e IC 95% foi de 178 participantes saudáveis. A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$ em todas as análises.

O uso contínuo de medicações anti-hipertensivas foi mantido até a avaliação. No caso de uso de medicações broncodilatadoras, essas foram suspensas 24h antes dos exames, caso houvesse possibilidade, excluindo-se do trabalho se a retirada do broncodilatador fosse prejudicial para a integridade do paciente.

Foram incluídas pessoas maiores de 18 anos, de ambos os sexos. Os critérios de exclusão foram: gravidez, déficit cognitivo e distúrbios de comportamento; uso de broncodilatadores nas 24h antecedentes ao exame; uso de drogas estimulantes e/ou ilícitas; uso de drogas depressoras do sistema nervoso central nas últimas 24 h; sintomas álgicos ou infecciosos que comprometam a realização adequada do exame; hemoptise; pneumotórax; instabilidade cardiopulmonar; infarto do miocárdio ou embolia pulmonar nos últimos 6 meses; aneurisma cerebral, torácico ou abdominal; cirurgia ocular nos últimos dois meses; cirurgia torácica prévia; cirurgia abdominal nos últimos dois meses; e uso de oxigenioterapia domiciliar contínua.

Foram aferidos e anotados, antes, durante e após cada fase do teste, frequência cardíaca (FC) e saturação parcial de O₂ (SpO₂) – pelo aparelho de oximetria de pulso portátil *Oled Graph* – *G-Tech* (Accumed-Glicomed, Brasil); pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD) e pressão arterial média (PAM) – pelo aparelho de pressão digital automático de braço *G-Tech BSP11* (Accumed-Glicomed, Brasil); e o TAVIM e TAVEM – pelo

cronômetro digital AK68 (AKSO, Brasil, com calibração feita em setembro de 2022 e fevereiro de 2023).

Os indivíduos não podiam realizar atividades extenuantes ou vigorosas nas duas horas anteriores ao exame. Eles foram acomodados em cadeiras, com ângulo entre abdome e coxas de 90°, com os pés apoiados no chão. Com a narina ocluída por um clipe nasal e após um minuto de respiração espontânea, os participantes fizeram uma expiração forçada, seguida de uma inspiração forçada, mantendo-se, então, em apneia cronometrada, constituindo o TAVIM, representado na **Figura 10**. Esse procedimento foi repetido mais uma vez, em intervalo de 5 minutos, sendo o maior valor em segundos considerado [13].

Para a medição do TAVEM, o indivíduo, após cinco minutos do exame anterior e um minuto de respiração espontânea, fez uma expiração forçada, seguida de uma inspiração forçada e então uma nova expiração forçada, seguida de apneia cronometrada, como demonstrado na **Figura 11**. O processo foi repetido, com intervalo de 5 minutos entre os exames, sendo o maior valor em segundos considerado [13].

As variáveis de desfecho foram consideradas sempre com o valor máximo em segundos e milésimos de segundos do TAVIM e TAVEM. Foram realizadas aferições PAS, PAD, PAM, SpO₂ e FP antes e após as medidas máximas do TAVIM e TAVEM. Os eventos adversos durante o TA, como cefaleia, lipotimia, hipertensão ou hipotensão arterial, dispneia ou taquicardia foram avaliados para avaliar a segurança do exame.

Após novo período de 10 minutos de descanso, foi realizada a espirometria [13] por meio de um espirômetro computadorizado (Spirom-3; Codax Médica, Brasil) de acordo com as diretrizes da American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS) [13] [19]. Dois especialistas analisaram os resultados da espirometria, formalizando um diagnóstico espirométrico. A qualidade desses resultados foi avaliada por meio do *kappa* de Cohen. As variáveis de desfecho da espirometria foram VEF₁, CVF, VEF₁/CVF, FEF25-75%, FEF50%, FEF75%, TEF25-75%, FEFmax e VVM.

A análise dos dados foi realizada no programa GraphPad Prism versão 10.3.0 para Windows (GraphPad Software, Boston, Massachusetts, EUA). Todas as variáveis foram analisadas pelo teste de Kolmogorov e Smirnov para avaliar a homogeneidade da amostra. Os dados são apresentados como número de casos, média \pm desvio padrão (DP), mediana com intervalo interquartil e/ou intervalo de confiança (IC) de 95%. Para análise dos subgrupos de variáveis (obstrutivos, restritivos e normais) foram utilizados ANOVA para variáveis paramétricas e Kruskal-Wallis para variáveis não-paramétricas. Para valores com distribuição

homogênea, foram usados o teste t de *Student* e a equação de correlação de Pearson, considerando a média e DP. Para valores com distribuição heterogênea, foram usados o teste de *Mann-Whitney-Wilcoxon* e a equação de correlação de Spearman, considerando a mediana e os seus devidos percentis (25 e 75%). O teste exato de Fisher foi utilizado para analisar as variáveis categóricas.

Vários valores de TAVIM e TAVEM foram então testados usando a área sob a curva ROC para prever resultados de espirometria normais e anormais, como observado nas **Figura 10 e 11**.

Figura 10 - Tempo de Apneia Voluntária Inspiratória Máxima – TAVIM

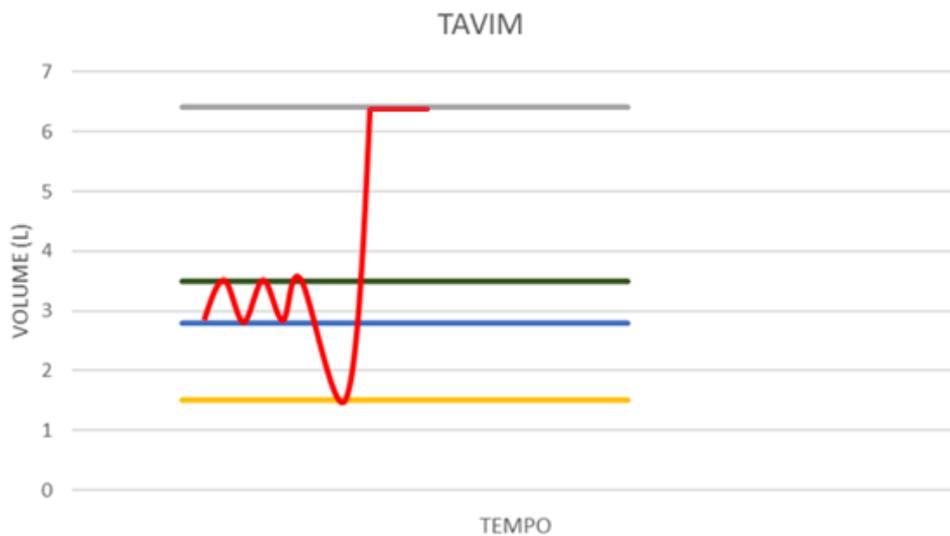
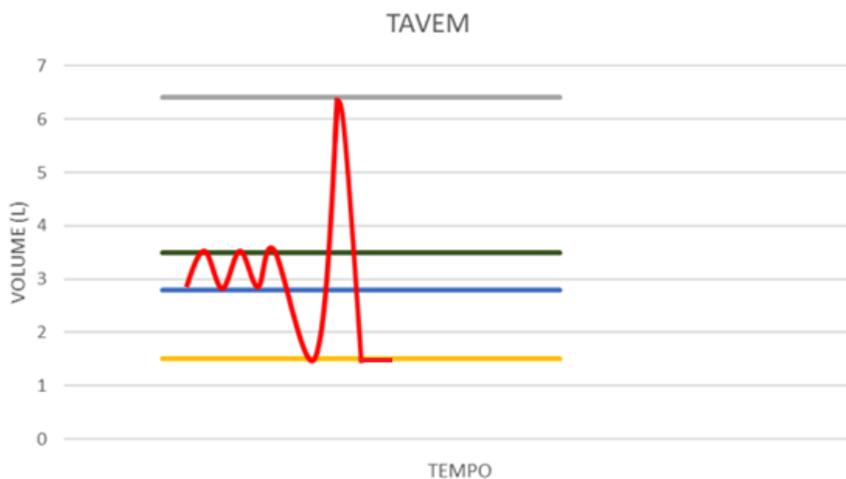


Figura 11 - Tempo de Apneia Voluntária Expiratória Máxima – TAVEM

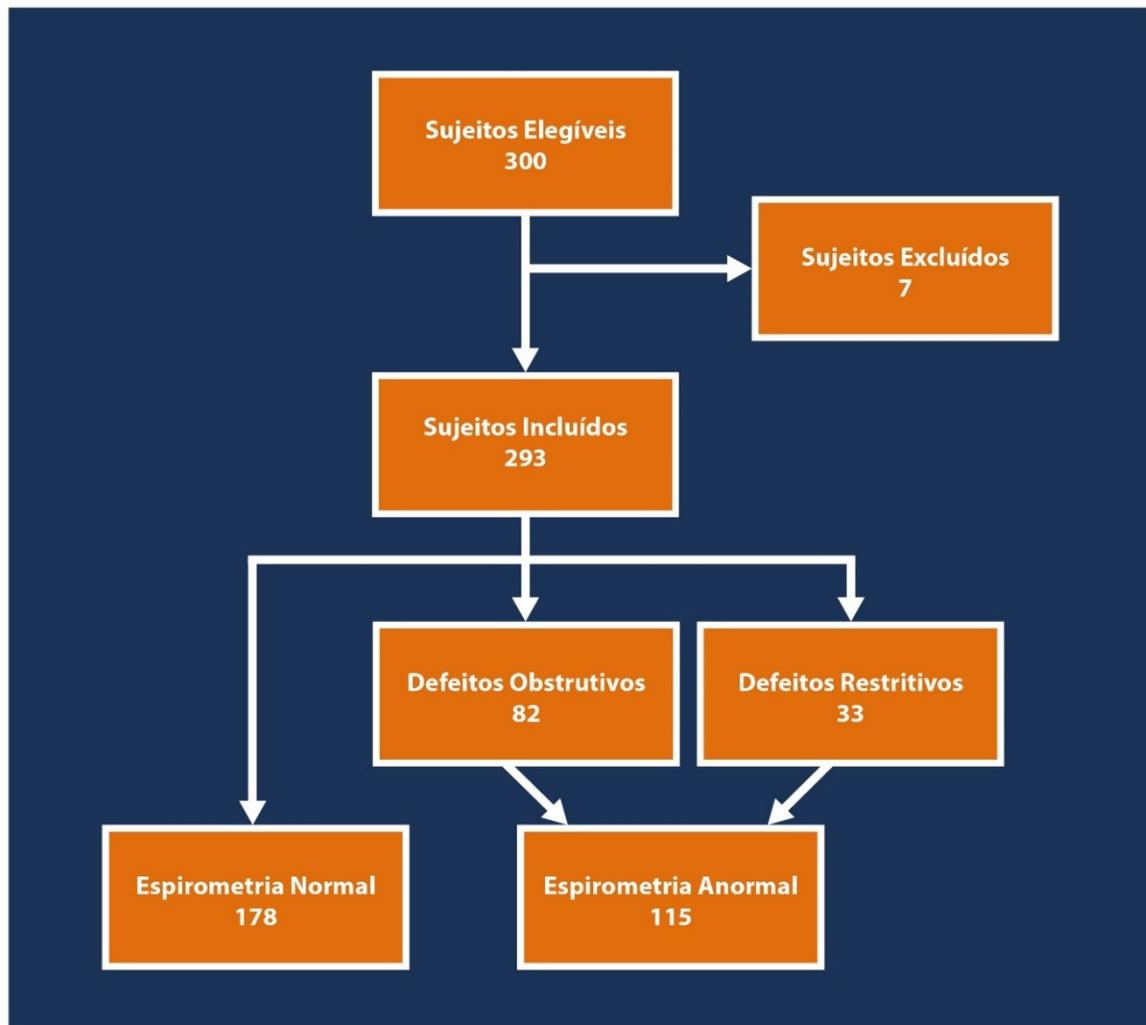


Ao fim dos exames, foi solicitado que cada participante desse uma pontuação ao TA, variando de 0 (muito ruim, difícil) a 10 (sem dificuldades).

4 RESULTADOS

Um total de 300 indivíduos preencheram os critérios de inclusão e participaram do estudo, após terem assinado o termo de consentimento livre e esclarecido (**Figura 12**). Sete foram excluídos por baixa qualidade da espirometria (fora dos critérios de qualidade ATS/ERS) ou do TA (incapacidade de o indivíduo em prender a respiração). Assim, 293 indivíduos foram incluídos na análise, sendo 185 do sexo feminino (63,14%). As características dos grupos estudados e os resultados obtidos na espirometria e no TA estão na **Tabela 1**.

Figura 12 - Fluxograma



Notas: Observação: Sujeitos Excluídos por: espirometria de baixa qualidade (fora dos critérios de qualidade ATS/ERS) = 3; TA de baixa qualidade (incapacidade do indivíduo de prender a respiração) = 4. Os pacientes com defeitos ventilatórios obstrutivos e restritivos foram reunidos em um único grupo, espirometria anormal (ver texto).

A análise dos valores da pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD), bem como da frequência de pulso (pulso) e saturação periférica de Oxigênio (SpO₂), antes e após o TA, são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 1 - Dados antropométricos, espirometria e Teste de Apneia para todos os grupos

	Todos os Indivíduos (n. 293)	Espirometria Normal (n. 178)	Espirometria anormal (n. 115)	Valor de p
Sexo	185	105	80	
Feminino (%)	(63)	(59)	(70)	0,0824
Etnia	145	90	55	
Branco (%)	(49)	(51)	(48)	0,7198
Idade (anos)	55	50	55	
Mediana (IC95%)	(49-53)	(46-51)	(52-59)	0,0004
IMC (Kg/m ²)	27,18	27,50	26,77	
Mediana (IIQ)	(23,78-32,84)	(24,22-34,10)	(22,57-31,44)	0,0325
TAVIM (s)	38,06	47,55	29,32	
Mediana (IIQ)	(25,97-54,56)	(34,32-64,17)	(19,63-36,94)	<0,0001
TAVEM (s)	25,62	28,53	20,40	
Mediana (IIQ)	(19,27-32,73)	(22,80-36,44)	(15,72-26,93)	<0,0001
CVF (L)	3,25	3,23	2,07	
Mediana (IIQ)	(2,80-3,77)	(2,55-3,84)	(1,66-2,07)	<0,0001
VEF ₁ (L)	2,70	2,83	2,47	
Mediana (IIQ)	(2,29-3,15)	(2,45-3,28)	(2,09-2,92)	<0,0001
VEF ₁ /CVF (%)	81,61	81,79	81,24	
Mediana (IIQ)	(79,73-83,85)	(80,22-83,86)	(79,44-83,46)	0,025
FEF _{25-75%} (L/s)	2,95	3,16	2,66	
Mediana (IIQ)	(2,45-3,57)	(2,68-3,68)	(2,23-3,19)	<0,0001
FET _{25-75%} (s)	0,67	0,65	0,68	
Mediana (IIQ)	(0,59-0,72)	(0,58-0,71)	(0,61-0,73)	0,004
FEF _{50%} (L/s)	3,63	3,79	3,35	
Mediana (IIQ)	(3,17-4,15)	(3,38-4,26)	(2,95-3,82)	<0,0001
FEF _{75%} (L/s)	1,35	1,54	1,13	
Mediana (IIQ)	(1,00-1,75)	(1,16-1,88)	(0,88-1,54)	<0,0001
FEF _{MAX} (L/s)	6,28	6,52	6,03	
Mediana (IIQ)	(5,68-7,63)	(5,85-8,02)	(5,38-6,80)	<0,0001
VVM (L/min)	99,80	104,50	91,64	
Mediana (IIQ)	(84,70-116,40)	(90,39-121,30)	(78,30-108,70)	<0,0001

Legenda: IMC: índice de massa corporal; TAVIM: tempo inspiratório máximo de apneia voluntária; TAVEM: tempo expiratório máximo de apneia voluntária; CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁/CVF: relação VEF₁/CVF; FEF_{25-75%}: fluxo expiratório forçado médio acima de 25–75% da CVF; FET_{25-75%}: tempo expiratório forçado médio acima de 25-75% da CVF; FEF_{50%}: tempo expiratório forçado médio acima de 50% da CVF; FEF_{75%}: tempo expiratório forçado médio acima de 75% da CVF; FEF_{max}: fluxo expiratório máximo; VVM: ventilação voluntária máxima. IIQ: intervalo interquartil; IC95%: intervalo de confiança de 95%.

Notas: Foi utilizado o teste de Mann-Whitney para variáveis não paramétricas e o teste exato de Fisher para variáveis categóricas. Os distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos, por não apresentarem diferenças significativas entre si, foram agrupados como Espirometria Anormal (vide texto).

Tabela 2 - Medidas avaliadas antes e após o Teste da Apneia

Teste de Mann-Whitney- Wilcoxon	Correlação (p-valor)
PAS antes e após TAVIM	0,3722
PAD antes e após TAVIM	0,3987
Pulso antes e após TAVIM	0,0978
SpO ₂ antes e após TAVIM	0,0011
PAS antes e após TAVEM	0,0116
PAD antes e após TAVEM	0,1516
Pulso antes e após TAVEM	0,0870
SpO ₂ antes e após TAVEM	<0,0001

Legenda: Avaliação da Pressão Arterial Sistólica (PAS), Pressão Arterial Diastólica (PAD), Pulso e Saturação Periférica de Oxigênio (SpO₂) antes e após a medição do Tempo de Apneia Voluntária Inspiratória Máxima (TAVIM) e do Tempo de Apneia Voluntária Expiratória Máxima (TAVEM), utilizando o teste de Mann-Whitney-Wilcoxon para variáveis não-paramétricas.

Os indivíduos foram divididos, de acordo com o laudo espirométrico, em grupo de exame normal, de distúrbio ventilatório obstrutivo ou de distúrbio ventilatório restritivo, após consenso de dois especialistas (Kappa de Cohen = 0,881, intervalo de confiança de 95% de 0,826 a 0,936). Em pacientes com distúrbio obstrutivo, a mediana do TAVIM foi de 34,72 (IIQ 23,79-49,08) e a mediana do TAVEM foi de 23,42 (IIQ 16,37-31,67). Em pacientes com transtorno restritivo, a mediana do TAVIM foi de 32,03 (IIQ 20,08-45,45) e a mediana do TAVEM foi de 23,20 (IIQ 16,43-30,03). Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os pacientes com distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos em relação ao TAVIM ($p= 0,1255$) e ao TAVEM ($p= 0,4794$) e, portanto, os anormais foram agrupados em um único grupo (grupo anormal), como apresentado na **Tabela 3**. Há diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos finais em relação ao Índice de Massa Corporal (IMC) (**Tabela 1**) e em relação à idade (**Figura 13**).

Os indivíduos do sexo feminino foram mais numerosos em ambos os grupos normal e anormal, tendo o teste exato de Fisher produzido um valor-p de 0,0824 (**Tabela 1**). O teste de correlação de Spearman demonstrou um $r=0,1637$, com $p=0,0904$, entre os valores de TAVIM separados por sexo. O TAVEM, separado por sexo, apresentou $r=0,2023$, com $p=0,0358$, para a correlação de Spearman (**Tabela 4**).

Tabela 3 - Dados do grupo anormal

Grupo Anormal (n.115)	Distúrbio Obstrutivo (n =79)	Distúrbio Restritivo (n = 36)	p-valor
TAVIM (s)	34,72	32,03	0,1255
Mediana (IIQ)	(23,79-49,08)	(20,08-45,45)	
TAVEM (s)	23,42	23,20	0,4794
Mediana (IIQ)	(16,37-31,67)	(16,43-30,03)	

Legenda: TAVIM: tempo inspiratório máximo de apneia voluntária; TAVEM: tempo expiratório máximo da apneia voluntária. IIQ: intervalo interquartil

Notas: O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para variáveis não paramétricas.

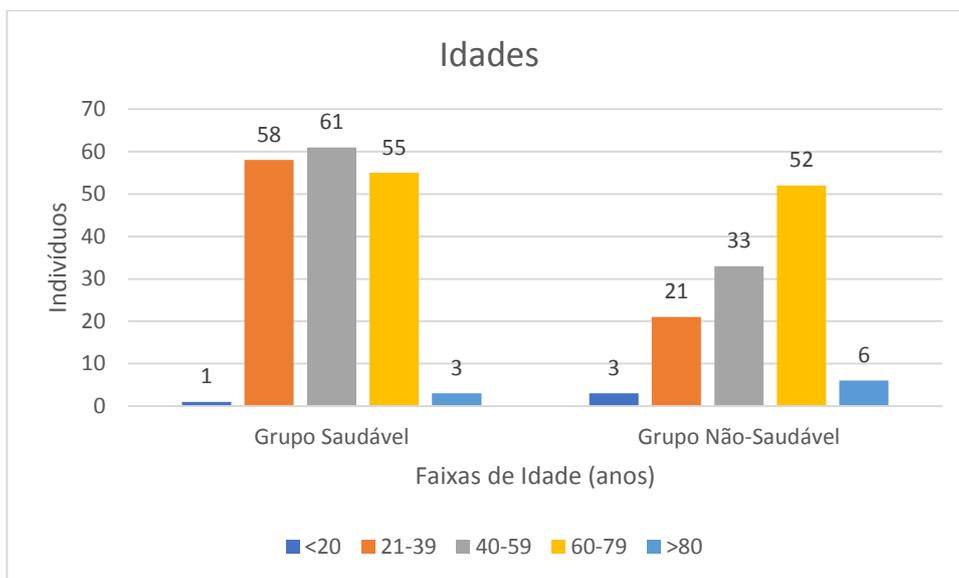
Tabela 4 - Dados do TAVIM e do TAVEM por sexo

Indivíduos	Feminino x Masculino	
	TAVIM	r= 0,1637
TAVEM	r= 0,2023	P=0,0358

Legenda: TAVIM: tempo inspiratório máximo de apneia voluntária; TAVEM: tempo expiratório máximo da apneia voluntária

Notas: O teste de correlação de Spearman foi utilizado para variáveis não paramétricas. Há uma diferença estatística que demonstra uma interferência no sexo no TAVIM.

Figura 13 - Distribuição etária dos participantes



Legendas: Grupo Saudável - indivíduos com espirometria normal; Grupo Não-Saudável - indivíduos com espirometria anormal; <20: indivíduos com menos de 20 anos; 20–39: idade entre 20 e 39 anos; 40-59: idade entre 40 e 59 anos; 60–79: idade entre 60 e 79 anos; >80: mais de 80 anos.

Nota: Os grupos foram analisados pelo método de Spearman, com $r = 0,7000$.

O TAVIM foi menor em indivíduos anormais (mediana 29,32s, IC95% 25,99-32,35s) do que em normais (mediana 47,55s, IC95% 43,93-51,87s), com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,0001$). O TAVEM também foi menor nos indivíduos anormais (mediana 20,40s, IC95% 18,66-22,88) do que nos normais (mediana 28,53, IC95% 26,74-30,63s), $p < 0,0001$ (**Tabela 5**). A relação entre o tempo de apneia e os fluxos e volumes pulmonares é mostrada na **Tabela 6**.

A acurácia diagnóstica foi avaliada comparando-se o TAVIM e o TAVEM de espirometrias normais com o TAVIM e o TAVEM de espirometrias anormais. A área sob a curva ROC foi de 0,7878 para TAVIM e 0,7326 para TAVEM. O $TAVIM \geq 45,49s$, apresentou sensibilidade de 90,43% (IC95% 83,68-94,57) e especificidade de 55,06% (IC95% 47,72-62,18), e o $TAVEM \geq 32,86s$, apresentou sensibilidade de 90,43% (IC95% 83,68-94,57) e especificidade de 33,71% (IC95% 27,17-40,93) no diagnóstico de espirometria normal (**Figuras 14 e 15**).

Tabela 5 - Valores dos TAVIM e TAVEM

	Todos (n = 293)	Normal (n = 178)	Anormal (n = 115)	Valor de p
TAVIM (s)	38,06	47,55	29,32	<0,0001
Mediana (IIQ)	(25,97–54,56)	(34,32–64,17)	(19,63–36,94)	
TAVEM (s)	25,62	28,53	20,40	<0,0001
Mediana (IIQ)	(19,27–32,73)	(22,80–36,44)	(15,72–26,93)	

Legenda TAVIM: tempo inspiratório máximo de apneia voluntária; TAVEM: tempo expiratório máximo da apneia voluntária. IIQ: intervalo interquartil.

Notas: O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para variáveis não paramétricas. Os distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos, por não apresentarem diferenças significativas entre si, foram agrupados como espirometria anormal.

Tabela 6 - Análise dos dados do Teste de Apneia e volumes e fluxos espirométricos

	TAVIM		TAVEM	
	r	p-valor	r	p-valor
CVF (L)	0,4806	<0,0001	0,3799	<0,0001
VEF ₁ (L)	0,3945	<0,0001	0,3307	<0,0001
VEF ₁ /CVF (%)	0,1167	0,0460	0,0683	0,2437
FEFmax (L/s)	0,4327	<0,0001	0,3183	<0,0001
VVM (L/min)	0,4388	<0,0001	0,3402	<0,0001

Legendas: TAVIM, tempo inspiratório máximo de apneia voluntária; TAVEM, tempo expiratório máximo de apneia voluntária; CVF, capacidade vital forçada; VEF₁, volume expiratório forçado no primeiro segundo; VEF₁/CVF, relação VEF₁/CVF; FEFmax, taxa de fluxo expiratório máximo; VVM, ventilação voluntária máxima.

Notas: a correlação de Spearman foi usada para variáveis não-paramétricas.

Figura 14 - Curva ROC do tempo inspiratório de apneia voluntária máxima normal versus anormal

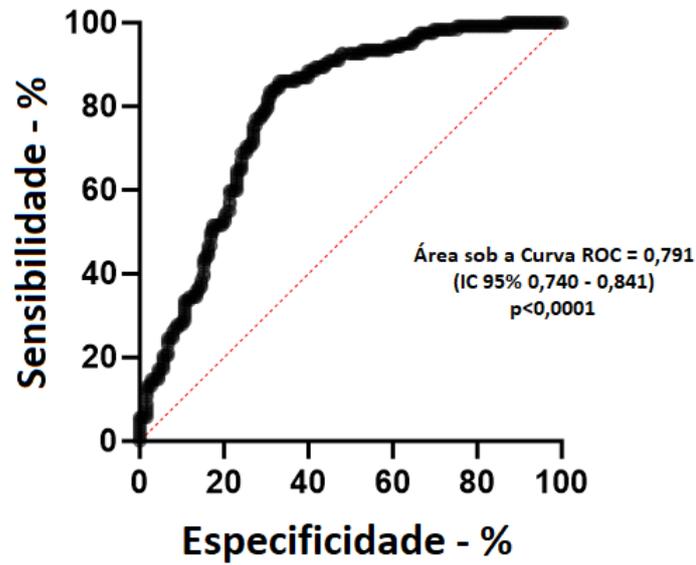
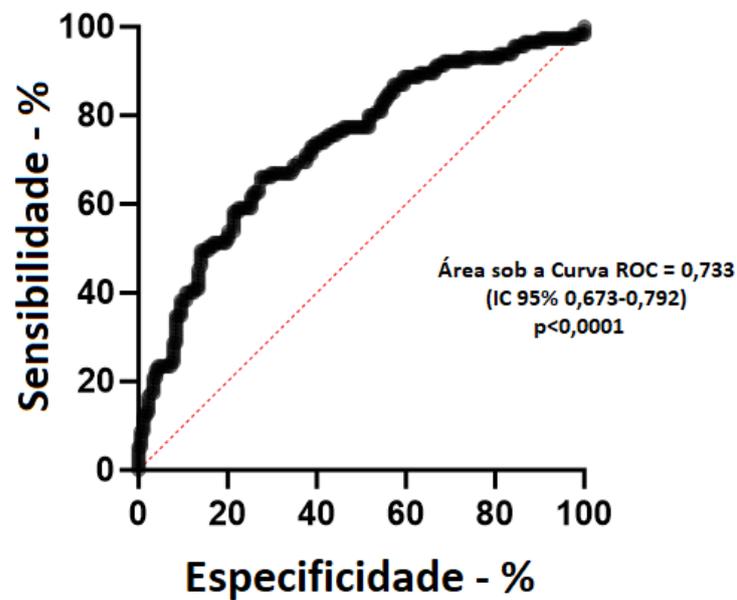


Figura 15 - Curva ROC do tempo expiratório máximo normal versus anormal da apneia voluntária



Não houve complicações maiores no TA. Alguns indivíduos apresentaram tosse (6,83%), cansaço (5,12%), cefaleia (7,85%), visão turva (1,36%), taquicardia (3,41%) e/ou pico hipertensivo (0,34%). A incidência total de sinais e sintomas adversos foi de 20,13%. As complicações por sistema orgânico foram agrupadas na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Incidência de intercorrências durante Teste da Apneia

Intercorrência	N	%
Cardiológica e Neurológica	1	0,34
Cardiológicas	9	3,07
Neurológicas	24	8,19
Pulmonares	25	8,53
Total de Complicações	59	20,13

A nota de avaliação subjetiva do TA pelos indivíduos participantes resultou numa mediana de valor 10, confirmando a facilidade da realização do teste sem necessidade de aparato técnico adicional.

5 DISCUSSÃO

O TA é um exame sensível para determinar um distúrbio ventilatório, sem classificá-lo em obstrutivo, restritivo ou misto. Ele é seguro, com a exigência de equipamentos comuns na prática da saúde, e pode ser realizado por qualquer profissional da área da saúde, inclusive por agentes comunitários. Assim permite pré-selecionar indivíduos para o prosseguimento da investigação por equipes com maiores qualificações e disponibilidade de exames mais complexos, como a Espirometria.

Na revisão sistemática realizada por Dankert e colaboradores [27], há uma falta de evidências robustas de estudos de alta qualidade para provar o quanto o resultado da espirometria prediz as complicações pulmonares pós-operatórias (CPP) em cirurgias não-torácicas. Por outro lado, análises de subgrupos sugerem que pode haver um benefício ou aumento do valor diagnóstico da espirometria em pacientes em pré-operatório de cirurgias de abdome superior. Assim, a espirometria poderia aumentar a segurança em cirurgias de abdome superior, definindo a necessidade de pós-operatório em unidades fechadas ou de monitorização perioperatória adicional.

As políticas de contenção de gastos no contexto econômico global levam à busca por métodos e técnicas de saúde menos onerosos, como exames à beira do leito, sem a necessidade de um aparato específico para realizá-los. O TA é um método estático de avaliação da ventilação pulmonar, não invasivo, de baixo custo e fácil reprodutibilidade, e com possibilidade de auxiliar na avaliação da função respiratória [12]. O paciente simplesmente mantém a apneia voluntária pelo maior tempo possível, a partir da capacidade pulmonar total (TAVIM) ou volume residual (TAVEM). Com o uso de acessórios de baixo custo (cronômetro, esfigmomanômetro automático e oxímetro digital), um profissional técnico, com uma pequena curva de aprendizado, pode anotar os valores medidos [13].

A validação do TA foi feita comparando-se os valores de TAVIM e TAVEM de pacientes saudáveis com os valores de pacientes com distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos. O diagnóstico foi baseado no resultado da espirometria e, caso fosse necessário, confirmação por pletismografia de corpo inteiro, sob análise de dois especialistas em testes de função pulmonar (Kappa de Cohen=0,881, intervalo de confiança de 95% de 0,826 a 0,936). Os pacientes com distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos foram agrupados em um único grupo, denominado anormal, pois não houve diferença estatística significativa entre eles, tanto para o TAVIM ($p= 0,1255$) quanto para o TAVEM ($p= 0,4794$).

Os indivíduos apresentaram distribuição pelos grupos desigual quanto ao sexo, com o valor-p de 0,0824, obtido pelo teste exato de Fisher, demonstrando a importância dessa diferença nos resultados. Se comparados os valores de TAVIM por sexo, o p não significativo pode implicar em influência maior da desigualdade de distribuição, o que não foi observado no TAVEM (**Tabela 4**).

Barnai *et al.* [15], em 2005, determinaram o valor do tempo de apneia como índice de tolerância ao exercício em pacientes com fibrose cística (FC). O tempo de apneia foi medido em 18 pacientes e o nível de condicionamento físico foi avaliado por meio de um teste de esforço progressivo em cicloergômetro. A duração do TAVIM foi de $24,7 \pm 2,87$ (média \pm DP) segundos, variando entre 10 e 58. O TAVIM apresentou correlação significativa com a eliminação de dióxido de carbono ($r=0,898$), a capacidade de trabalho ($r=0,899$) no limiar anaeróbio e o consumo de oxigênio ($r=0,895$). Seus resultados sugeriram que o tempo de apneia voluntária pode ser um índice útil para a predição da tolerância ao exercício de pacientes com FC.

Nannini *et al.* [28], em 2007, criaram um procedimento simples que facilita o reconhecimento da baixa percepção de dispneia (BPD) em pacientes com asma quase fatal. Eles combinaram o escore de Borg no final da manobra voluntária de apneia com a limitação das vias aéreas. A equação foi a seguinte: $VEF_1/CVF\% / (\text{tempo de apneia em segundos} / \text{escore de Borg final} - \text{escore de Borg basal})$. O valor limite do índice que poderia prever o BPD foi <12 , com sensibilidade de 100%. A razão de verossimilhança negativa (quando o índice ≥ 12) foi zero. Um resultado ≥ 12 representou uma probabilidade quase nula de BPD e pode excluir a probabilidade de BPD em indivíduos com asma estável.

Viecile *et al.* [13], em 2012, estudaram a correlação entre a TAVIM e o TAVEM e os resultados da espirometria, tanto em pacientes com DPOC ($n=17$) quanto em asmáticos ($n=18$). A significância estatística só foi verificada comparando-se pacientes com DPOC com CVF (TAVIM com $r=0,656$ e $p=0,04$; TAVEM com $r=0,505$ e $p=0,039$) e VEF_1 (TAVIM com $r=0,518$ e $p=0,033$; TAVEM com $r=0,757$ e $p<0,0001$). O presente estudo, no entanto, encontrou relação estatisticamente significativa do TAVIM com CVF, VEF_1 , VEF_1/CVF , FEFmax e VVM, e do TAVEM com CVF, VEF_1 , FEFmax e VVM, porém com valores r menores. Essa diferença nos resultados pode ser devida ao tamanho da amostra, com n consideravelmente maior no presente estudo.

Hedhli *et al.* [14], em 2021, realizaram um estudo transversal incluindo pacientes com DPOC confirmada e estável. Os resultados mostraram que o TAVIM se correlacionou significativamente com VEF_1 ($r=0,686$; $p<0,0001$), CVF ($r=0,632$), relação VEF_1/CVF ($r=$

0,645), estágio DPOC GOLD e distância do TC6. Além disso, o TAVIM demonstrou ter um bom poder discriminatório para formas graves de DPOC com uma ASC de 0,822 (IC 95% 0,7-0,945). Assim, um TAVIM menor que 20,5 s permitiu a detecção de $VEF_1 < 50\%$ com especificidade de 96% e sensibilidade de 72%. O presente estudo encontrou alta sensibilidade (acima de 90%) para $TAVIM \geq 45,49s$ ou $TAVEM \geq 32,86s$ na detecção de espirometria normal.

Segundo Vipin *et al.* [29], a apneia única tem correlação positiva com VEF_1 pós-broncodilatador e CVF, com nível de correlação altamente significativo, embora a correlação seja mais baixa quando analisado *Peak-Flow*, particularmente em pacientes com doença obstrutiva. Os autores concluem que o tempo de apneia superior a 20 segundos corresponde ao VEF_1 de 0,64 litros, independentemente da anormalidade espirométrica. Assim, pode-se deduzir que pacientes com tempo de apneia superior a 20 segundos devem ser submetidos a procedimentos cirúrgicos. Mas o estudo atual não corrobora tal valor.

Mathiyalagan *et al.* [30] afirmou que no contexto da avaliação da função pulmonar, a análise de sensibilidade refere-se ao processo de análise do impacto da idade, sexo, comorbidades e fatores ambientais na sensibilidade do TA e do *Peak-Flow* para detectar anormalidades ou alterações na função pulmonar. Tais variáveis ainda estão sendo avaliadas no presente estudo.

Não houve complicações maiores durante o TA, apenas tontura, cefaleia, cansaço e tosse, demonstrando a segurança desse teste. Busch *et al.*, em 2020 [17], mostraram que a hipóxia de curto prazo foi suficiente para provocar bradicardia durante a apneia, mas a ocorrência de arritmias em resposta à apneia não foi afetada.

O TA foi bem avaliado pelos indivíduos participantes, classificando-o como de fácil execução, conforme notas atribuídas ao exame (mediana de 10; IIQ 9-10), corroborando os achados de Vicile *et al.* [13].

O presente estudo tem limitações. Todos os indivíduos envolvidos no estudo pertenciam ao mesmo centro de monitoramento de doenças pulmonares. A distribuição etária e por sexo dos participantes não foi uniforme, o que pode ter alterado os resultados. Por fim, o diagnóstico de distúrbios ventilatórios obstrutivos e restritivos foi feito por espirometria e, quando necessário, pletismografia de corpo inteiro, sem análise de DLCO ou ergoespirometria. Também não foi estudado o Peek Flow.

CONCLUSÃO

Os tempos obtidos no TA, tanto TAVIM quanto TAVEM, são um novo parâmetro funcional útil, diferente dos dados obtidos pela espirometria, com possibilidade de serem utilizados no rastreamento populacional de distúrbios ventilatórios, de baixo custo, reprodutível, à beira do leito e de fácil execução, com elevada sensibilidade.

As correlações do TAVIM e do TAVEM com os parâmetros espirométricos foram fracas sugerindo que o TA é uma variável independente das variáveis da espirometria.

REFERÊNCIAS

- 1- ONU News. OMS: custos com saúde já representam 10% do PIB mundial [Internet]. 2023 [citado 2024 Sep 15]. Disponível em: [OMS: custos com saúde já representam 10% do PIB mundial | ONU News](#).
- 2- Silveira FG, Gaiger ML. O Gasto em Saúde e suas Bases de Financiamento: Dinâmica E Tendências para o Brasil [Internet]. 2021 [citado em 2024 Jun 18]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2021. Disponível em: [Saúde Amanhã: Textos para Discussão 74: O gasto em saúde e suas bases de financiamento: dinâmica e tendências para o Brasil \(fiocruz.br\)](#).
- 3- Brasil. Pesquisa do grupo de contas de saúde aponta que gasto corrente com saúde no Brasil aumentou em 25,1% entre 2015 e 2019 [Internet]. 2021 [citado em 2023 Jun 18]. Disponível em: [20210623_relatorio_pcdt_doenca_pulmonar_obstrutiva_cronica.pdf \(www.gov.br\)](#).
- 4- Brasil. Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas da Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. Brasília: Ministério da Saúde [Internet]. 2021 [citado em 2024 aug 11]. Disponível em: [20210623_relatorio_pcdt_doenca_pulmonar_obstrutiva_cronica.pdf \(www.gov.br\)](#).
- 5- Morsch JA. Aparelho de espirometria: o que é, para que serve, tipos e mais [Internet]. 2023 [citado em 2023 jun 18]. Disponível em: [Aparelho de espirometria: modelos e como usar \(telemedicinamorsch.com.br\)](#).
- 6- Neder JA. Teste de Exercício Cardiopulmonar. J Pneumol. 2002 oct; 28(Supl. 3):166-206.
- 7- McMechan FH. The Diagnostic and Prognostic Value of Breath-Holding Test. Cal State J Med. 1922 Nov;20(11):377-80.
- 8- Inoue H, Yamauchi K, Kobayashi H, Shikanai T, Nakamura Y, Satoh J, *et al*. A new breath-holding test may noninvasively reveal early lung abnormalities caused by smoking and/or obesity. Chest. 2009 Aug;136(2):545-553.
- 9- Euliano TY, Gravenstein JS, Gravenstein N, Gravenstein D. Essential Anesthesia: From Science to Practice. 2nd Edition. Cambridge: Cambridge University Press; 2011:104-18.
- 10- Des Jardins T. Cardiopulmonary Anatomy & Physiology Essentials for Respiratory Care Fifth Edition. Clifton Park: Delmar Cengage Learning, 2013:7-179.
- 11- Parkes MJ. Breath-holding and its breakpoint. Exp Physiol. 2006 Jan;91(1):1-15.
- 12- Trembach N, Zabolotskikh I. The Influence of Age on Interaction between Breath-Holding Test and Single-Breath Carbon Dioxide Test. Biomed Res Int. 2017;2017:1010289.
- 13- Viecili RB, Silva DR, Sanches PRS, Muler AF, da Silva DP, Barreto SSM. Real-Time Measurement of Maximal Voluntary Breath-Holding Time in Patients with Obstructive Ventilatory Defects and Normal Controls. Journal of Pulmonary and Respiratory Medicine, 2012(05):1-3.

- 14- Hedhli A, Slim A, Ouahchi Y, Mjid M, Koumenji J, Cheikh Rouhou S, *et al.* Maximal Voluntary Breath-Holding Tele-Inspiratory Test in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Mens Health*. 2021 May-Jun;15(3):15579883211015857
- 15- Barnai M, Laki I, Gyurkovits K, Angyan L, Horvath G. Relationship between breath-hold time and physical performance in patients with cystic fibrosis. *Eur J Appl Physiol*. 2005 Oct;95(2-3):172-8.
- 16- Soares J. Descomplicando a Fisiologia Pulmonar [Internet]. 2017 [citado em 2024 sep 22]. Disponível em: [Descomplicando a Fisiologia Pulmonar | PPT \(slideshare.net\)](#)
- 17- Nishino T. Pathophysiology of dyspnea evaluated by breath-holding test: studies of furosemide treatment. *Respir Physiol Neurobiol*. 2009 May 30;167(1):20-5.
- 18- Langan RC, Goodbred AJ. Office Spirometry: Indications and Interpretation. *Am Fam Physician*. 2020 Mar 15;101(6):362-368.
- 19- Hayes D Jr, Kraman SS. The physiologic basis of spirometry. *Respir Care*. 2009 Dec;54(12):1717-26.
- 20- Ruppel GL, Enright PL. Pulmonary function testing. *Respir Care*. 2012 Jan;57(1):165-75.
- 21- Ruiz VP. Volumenes y capacidades pulmonares [Internet]. 2013 [citado em 2024 sept 18]. Disponível em: [Volumenes y capacidades pulmonares | PPT \(slideshare.net\)](#).
- 22- Storck R. Teoria e exercícios comentados. Estratégia Concursos [Internet]. 2016 [citado em 2023 jun 13]. Disponível em: https://cdn.estrategiaconcursos.com.br/storage/temp/aula/84122/0/curso-10109-aula-00-311d-completo.pdf?Expires=1727829839&Signature=TvIDxzbU8embYIakKs0BvGFMHZA-jI~qkzBMfih234Hv9YCplcjBEOcM~a4uc3BKJlx94QnpdK1s0c8ax~HC8Brv1kPeC7vVwLP9K5mw4uTmCkrlP9E799DSOQ0cSEopKSqIZ4FFdONezcNsMZp58snBA6QAdQkYmb9olNbUDVNUX5R71zJvKeXWLku7UzLVn68oNMgT0qlvf57GoqVloahyeRNWKJ-9TIVH4BbLKijwdc98TNDYJXdE2SLXUUc1RXcQz1O6EyllpXk~0JXwBqlZIL6XqxR-38DZih20cUOeXvIT~kj9r0tYCD~QIXAN22oOUgznAJonXmol-8xw__&Key-Pair-Id=APKAIMR3QKSK2UDRJITQ
- 23- Haynes JM, Kaminsky DA, Stanojevic S, Ruppel GL. Pulmonary Function Reference Equations: A Brief History to Explain All the Confusion. *Respir Care*. 2020 Jul;65(7):1030-1038.
- 24- Bhakta NR, Bime C, Kaminsky DA, McCormack MC, Thakur N, Stanojevic S, *et al.* Race and Ethnicity in Pulmonary Function Test Interpretation: An Official American Thoracic Society Statement. *Am J Respir Crit Care Med*. 2023 Apr 15;207(8):978-995.
- 25- Stanojevic S, Kaminsky DA, Miller MR, Thompson B, Aliverti A, Barjaktarevic I, *et al.* ERS/ATS technical standard on interpretive strategies for routine lung function tests. *Eur Respir J*. 2022 Jul 13;60(1):2101499.
- 26- Saúde sem Dano. Roteiro Global para Descarbonização do Setor Saúde Uma ferramenta de orientação para alcançar emissões zero com resiliência climática e equidade em saúde

[Internet]. 2021 [citado em 2024 sep 18]. Disponível em:

https://healthcareclimateaction.org/sites/default/files/2021-09/SSD_RGDSS_Roteiro-completo_pt-BR4.pdf

27- Dankert A, Dohrmann T, Löser B, Zapf A, Zöllner C, Petzoldt M. Pulmonary Function Tests for the Prediction of Postoperative Pulmonary Complications. *Dtsch Arztebl Int.* 2022 Feb 18;119(7):99-106.

28- Nannini LJ, Zaietta GA, Guerrero AJ, Varela JA, Fernández OM, Flores DM. Breath-holding test in subjects with near-fatal asthma. A new index for dyspnea perception. *Respir Med.* 2007 Feb;101(2):246-53.

29- Vipin A, Gauri G, Shubhangi A, Himanshu P, Pankaj M, Ruchita K, *et al.* Correlation of Breath Holding Time with Spirometry Test: An Alternative non-Technician Dependent Surrogate Test for Spirometry. *International Journal of Medicine.* 2018 Mar; 5(3):69-73.

30- Mathiyalagan A, Gururaj P, Sasikumar S, Vadivelu G. Exploring Breath Holding Time and Pefr as Surrogate Tests for Lung Function Compared with Standard Spirometry. *Afr.J.Bio.Sc.*, 2024. 6(9): 2531-50.

ANEXO A – Aprovação pela Comissão de Ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DO TESTE DA APNÉIA COMO TRIAGEM PARA A NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO OU NÃO DA PROVA DE FUNÇÃO RESPIRATÓRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIAS ABDOMINAIS

Pesquisador: GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 62652722.3.0000.5259

Instituição Proponente: Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.718.391

Apresentação do Projeto:

Transcrição editada do conteúdo registrado do protocolo "AVALIAÇÃO DO TESTE DA APNÉIA COMO TRIAGEM PARA A NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO OU NÃO DA PROVA DE FUNÇÃO RESPIRATÓRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIAS ABDOMINAIS: PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_" e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Objetivo da Pesquisa:

Transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil.

Objetivo Primário:

Confirmar a hipótese de que os resultados do teste da Apnéia mantém relação estatisticamente significativa com os achados da Prova de Função Respiratória, servindo como indicador da necessidade ou não de realização deste último exame, visando a redução de custos e de tempo para a realização da cirurgia. **Objetivo Secundário:**

1. Apontar valores considerados normais para o teste da Apnéia, diretamente representativos de exames espirométricos normais, na população do Estado do Rio de Janeiro;
2. Criar parâmetros para um protocolo de realização do teste da Apnéia visando sua total reprodutibilidade

Endereço: Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br



Continuação do Parecer: 5.718.391

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

não há riscos importantes

Benefícios:

Acelerar o preparo pré-operatório de cirurgias eletivas; evitar realização de exames desnecessários, reduzindo custos; aumentar dados relevantes do paciente fornecidos à equipe anestesiológica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de Tese de Mestrado do aluno GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS cujo orientador é o Prof. Rogério Lopes Rufino Alves. É um trabalho inovador, de vanguarda, muito bem pensado e planejado e que pode trazer uma resposta prática e eficiente para a saúde; facilitando muito a avaliação pré operatória dos pacientes, diminuindo custos e aumentando eficiência.

O serviço de Pneumologia e Prova Respiratória do HUPE/PPC esta de acordo em realizar o trabalho nas suas dependências.

Não tem orçamento e não menciona fontes de financiamento, acredito que seja financiamento próprio pois realmente não tem custo.

O cronograma esta equivocado quanto a data de início, sem prejudicar o trabalho, pode ser atualizada.

O cálculo amostral é de 30 pacientes, pois trata-se de um projeto piloto, visto o ineditismo desta pesquisa.

A metodologia é adequada para responder a pergunta do pesquisador.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram analisados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

- 1) Folha de Rosto para pesquisa envolvendo seres humanos: ADEQUADO
- 2) Projeto de Pesquisa: ADEQUADO
- 3) Orçamento financeiro e fontes de financiamento: ADEQUADO
- 4) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido: NECESSITA DE PEQUENO AJUSTE
- 5) Cronograma: NECESSITA DE ALTERAÇÃO
- 6) Documentos pertinentes à inclusão do HUPE: ADEQUADOS
- 7) Currículo do pesquisador principal e demais colaboradores: ADEQUADO

Recomendações:

COLOCAR NO PROJETO OS RISCOS COMO ESTA DESCRITO NO TCLE:

Endereço: Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br



Toda pesquisa oferece algum tipo de risco. Nesta pesquisa, o risco pode ser avaliado como mínimo, já que o teste de apneia é limitado pelo próprio paciente, dentro dos seus limites. Podem ocorrer náuseas, desmaios, queda da saturação de oxigênio e da pressão. Porém, a pressão arterial, a saturação de oxigênio e a frequência cardíaca serão continuamente monitorados para reduzir riscos.

RETIRAR O TERMO "comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa" DO TCLE NO ITEM 6.CUSTOS, REMUNERAÇÃO E INDENIZAÇÃO:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto pode ser realizado da forma como está apresentado. Após análise do protocolo foi verificado o atendimento à legislação vigente e o protocolo encontra-se apto para início. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS nº466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria – APROVADO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Em consonância com a resolução CNS 466/12 e a Norma Operacional CNS 001/13, o CEP recomenda ao O projeto pode ser realizado da forma como está apresentado. Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. S^a., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) Meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1947151.pdf	18/08/2022 10:57:32		Aceito
Declaração de concordância	declaracaociencia.pdf	18/08/2022 10:56:52	GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	tcle.docx	18/08/2022 10:56:29	GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS	Aceito

Endereço: Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br



HOSPITAL UNIVERSITÁRIO
PEDRO ERNESTO/UERJ



Continuação do Parecer: 5.718.391

Justificativa de Ausência	tcle.docx	18/08/2022 10:56:29	GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS	Aceito
Folha de Rosto	rosto.pdf	18/08/2022 10:50:48	GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetomest22.doc	12/05/2022 10:59:20	GUSTAVO PERISSE MOREIRA VERAS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 24 de Outubro de 2022

Assinado por:
MARIO FRITSCH TOROS NEVES
(Coordenador(a))

Endereço: Av. 28 de setembro, nº77 - CePeM - Centro de Pesquisa Clínica Multiusuário - 2º andar/sala nº 28 - prédio
Bairro: Vila Isabel **CEP:** 20.551-030
UF: RJ **Município:** RIO DE JANEIRO
Telefone: (21)2868-8253 **E-mail:** cep@hupe.uerj.br

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Número e iniciais do(a) paciente: _____ / _____

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO**NOME DO ESTUDO: AVALIAÇÃO DO TESTE DA APNÉIA COMO TRIAGEM PARA A NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO OU NÃO DA PROVA DE FUNÇÃO RESPIRATÓRIA NO PRÉ-OPERATÓRIO DE CIRURGIAS ABDOMINAIS.”****Pesquisador: Gustavo Périssé Moreira Veras****Coordenador: Prof. Dr. Rogério Rufino****Endereço:****Número do telefone:****INTRODUÇÃO E CONVITE PARA PARTICIPAR:**

O Sr.(a) está sendo convidado(a) para participar de uma pesquisa. Antes de concordar em participar desta pesquisa, é importante que o Sr.(a) leia e entenda a explicação. Esta declaração descreve o objetivo, os procedimentos, benefícios, riscos, desconfortos e cuidados associados com a pesquisa. Ela descreve também o seu direito de sair da pesquisa a qualquer momento.

O Sr.(a) está sendo convidado(a) para participar desta pesquisa para validar o Teste da Apneia entre indivíduos brasileiros. Este teste já existe, mas é pouco realizado pela falta de validação e de valores de referência.

O Sr.(a) está sendo convidado a participar desta pesquisa porque é maior de 18 anos e está em pré-operatório de cirurgia eletiva.

OBJETIVO DO ESTUDO

O objetivo do estudo será avaliar o Teste da Apneia quanto a sua correspondência ao exame de espirometria, determinando um valor ou faixa de valores considerados normais em uma população brasileira.

AVALIAÇÃO DO SEU ESTADO DE SAÚDE

Haverá um período de seleção para saber se o(a) Sr(a). pode participar do estudo.

Depois que o(a) Sr.(a) concordar em participar e assinar este termo de consentimento livre e esclarecido, serão seguidos os seguintes passos:

- Preenchimento de questionário sobre o seu estado de saúde, com perguntas sobre as doenças, bem como aspectos socioeconômico-culturais;
- Teste da Apneia, para avaliar o tempo que o Sr.(a) consegue manter -se sem respirar tanto após uma expiração quanto após uma inspiração profunda.
- Prova de função respiratória (espirometria), que será feita na Disciplina de Pneumologia. Durante o exame, o (a) paciente deverá produzir uma expiração forçada (soprar com força). O exame será repetido após o uso de medicamento broncodilatador (que dilata os brônquios) para avaliar se esse medicamento pode melhorar a respiração.

SUAS RESPONSABILIDADES

- O Sr(a) deverá realizar todos os exames programados;
- O Sr.(a) deve informar corretamente sobre suas eventuais doenças e sobre qualquer medicamento que esteja tomando;

RISCOS RELACIONADOS AO ESTUDO

Toda pesquisa oferece algum tipo de risco. Nesta pesquisa, o risco pode ser avaliado como mínimo, já que o teste de apneia é limitado pelo próprio paciente, dentro dos seus limites. Podem ocorrer náuseas, desmaios, queda da saturação de oxigênio e da pressão. Porém, a pressão arterial, a saturação de oxigênio e a frequência cardíaca serão continuamente monitorados para reduzir riscos.

BENEFÍCIOS

Além de estas fazendo exames que aumentam a segurança de sua cirurgia, poderá contribuir para que a equipe de saúde possa validar o Teste da Apneia para a população brasileira.

RESSARCIMENTO DE DESPESAS

Não haverá nenhum tipo de compensação financeira para os participantes da pesquisa. Por outro lado, os exames serão feitos gratuitamente no Hospital Universitário Pedro Ernesto.

CONFIDENCIALIDADE

A equipe do estudo irá coletar informações a seu respeito. Em todos esses registros um código substituirá seu nome. Todos os dados coletados serão mantidos de forma confidencial e serão usados para a avaliação do estudo. Os dados podem ser submetidos às autoridades de saúde, do Comitê de Ética em Pesquisa ou outras pessoas exigidas por lei podem revisar os dados fornecidos. Estes dados também podem ser usados em publicações médicas sobre os resultados do estudo. Porém, sua identidade não será revelada em qualquer relatório do estudo ou publicações médicas.

PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA / RETIRADA

Sua participação neste estudo é completamente voluntária. Cabe ao Sr(a) decidir se quer participar ou não. Mesmo se decidir participar, o Sr(a) é livre para desistir do estudo a qualquer momento sem dar um motivo ou explicação. Isto não afetará seu cuidado médico futuro de qualquer forma.

ANUÊNCIA PARA FAZER PARTE DO ESTUDO

Assinando este documento você concorda que:

- Você teve chance para fazer perguntas sobre o estudo.
- Você é voluntário(a) para participar deste estudo.

EU CONCORDO LIVREMENTE EM PARTICIPAR DESTE ESTUDO

Assinatura do voluntário

Data (dd/mm/aa)

Nome por escrito do voluntário

Assinatura de Pessoa que explicou o consentimento

Data (dd/mm/aa)

Nome e título da Pessoa que Explicou o Consentimento