



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA

ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE  
VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO  
POSITIVA INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS  
SAUDÁVEIS

**JOÃO PESSOA/PB**  
**2024**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA**

**WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA**

**ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE  
VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO  
POSITIVA INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS  
SAUDÁVEIS**

**JOÃO PESSOA/PB  
2024**

# WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA

## ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO POSITIVA INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Fisioterapia, Área de concentração Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo Eriko Tenório de França.

João Pessoa/PB  
2024

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

F383a Ferreira, Wanessa do Nascimento.

Análise da mobilidade diafragmática e distensão de veia cava inferior durante a aplicação da pressão positiva inspiratória e expiratória em indivíduos saudáveis / Wanessa do Nascimento Ferreira. - João Pessoa, 2024.

58 f. : il.

Orientação: Eduardo Eriko Tenório de França.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCS.

1. Ventilação não invasiva. 2. Veia cava inferior.  
3. Ultrassonografia. I. França, Eduardo Eriko Tenório de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 612.2(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



## ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Curso de Pós-Graduação	Instituição
<b>PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA</b>	<b>UFPB</b>
Ata da Sessão de Defesa de Dissertação do (a) Mestrando (a)	
<b>WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA</b>	
Realizada no Dia	
<b>27/09/2024</b>	

Às 09:00 horas do dia 27 do mês de setembro do ano de 2024 realizou-se a sessão de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso de Mestrado, da discente **WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA** intitulado: ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS. A banca examinadora foi composta pelos professores doutores **Eduardo Ériko Tenório de França** (orientador/UFPB), **José Heriston de Moraes Lima** (membro interno/UFPB) e **Nicole Soares Oliver Cruz** (membro externo/FPB/UNIESP).

A sessão foi aberta pelo Presidente da banca professor **Eduardo Ériko Tenório de França** do Curso de Pós-Graduação em Fisioterapia, que assumiu a coordenação dos trabalhos e apresentou a banca examinadora. Em seguida, a candidata procedeu com a apresentação do trabalho. Após a exposição, seguiu-se o processo de arguição da mestranda. O primeiro examinador foi a professora doutora **Nicole Soares Oliver Cruz**, e logo após procederam a arguição os(as) professores doutores **José Heriston de Moraes Lima** e **Eduardo Ériko Tenório de França**. Em seguida a banca examinadora se reuniu reservadamente a fim de avaliar o desempenho do mestrando.

Diante do exposto e considerando que a mestranda, dentro do prazo regimental, cumpriu todas as exigências do Regimento Geral da UFPB, do Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação "Stricto Sensu" da UFPB e do Regulamento do programa, está apta a obter o **grau de Mestre em Fisioterapia**, a ser conferido pela Universidade Federal da Paraíba. A banca examinadora considerou **APROVADO** com as sugestões a serem efetivadas pelo discente no prazo regimental. Nada mais havendo a relatar a sessão foi encerrada às 10:15 horas. Eu, **Eduardo Ériko Tenório de França**, orientador do programa de Pós-Graduação em Fisioterapia/UFPB, lavrei a presente ata, que depois de lida e aprovada será assinada por mim e pelos membros da banca examinadora.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



João Pessoa, 27 de setembro de 2024.

Prof. Dr. Eduardo Ériko Tenório de França  
Orientador (UFPB)

Prof. Dr. José Heriston de Moraes Lima  
Membro interno (UFPB)

Profa. Dra. Nicole Soares Oliver Cruz  
Membro externo (FPB)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



RELATÓRIO FINAL DO ORIENTADOR

Eu, Prof. Dr. Eduardo Ériko Tenório de França, orientador do trabalho final da **WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA**, do Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia na Linha de Pesquisa "AVALIAÇÃO E INTERVENÇÃO EM FISIOTERAPIA NA FUNCIONALIDADE HUMANA", da Universidade Federal da Paraíba, após exame da vida acadêmica da mencionada aluna, tenho a relatar: a integralização do Curso foi feita dentro do prazo estabelecido pela Legislação vigente na UFPB.

Quanto ao desempenho acadêmico, constata-se que a mestranda cursou todos os créditos exigidos da Estrutura Curricular a que está submetido e foi aprovado no Exame de verificação da capacidade de leitura em língua inglesa.

Na apresentação da dissertação, intitulada **ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**, realizada no dia 27/09/2024, às 09:00 horas, no Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, a mestranda **WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA**, obteve conceito de APROVADO, tendo a Banca Examinadora sido formada pelos especialistas:

MEMBROS – BANCA EXAMINADORA	INSTITUIÇÃO
Eduardo Ériko Tenório de França	UFPB
José Heriston de Moraes Lima	UFPB
Nicole Soares Oliver Cruz	FPB

Diante do exposto, considerando que a mestranda, dentro do prazo regimental, cumpriu todas as exigências do Regimento Geral da UFPB, do Regulamento Geral dos Cursos de Pós-Graduação "Stricto Sensu" da UFPB e do Regulamento do programa, está apto a obter o **grau de Mestre em Fisioterapia**, a ser conferido pela Universidade Federal da Paraíba.

Prof. Eduardo Ériko Tenório de França

DATA: 27/09/2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA



FICHA DE AVALIAÇÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

MESTRANDO (A): **WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA**

MATRICULA: 20221022894

TÍTULO DO TRABALHO: **ANÁLISE DA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA E DISTENSÃO DE VEIA CAVA INFERIOR DURANTE A APLICAÇÃO DA PRESSÃO INSPIRATÓRIA E EXPIRATÓRIA EM INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**

DATA DO EXAME: 27/09/2024 HORA: 09:00 LOCAL: Sala de defesa - PPGFis

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

MEMBROS – BANCA EXAMINADORA	INSTITUIÇÃO	ASSINATURA
Dr. Eduardo Ériko Tenório de França	UFPB	
Dr. José Heriston de Moraes Lima	UFPB	
Dra. Nicole Soares Oliver Cruz	FPB/UNIESP	

A banca Examinadora, em análise dos seguintes aspectos atinentes a apresentação do Trabalho Final da pesquisa de mestrado e procedida a arguição pertinente ao trabalho, teve como PARECER O SEGUINTE: A mestranda, **WANESSA DO NASCIMENTO FERREIRA**, foi APROVADA em seu trabalho final, no entanto, terá 30 dias para realizar as correções sugeridas pela banca examinadora, descritas no corpo da dissertação que foi encaminhada a mesma.

Sendo assim, considerou o Trabalho da Mestranda.

( X ) Aprovado      ( ) Reprovado      ( ) Insuficiente

Eduardo Ériko Tenório de França (orientador)

DATA: 27 de Setembro de 2024

## EPÍGRAFE

*“Os pulmões são o espelho da nossa saúde; avaliar a respiração é compreender a vitalidade do ser.”*

— *Sir William Osler*

## DEDICATÓRIA

Dedico esta conquista, primeiramente, a Deus, por me conceder força, sabedoria e fé ao longo de toda a jornada. À minha família que sempre esteve ao meu lado com amor incondicional, apoio e palavras de encorajamento, sendo minha base em todos os momentos, dedico em especial a minha filha Evelin Nycolle, que abriu mão de tantos momentos em família, para que eu conseguisse alcançar este título. E aos meus amigos, que compartilharam dessa caminhada, oferecendo risos, conselhos e companhia em cada etapa. A todos vocês, minha eterna gratidão.

## RESUMO

**Introdução:** A ventilação não invasiva (VNI) é uma abordagem comum para tratar condições como DPOC, edema agudo de pulmão e insuficiência respiratória, e é conhecida por aumentar os volumes pulmonares e reduzir o trabalho respiratório. Contudo, o uso pressão positiva pode levar à atrofia do diafragma e afetar o débito cardíaco, alterando a capacidade de distensão da veia cava inferior. A ultrassonografia (US) tem se mostrado eficaz na avaliação da função diafragmática e da veia cava inferior, sendo uma ferramenta valiosa para o monitoramento e ajuste da terapia em ambientes críticos. **Objetivo:** Analisar os efeitos agudos das pressões positivas inspiratória e expiratória na cinética diafragmática e na distensão da VCI de indivíduos saudáveis. **Método:** Este é um ensaio clínico randomizado, cruzado e duplo-cego conduzido com indivíduos saudáveis com idades entre 18 e 50 anos. Os participantes receberam aleatoriamente: pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) de 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O, ou pressão positiva inspiratória de dois níveis (IPAP) de 10, 12 e 15cmH<sub>2</sub>O com pressão positiva expiratória final (PEEP) de 5cmH<sub>2</sub>O. Foram avaliados por ultrassonografia o movimento do diafragma e o comportamento da veia cava inferior (VCI), durante a respiração espontânea e os seis níveis de pressão positiva. Os dados foram analisados usando um modelo linear misto e pós-teste de Dunn-Sidak. **Resultados:** Foram incluídos 82 voluntários. A mobilidade diafragmática aumentou nos modos CPAP com pressões de 15cmH<sub>2</sub>O e no modo Bi-level com IPAP de 10, 12 e 15cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixada em 5cmH<sub>2</sub>O, em comparação à respiração espontânea. Também foi observada uma correlação positiva fraca e não significativa entre a força muscular inspiratória, avaliada pela pressão inspiratória máxima, e a mobilidade diafragmática. Houve aumento na distensão da VCI comparado a respiração espontânea ao administrarmos o modo CPAP nas pressões 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O e o modo Bi-level com IPAP de 10,12 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa de 5 cmH<sub>2</sub>O. Quando avaliada a variação do diâmetro da VCI, não obtivemos alterações significativas **Conclusão:** As pressões inspiratória e expiratória positivas foram suficientes para aumentar a cinética diafragmática, principalmente quando pressões positivas mais altas foram utilizadas, e foram capazes de aumentar o diâmetro de VCI tanto na inspiração quanto na expiração.

**Palavras-chave:** Ventilação não invasiva; veia cava inferior; ultrassonografia; cinética diafragmática; distensão da VCI.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar em cada passo dessa jornada. Ao meu orientador, professor Eduardo Eriko, por sua paciência, dedicação e por acreditar no meu potencial, me orientando com sabedoria e entusiasmo, que eu consiga representar ao menos 10% de tudo que fostes, nesses 2 anos. Aos colegas e amigos do LAFIPCARE, pela parceria e apoio em cada desafio enfrentado. Vocês foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, e sou imensamente grato por todo o aprendizado e pelas experiências compartilhadas.

Agradeço de maneira especial ao meu amigo Vinícius Antonino, por sua constante presença, amizade e incentivo ao longo dessa caminhada. Seu apoio foi essencial, tanto nos momentos de dificuldade quanto nas conquistas. Sou grata por sua parceria, que fez toda a diferença durante essa trajetória.

## ABSTRACT

**Introduction:** Non-invasive ventilation (NIV) is a common approach to treating conditions such as COPD, acute pulmonary oedema, and respiratory failure, and is known to increase lung volumes and reduce the work of breathing. However, the use of positive pressure can lead to diaphragmatic atrophy and affect cardiac output, altering the distension capacity of the inferior vena cava (IVC). Ultrasonography (US) has been shown to be effective in assessing diaphragmatic and inferior vena cava function and is a valuable tool for monitoring and adjusting therapy in critical care settings. **Objective:** To analyse the acute effects of positive inspiratory and expiratory pressures on diaphragmatic kinetics and IVC distension in healthy individuals. **Method:** This is a randomised, crossover, double-blind clinical trial conducted in healthy individuals aged 18 to 50 years. Participants were randomly assigned to continuous positive airway pressure (CPAP) of 5, 10, and 15 cmH<sub>2</sub>O, or bi-level inspiratory positive airway pressure (IPAP) of 10, 12, and 15 cmH<sub>2</sub>O with positive end-expiratory pressure (PEEP) of 5 cmH<sub>2</sub>O. Diaphragm movement and IVC behaviour were assessed by ultrasonography during spontaneous breathing and the six levels of positive pressure. Data were analysed using a linear mixed model and Dunn-Sidak post-test. **Results:** Eighty-two volunteers were included. Diaphragmatic mobility increased in CPAP modes with pressures of 15 cmH<sub>2</sub>O and in Bi-level mode with IPAP of 10, 12, and 15 cmH<sub>2</sub>O and PEEP fixed at 5 cmH<sub>2</sub>O, compared to spontaneous breathing. A weak and non-significant positive correlation was also observed between inspiratory muscle strength, assessed by maximum inspiratory pressure, and diaphragmatic mobility. There was an increase in IVC distension compared to spontaneous breathing when administering CPAP mode at pressures of 5, 10 and 15 cmH<sub>2</sub>O, and Bi-level mode with IPAP of 10, 12 and 15 cmH<sub>2</sub>O and fixed PEEP of 5 cmH<sub>2</sub>O. When evaluating the variation in IVC diameter, no significant changes were observed. **Conclusion:** Positive inspiratory and expiratory pressures were sufficient to increase diaphragmatic kinetics, particularly at higher positive pressures, and were able to increase IVC diameter during both inspiration and expiration.

**Keywords:** Noninvasive ventilation; inferior vena cava; ultrasonography; diaphragmatic kinetics; IVC distension.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da variação de pressões pulmonares.....	23
Figura 2 - Fluxograma do protocolo de intervenção.....	27
Figura 3 - Avaliação da espessura diafragmática.....	28
Figura 4 - Representação da captação de imagem da mobilidade diafragmática....	29
Figura 5 - Representação da captação de imagem da distensão da VCI.....	30
Figura 6 - Fluxograma dos participantes do estudo.....	33
Figura 7 - Gráfico da associação entre PIM e mobilidade diafragmática em respiração espontânea.....	36

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Valores médios de mobilidade diafragmática na respiração espontânea e nos diferentes níveis de pressão positiva entre os 82 voluntários.....	23
<b>Tabela 2.</b>	Comparação da mobilidade diafragmática e variação de veia cava inferior entre diferentes níveis de pressão positiva com respiração espontânea.....	23
<b>Tabela 3.</b>	Cronograma de atividades que deverão ser realizadas.....	
<b>Tabela 4.</b>	Orçamento total investido na pesquisa.....	24

## ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CEP</b>	Comitê de ética em pesquisa
<b>cmH<sub>2</sub>O</b>	Centímetros de água
<b>CONSORT</b>	Consolidated standards of reporting trials
<b>CPAP</b>	Continue positive airway pressure
<b>CRF</b>	Capacidade residual funcional
<b>DC</b>	Débito cardíaco
<b>DD</b>	Disfunção diafragmática
<b>DPOC</b>	Doença pulmonar obstrutiva crônica
<b>DVC</b>	Distensão de veia cava
<b>EPAP</b>	Expiratory positive airway pressure
<b>FC</b>	Frequência cardíaca
<b>FE</b>	Fração de espessamento
<b>FR</b>	Frequência respiratória
<b>IMC</b>	Índice de massa corporal
<b>IPAP</b>	Inspiratory positive airway pressure
<b>LAFIPCARE</b>	Laboratório de fisioterapia em pesquisa cardiorrespiratória
<b>PEEP</b>	Positive expiratory end pressure
<b>PIA</b>	Pressão intra-abdominal
<b>PIM</b>	Pressão inspiratória máxima

<b>PTP</b>	Pressão transpulmonar
<b>PVC</b>	Pressão venosa central
<b>TCLE</b>	Termo de consentimento livre esclarecido
<b>TDI</b>	Espessura do diafragma
<b>UFPB</b>	Universidade federal da Paraíba
<b>USG</b>	Ultrassonografia
<b>UTI</b>	Unidade de terapia intensiva
<b>VCI</b>	Veia cava inferior
<b>VNI</b>	Ventilação não invasiva
<b>VO2máx</b>	Consumo máximo de oxigênio
<b>ZA</b>	Zona de aposição

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$  alfa

$\beta$  beta

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	OBJETIVO GERAL.....	19
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
3.1	DIAFRAGMA E MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA.....	20
3.2	VEIA CAVA INFERIOR.....	21
3.3	PRESSÃO POSITIVA E SUA FISIOLOGIA.....	22
3.4	ULTRASSONOGRRAFIA DIAFRAGMÁTICA E DE VCI.....	23
4	MÉTODOS.....	25
4.1	DESENHO DE ESTUDO.....	25
4.2	RECRUTAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS.....	25
4.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	26
4.4	CÁLCULO AMOSTRAL.....	26
4.5	RANDOMIZAÇÃO E MÉTODO DE CEGAMENTO.....	26
4.6	PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO.....	27
4.7	DESFECHOS E INSTRUMENTOS.....	28
4.7.1	Avaliação diafragmática e mobilidade.....	28
4.7.2	Distensão da veia cava inferior.....	29
4.7.3	Força e Endurance muscular respiratória.....	30
4.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
5	RESULTADOS.....	32
6	DISCUSSÃO.....	37

7	CONCLUSÕES.....	42
8	PRODUTOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO E IMPACTO SOCIAL E INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA PESQUISA.....	43
	REFERÊNCIAS.....	45
	ANEXO I – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO..	52
	ANEXO II – FICHA DE AVALIAÇÃO.....	54

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de pressões positivas por meio da ventilação não-invasiva (VNI) para o tratamento de algumas desordens clínicas como doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), edema agudo de pulmão, insuficiência respiratória aguda, exacerbação da asma, Covid-19, pré e pós-operatório de cirurgias cardiorácicas é considerado tratamento de primeira linha (Souza et al., 2020). A aplicação da VNI pode proporcionar alterações fisiológicas pulmonares como aumento dos volumes e capacidades pulmonares, alteração da pressão transpulmonar (PPT), alteração da pressão pleural, aumento de área de troca gasosa, melhora da relação perfusão e redução do trabalho respiratório (Silva et al., 2019).

As alterações fisiológicas relatadas na região pulmonar são inúmeras e benéficas, porém, os efeitos da pressão positiva aplicada durante a VNI sob o diafragma podem repercutir de forma disfuncional, uma vez que o músculo acaba por ser constantemente rebaixado, dada pressão e maior aeração pulmonar, o que interfere diretamente na geometria (Loring; Mead; Griscom, 1985) e na função diafragmática (Gauthier, et al., 1994). Essa alteração mecânica quando aplicada de forma prolongada pode levar a uma condição conhecida por atrofia longitudinal do diafragma, que nada mais é que uma adaptação das fibras musculares para geração de força (Levine, et al., 2008; Hoojiman, et al., 2014; Van den Berg, et al., 2017), fato comum em pacientes dependentes da ventilação mecânica invasiva.

Jansen et al, (2021) ao avaliarem as alterações na geometria e função diafragmática em indivíduos saudáveis por meio de ressonância magnética, concluíram que a elevação a curto prazo da pressão positiva expiratória final (*positive expiratory end pressure* – PEEP) é suficiente para gerar efeitos na forma e eficiência mecânica do diafragma, entretanto, os autores utilizaram apenas a pressão positiva contínua nas vias aéreas (*continue positive airway pressure* – CPAP), sendo então desconhecidas as repercussões de outras modalidades de VNI. Além das alterações mecânicas aplicadas ao músculo respiratório a pressão positiva empregada, altera a capacidade de distensão de veia cava inferior (VCI), que representa o aumento ou diminuição do volume sistólico, e conseqüentemente a interferência no débito cardíaco (DC) (Ashley; Justin, 2016).

Gignon *et al.* (2016) ao estudarem indivíduos saudáveis e avaliarem com o ultrassom a VCI e a mobilidade diafragmática em condição de esforço inspiratório, concluíram que existe relação direta entre o padrão respiratório e o nível de colapso de VCI.

O uso da ultrassom (US) para avaliação diafragmática tem sido bastante explorado na literatura na última década, sendo empregado em diversos contextos, desde populações saudáveis e atletas, até indivíduos com doenças pulmonares crônicas (Boccatonda, et al., 2018), apneia obstrutiva do sono (Dufresne et al., 2009) e Covid-19 (Buonsenso et al., 2020). A US se mostrou útil em diversos contextos clínicos, com destaque para o ambiente de terapia intensiva, utilizada como recurso para diagnosticar disfunção diafragmática (Valette, et al., 2015), avaliar o trabalho respiratório (Umbrello, et al., 2015; Vivier, et al., 2012), identificar atrofia diafragmática (Schepens, et al. 2015; Zambon, et al., 2016; Goligher, et al., 2015) e prever desfecho de desmame da ventilação mecânica (Spadaro, et al., 2016).

Neste cenário, como forma de se avaliar o comportamento dos músculos respiratórios e o retorno venoso com a aplicação das pressões positivas, novos meios de avaliação surgem no intuito de melhorar a qualidade da assistência e formular protocolos mais assertivos. A ultrassonografia (USG) se apresenta como um método simples, não invasivo, isento de radiação, ao qual pode realizar avaliações funcionais do diafragma, demonstrando seu espessamento e mobilidade (Cadernas, et al., 2018). A USG também é muito utilizada em unidades de terapia intensiva para avaliar a capacidade de distensão da VCI, pois é de fácil manuseio, e com cálculos de respostas a terapia com fluídos no paciente crítico, tornando-se um recurso indispensável para a prática dos profissionais de saúde desta unidade (Murphy *et al.*, 2009).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

- Analisar os efeitos agudos das pressões positivas inspiratória e expiratória na cinética diafragmática e na distensão da VCI de indivíduos saudáveis.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Comparar o efeito dos diferentes níveis pressão positiva na mobilidade diafragmática;
- Correlacionar mobilidade diafragmática com força inspiratória;
- Comparar o comportamento de distensão de VCI em diferentes níveis de pressão.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 DIAFRAGMA E MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA

Com papel fundamental no ciclo respiratório, o diafragma é o principal músculo respiratório, estabiliza e coordena a inspiração e a expiração. Sua capacidade de contração e relaxamento é coordenada pelos nervos intercostais, que controlam a parte mais distal do músculo. Na inspiração, o diafragma se achata e associado aos demais músculos respiratórios aumenta a negatividade da pressão intratorácica favorecendo o aumento de volume pulmonar, porém na expiração, o músculo relaxa e aumenta o seu tamanho diminuindo a pressão dentro do tórax, expulsando o volume pulmonar para o meio externo (Santana *et al.*, 2016). O movimento capaz de se distender e relaxar chama-se mobilidade diafragmática, este movimento precisa ser coordenado e eficaz para o bom funcionamento da função pulmonar (Rocha *et al.*, 2017).

Se a mobilidade estiver afetada, seja devido a lesão muscular, lesão neurológica, obstrução mecânica ou outras condições, pode resultar em dificuldades respiratórias e diminuição da capacidade pulmonar (Rocha *et al.*, 2017). A avaliação da mobilidade diafragmática é importante para monitorar a condição clínica deste músculo (Yamaguti *et al.* 2010). Os recursos avaliativos são USG, fluoroscopia, manometria diafragmática e testes específicos respiratórios (Oliveira *et al.*, 2021).

Os valores de referência para a mobilidade diafragmática em uma avaliação de USG variam de acordo com o método de medição utilizado e podem diferir entre estudos. Em geral, a mobilidade diafragmática normal é considerada entre 2-4 cm de movimento durante a respiração normal e até 8 cm durante a respiração profunda (Bruggeman *et al.*, 2018; Yamaguti *et al.*, 2007).

No entanto, é importante ressaltar que estes valores podem variar dependendo de fatores como idade (os valores da infância diferem da vida adulta e idosa), sexo, altura, peso e condições de saúde do indivíduo, onde podemos encontrar situações que configuram a hipo ou hipermobilidade, como na DPOC e desordens neuromusculares e insuficiência respiratória aguda, respectivamente (Santana *et al.*, 2020).

Os pacientes críticos estão sujeitos a um aumento nos mecanismos de lesão diafragmática, como a sepse, disfunções orgânicas, fármacos miotóxicos

e mesmo a ventilação mecânica invasiva, dentre outros, o que explica a alta prevalência de disfunção do diafragma nesses pacientes (Silva et al., 2022). Por isso, é essencial compreendermos os efeitos isolados das pressões positivas inspiratória e expiratória sob a cinética do diafragma, porém necessitamos que a interpretação dos resultados seja feita por um profissional de saúde qualificado na análise da mobilidade do músculo diafragma.

### 3.2 VEIA CAVA INFERIOR

A VCI é um vaso complacente que tem uma grande variação do seu calibre, dependendo diretamente da dinâmica das pressões abdominal e torácica, as quais constantemente se alteram durante o ciclo respiratório (Zhang, et al., 2014). Além de ter relação direta com a respiração a VCI é o principal vaso de retorno venoso ao coração, corretivas aferições de seu diâmetro fornecem estimativas próximas da pré-carga ventricular, da relação pré e pós carga e do DC (Blanco; Volpicelli, 2016).

Na respiração espontânea a fase inspiratória induz o aumento da pressão intra abdominal pelo rebaixamento do diafragma, o que acarreta em redução do diâmetro da VCI, enquanto que na fase expiratória ocorre o efeito inverso, com aumento do diâmetro vascular (Si, et al., 2018). Durante a ventilação com pressão positiva a pressão intratorácica é aumentada pela imposição de pressão, o que diminui a pré-carga cardíaca, bem como o volume sistólico, assim, o diâmetro da VCI será aumentado na inspiração e reduzido na expiração (Levitov; Marik, 2012; Barbier, et al., 2004).

No contexto clínico, a VCI pode ser monitorada como parte da avaliação do estado hemodinâmico de um paciente. Em situações de insuficiência cardíaca ou choque cardiogênico, por exemplo, a medida da pressão na VCI pode fornecer informações sobre o volume sanguíneo e a função cardíaca. Por outro lado, a VNI é frequentemente utilizada no tratamento de condições respiratórias agudas, como a insuficiência respiratória aguda, a síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA) e a apneia obstrutiva do sono (Blanco; Volpicelli, 2016; Levitov; Marik, 2012; Barbier, et al., 2004).

A avaliação da compressibilidade da VCI é a capacidade de colapso deste vaso. O fluxo sanguíneo e diâmetro da VCI, auxiliam na avaliação e identificação de novas patologias. Utilizando como referência, os estudos de Lichtenstein et

al. (2008), que descrevem que a distensão da VCI em indivíduos saudáveis deve corresponder a 1,5cm – 2,5cm. Já Vinon et al. (2016) apontam como valor de referência para resposta à terapia por fluido um diâmetro < 13mm, sendo avaliado o que eles denominam como zona cinzenta, zona a qual não permite uma avaliação fidedigna e que tende a apresentar uma resposta positiva à terapia. De outro modo, o diâmetro > 25mm, apresenta resposta negativa.

### 3.3 PRESSÃO POSITIVA E SUA FISILOGIA

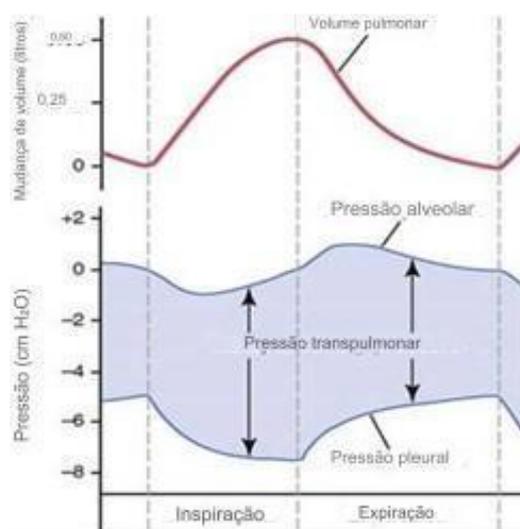
A pressão positiva é um suporte pressórico, que utiliza de interfaces faciais, nasais ou oronasais, sem a necessidade de inserir um tubo traqueal para manter ou ganhar volumes e capacidades pulmonares. Além da praticidade para aplicação, a terapia de pressão positiva se destaca dos métodos invasivos por prevenir complicações provenientes da intubação orotraqueal, reduzir o desconforto respiratório, preservar a fala e deglutição, além de manter os mecanismos fisiológicos de proteção das vias aéreas (Bello; De Pascale; Antonelli, 2016; Pontes, et al., 2017)

Diferenciando-se entre si pela forma com a qual a pressão é imposta na via aérea, o CPAP é um modo que direciona o ar ambiente para a via aérea do paciente com um incremento de pressão constante e que permanece inalterado durante todo o ciclo respiratório (Pavwoski, Shelgikar, 2017). No modo CPAP esses efeitos estão intimamente relacionados com a capacidade residual funcional (CRF), sendo que em determinadas populações de pacientes reduzem o trabalho muscular respiratório. Quanto maior a PEEP maior a áreação pulmonar (Katz et al., 1981), o que está relacionado ao aumento da PTP no final da expiração, beneficiando o recrutamento alveolar (Lum; Huang e Mitzner, 1990).

O modo Bi-level se diferencia por utilizar dois momentos de pressão, sendo a pressão positiva inspiratória nas vias aéreas (*inspiratory positive airway pressure* - IPAP) e a pressão positiva expiratória final (*positive expiratory-end pressure* - PEEP), podendo ser utilizado no modo espontâneo, modo espontâneo temporizado e modo temporizado (Piper, BaHamam, Javaheri, 2017; Berry, et al., 2010).

No modo Bi-level espontâneo, o pulmão tem a capacidade de aumentar o seu volume em decorrência da IPAP estabelecida em seus parâmetros. Quanto

maior a IPAP programada, maior será a redução do trabalho respiratório neste modo, uma vez que a IPAP irá superar o limiar intrínseco pulmonar e iniciar uma nova inspiração, além de aumentar a complacência pulmonar e o volume corrente e reduzir a pressão transpulmonar (PTP) (Gonge, Sankari, 2022; Kallet, Diaz, 2009).



**Figura 1.** Representação da variação de pressões pulmonares.  
**Fonte:** WEST, 1994.

### 3.4 ULTRASSONOGRAFIA DIAFRAGMÁTICA E DE VCI

A USG se caracteriza por projetar imagens de estruturas a partir da emissão de feixes de luz de alta intensidade (Costa et al., 2019). Os termos utilizados para descrever estas estruturas são descritas de acordo com a escala de cinza refletida, podendo ser hipoecoico que refere-se a áreas que aparecem mais escuras, indicando que essas estruturas refletem menos ondas sonoras, a exemplos incluem cistos ou lesões líquidas e a hiperecólica que refere-se a áreas que aparecem mais brilhantes ou claras, indicando que essas estruturas refletem mais ondas sonoras. São exemplos, calcificações ou tecidos mais densos, como músculos (Santos et al., 2021; Oliveira et al., 2022).

Utiliza-se também diferentes aplicações para avaliar distintos tecidos e órgãos, a exemplo o Modo B e Modo M. O modo B é a abreviatura do termo Modo Brilho, que é o modo padrão utilizado em USG para criar imagens bidimensionais em escala de cinza. O modo M ou Modo Movimento, utilizado para avaliar o movimento de estruturas ao longo do tempo, produzindo um

gráfico unidimensional. É especialmente útil para estudar a dinâmica de órgãos como o coração (Costa et al., 2019).

O equipamento de USG necessário para avaliar o diafragma é geralmente simples e amplamente disponível. A realização da USG exige um transdutor de alta frequência (transdutor linear de 7,5 a 10 MHz) e baixa frequência (transdutor convexo de 2,5 a 5 MHz). Para a avaliação da espessura, transdutores lineares com frequências mais altas, como 13 a 15 MHz, produzem imagens melhores (Silva et al., 2020).

A USG diafragmática é uma forma avaliativa de destaque que permite visualizar a anatomia e função do diafragma de forma estática e dinâmica em tempo real, especificamente a excursão e o espessamento diafragmático. Torna-se possível por meio da mensuração de parâmetros, como amplitude, movimento, força e velocidade de contração no decorrer da inspiração e expiração (Dias and Pacheco, 2019).

Para avaliar o diafragma existem duas janelas acústicas que são frequentemente utilizadas, são as janelas acústicas sobre a região subcostal e a zona de aposição. Na primeira, o diafragma se apresenta como uma estrutura profunda e curva que delimita o espaço torácico e abdominal (Boussuges; Gole; Blanc, 2009; Testa, et al., 2011; Cardenas, et al., 2018). Já na segunda janela se apresenta em uma estrutura em três camadas, sendo uma camada muscular hipoecoica circundada por duas membranas hiperecóicas (peritônio e pleura) (Cardenas, et al., 2018; Ueki; Bruin; Pride, 1995).

Torna-se imprescindível falar que a USG diafragmática possui vantagens consideráveis sobre outras estratégias, por ser realizada de forma rápida (Testa et al., 2011) e não invasiva, não utilizar radiação ionizante, ser viável, reprodutível e acessível, além de já existir uma robusta literatura que a consolida em diversos contextos clínicos (Santana et al., 2020). Dentro das vantagens citadas na literatura, a predição de falha e sucesso do desmame da ventilação mecânica, perda de massa magra e acompanhamento da resposta fluido responsiva, são itens avaliados para acompanhar os pacientes internos em unidades hospitalares, principalmente em unidades de tratamento intensivo (Andersen et al., 2014).

No entanto, mesmo sendo um método comprovadamente confiável e fidedigno, possui limitações, sendo a resolução alcançada pelos aparelhos

limitada, correspondendo a apenas uma porção do diafragma, além da avaliação do hemidiafragma esquerdo limitada, entretanto, ajustes de posição do paciente e do transdutor auxiliam a superar essas limitações (Baldwin; Paratz e Bersten, 2011; Boussuges et al., 2019).

Para avaliação da VCI a janela acústica mais utilizada diz respeito a área subcostal, com o paciente em posição supina, utilizando um transdutor linear ou convexo (Lang, et al., 2015; Levitov, et al. 2016), além disso, acaba por ser mais fidedigna a avaliação por meio do modo B (Finnerty et al. 2017).

A avaliação ultrassonográfica da VCI pode ser limitada por situações que cursem com o aumento da pressão intra abdominal, além de altos valores de PEEP que causam pressão intratorácica elevada, reduzindo a distensibilidade da VCI e gerando valores incorretos da sua avaliação (Furtado; Reis, 2019; Charron, et al., 2006; Robba *et al.*, 2022), dessa forma, antes de realizar a avaliação é importante manter fatores de confusão o mais controlado possível, em especial, situações que cursem com aumento da pressão abdominal (Via; Tavazzi; Price, 2016).

## **4 MÉTODOS**

### **4.1 DESENHO DO ESTUDO**

O estudo caracteriza-se em quantitativo do tipo ensaio clínico randomizado cruzado duplo cego. O protocolo do estudo foi realizado em uma única sessão, de forma que os participantes foram avaliados em respiração espontânea (controle) e sob a utilização da VNI (intervenção) com diferentes níveis de pressão.

### **4.2 RECRUTAMENTO E ASPECTOS ÉTICOS**

Os participantes foram recrutados por demanda espontânea, a partir de cartazes convidativos que foram fixados em locais de ampla circulação na UFPB. Foi realizada também divulgação em plataformas digitais vinculados ao laboratório de pesquisa, programa de pós-graduação, graduação e pesquisadores. O estudo foi realizado no Laboratório de Fisioterapia em Pesquisa Cardiorrespiratória (LAFIPCARE) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em João Pessoa, Paraíba.

A participação de todos se deu de forma voluntária por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, devidamente elaborado de acordo com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, que trata das diretrizes e normas de pesquisas envolvendo seres humanos. O estudo foi conduzido de acordo com os princípios da declaração de Helsinki (2001). Este projeto passou por apreciação pelo comitê de ética e pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da UFPB, sendo aprovado sob o CAAE: 76535923.1.0000.5188 e registrado na plataforma de ensaio clínico, *Clinical Trials*, sob o registro de número NCT06384027 e realizado em conformidade com as diretrizes CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*).

#### 4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Os critérios de inclusão adotados para o estudo: idade igual ou superior a 18 anos e inferior a 50 anos; que aceitaram participar da pesquisa de livre e espontânea demanda e que não apresentassem nenhum tipo de fobia a utilização de interface. Já como critérios de exclusão para participação no estudo, tivemos: presença de doenças respiratórias aguda ou crônica, e doenças cardiovasculares ou neuromusculares preexistentes. Foram descontinuados da pesquisa, os participantes que desenvolvessem alguma condição incapacitante para a realização do protocolo do estudo ou que apresentassem efeitos adversos intensos durante o protocolo.

#### 4.4 CÁLCULO AMOSTRAL

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado utilizando o *software WinPEPi*. Para isso, foram consideradas as diferenças na mobilidade do diafragma direito em milímetros (mm) obtidas por USG intercostal. Para o cálculo do tamanho da amostra, foram utilizados os seguintes parâmetros: tamanho do efeito de 1,02 para homens e 0,82 para mulheres, probabilidade de erro  $\alpha$  de 0,05 e poder ( $1 - \beta$ ) de 0,80 (Cardenas, et al., 2018). Assim, foi determinado um tamanho total de amostra de 38 voluntários, sendo estimada perda de 20%.

#### 4.5 RANDOMIZAÇÃO E MÉTODO DE CEGAMENTO

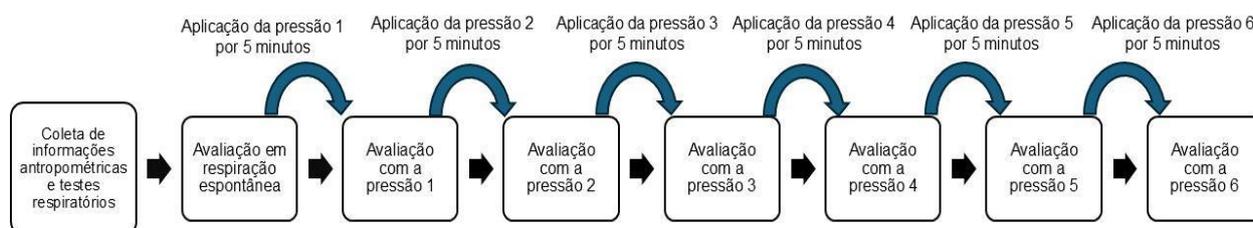
Por se tratar de um estudo cruzado, todos os participantes receberam a administração das pressões positivas em diversos níveis. A randomização se

deu sob a ordem a qual foram administradas as pressões. O procedimento foi realizado por um pesquisador independente, que gerou por meio de uma ferramenta online ([www.random.org](http://www.random.org)) a sequência de aplicação das pressões. Foram atribuídos códigos de 1 – 6 para cada nível de pressão, em seguida realizado a randomização com a sequência de cada pressão que foi administrada. O pesquisador responsável pela avaliação da USG não teve acesso a sequência de pressões que foram administradas, estando esta, sob a responsabilidade de um outro pesquisador que ficou responsável pela administração da VNI.

#### 4.6 PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO

Os voluntários foram submetidos a uma sessão de administração de pressão positiva com o ventilador (*BiPAP A 40 Pro Ventilator; Philips Respironics; Espírito Santo; Brasil*), sendo a sequência de aplicação das pressões aleatorizada, inicialmente foi realizada a avaliação da mobilidade diafragmática e distensão da VCI em respiração espontânea, a qual serviu como controle, em seguida, foram empregadas pressões na modalidade CPAP (5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O) e *Bi-level* com IPAP de 10, 12 e 15cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa em 5 cmH<sub>2</sub>O em todas as pressões inspiratórias aplicadas. Um período de 5 minutos de *washout* foi empregado em cada nível de pressão, atingindo um tempo médio de 40 minutos utilizado para a aplicação da pressão positiva e a avaliação, todo o desenho da pesquisa está disposto na figura 2.

Os participantes permaneceram em posição supina, com o membro superior direito posicionado ao lado do corpo durante todo o protocolo e todas as medidas foram coletadas nas fases inspiratórias e expiratórias com volumes correntes basais.



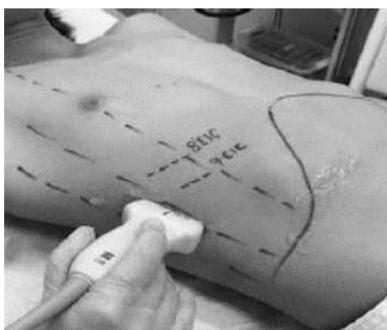
**Figura 2.** Fluxograma do protocolo de intervenção  
**Fonte:** Dados da pesquisa, 2024.

## 4.7 DESFECHOS CLÍNICOS E INSTRUMENTOS

Os participantes foram submetidos a uma avaliação por meio de uma ficha com questionário semiestruturado (APÊNDICE A), para coleta de informações sociodemográficas e clínicas (histórico clínico, presença de comorbidades, uso de medicações, entre outros). Foram considerados desfechos primários: mobilidade diafragmática e distensão da VCI. Os desfechos secundários foram: força e *endurance* muscular respiratória. -

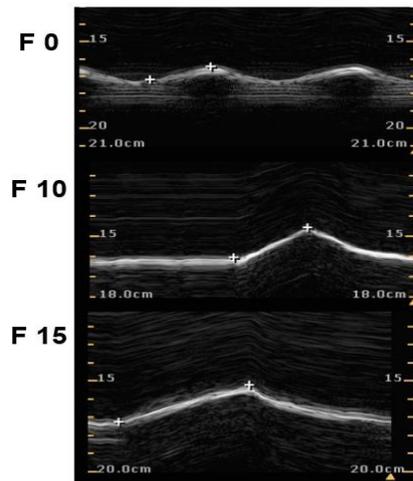
### 4.7.1 Avaliação diafragmática e mobilidade

Utilizou-se um aparelho de US de marca (*ClearVue 650; Philips; Guandong; China*) equipado com um transdutor linear de 7,5-10,0 MHz. Através da janela da zona de aposição (ZA), sendo possível identificar o diafragma. A cúpula diafragmática direita foi visualizada sobreposta ao fígado em corte subcostal entre as linhas anterior e axilar média, onde o feixe de US foi alinhado perpendicularmente à parte posterior do diafragma (Figura 3). Foi realizada imagens em modo M e o movimento diafragmático foi registrado durante um único ciclo respiratório basal “tranquila”, na capacidade residual funcional (Figura 4). O registro foi realizado em respiração espontânea e repetido em todos os níveis de pressão, após aguardar o período de acomodação alveolar e muscular de 5 minutos para adaptação a nova pressão positiva administrada.



**Figura 3.** Avaliação da espessura diafragmática.

**Fonte:** Adaptado de Carvalho et al (2020).



**Figura 4.** As imagens mostram um exemplo dos padrões ecográficos do diafragma em um voluntário saudável nos três tipos de ventilação.

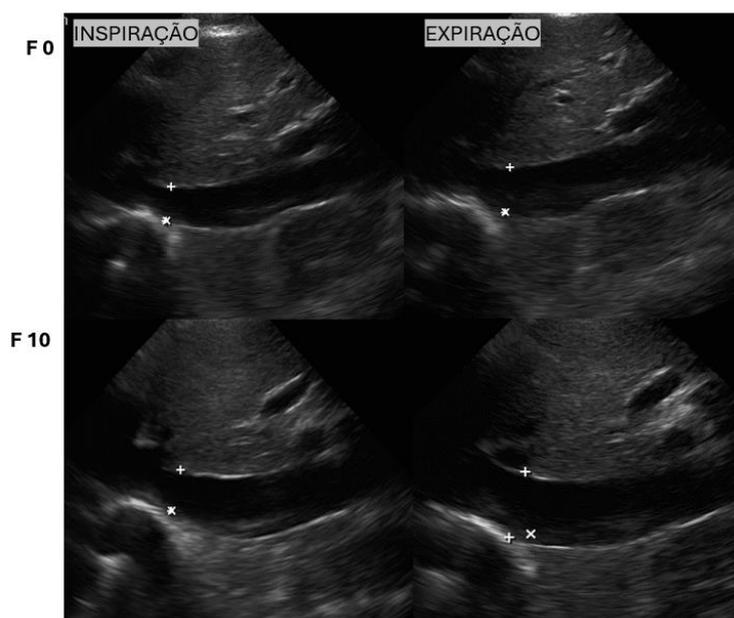
**Legenda:** [F0] = 0 cmH<sub>2</sub>O respiração espontânea, [F10] = CPAP de 10 cmH<sub>2</sub>O e [F15] = Bi-nível com IPAP de 15 cmH<sub>2</sub>O + PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O. **L-direita** = excursão respiratória basal do diafragma direito durante um ciclo respiratório único.

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2024.

#### 4.7.2. Distensão de veia cava inferior

A USG para avaliação da distensão da VCI, foi realizada na posição supina, onde o diâmetro da VCI foi avaliado por um corte subcostal, sendo utilizado como referência o ápice do processo xifóide. O diâmetro da VCI foi medido com imagem em modo M, perpendicular ao seu longo eixo, na junção das veias hepáticas com a VCI, entre 0,5 a 3cm da junção átrio direito-VCI (Figura 4). Os diâmetros máximo e mínimo da VCI (D<sub>máx</sub> e D<sub>min</sub>) medido em um único ciclo respiratório, a inspiração e a expiração; a VCI foi determinada como relatado anteriormente:  $VCI = [D_{max} - D_{min}] / D_{max}$ , expresso em porcentagem. As medidas de VCI foram realizadas em ciclo respiratório basal (Gignon et al., 2016).

A figura 5 demonstra a captação da imagem da VCI em respiração espontânea e durante a administração da pressão positiva na inspiração e na expiração.



**Figura 5.** Representação da captura de imagem da distensão da VCI em um voluntário saudável nos dois tipos de ventilação: [F0] = 0 cmH<sub>2</sub>O respiração espontânea e [F10] = CPAP de 10cmH<sub>2</sub>O.

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2024.

#### 4.7.3 Força e *endurance* muscular respiratória

Para avaliar a função muscular respiratória foi utilizado um dispositivo eletrônico computadorizado (*KH2; PowerBreathe International Ltd. UK*) junto com o software *Breathelink de feedback*. Houve avaliação por meio da pressão inspiratória máxima (PIM) e da resistência muscular respiratória. Durante os testes, os participantes permaneceram sentados com os braços apoiados e clipe nasal para evitar vazamento de ar para fora do dispositivo.

Durante a avaliação da PIM, o participante foi instruído a exalar até o volume residual e, em seguida, realizar uma inspiração máxima mantida pelo maior tempo possível, negligenciada quando menor que 1,5 segundos. Esta avaliação foi realizada de três a no máximo oito repetições buscando variações menores que 10% nos valores. Foi considerada a medida de maior valor, a maior carga sustentada por pelo menos um minuto, alcançando o valor da PIM sustentada (Dias et al. 2013).

A resistência muscular respiratória foi avaliada por teste de carga incremental, onde os participantes foram instruídos a realizar o maior número de respirações. Uma carga inicial de 10cmH<sub>2</sub>O foi padronizada para um período de dois minutos. Posteriormente, o participante foi instruído a descansar por um

minuto e, em seguida, um novo ciclo de dois minutos foi iniciado, adicionando mais 10 cmH<sub>2</sub>O à carga do equipamento (Silva; Pereira, 2018).

O teste foi interrompido se o participante falhasse na tarefa ou se fosse definido pelo avaliador que o participante não conseguiu gerar a pressão alvo. Além disso, houve uma interrupção no teste quando a sensação de dispneia ou fadiga foi descrita pelo paciente como muito desconfortável para tolerar (correspondente a 7 pontos na escala de Borg). As avaliações só retornavam após o participante alegar melhora do quadro de dispneia, ou era realizado agendamento prévio para outra data. Nos casos em que não foi compatível o agendamento e/ou não foi viável o retorno do voluntário a avaliação pulmonar, foi excluído da aplicação do protocolo.

Durante todos os testes, os participantes foram monitorados quanto aos sinais vitais: pressão arterial (PA), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>). A sensação de dispneia e fadiga também foi monitorada pela escala de Borg modificada antes, durante e após o término de cada teste.

#### 4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foi utilizado o *software SPSS* versão 21.0 (IBM SPSS Corp., Armonk, NY) para análise estatística. Inicialmente foram realizadas análises descritivas e inspeções de histogramas para determinar a normalidade dos dados. As estatísticas descritivas são expressas como média e desvio padrão, mediana e intervalo interquartil quando apropriado, sendo definido o nível de significância de 5%.

Os testes de correlação foram realizados pelo teste de coeficiente de Spearman (medidas não paramétricas), usado para avaliar a força e a direção da associação entre duas variáveis classificadas. Coeficientes de correlação < 0,39 foram definidos como fracos, entre 0,40 a 0,69 como moderados, 0,70 a 0,89 como fortes e 0,90 a 1,00 como muito fortes.

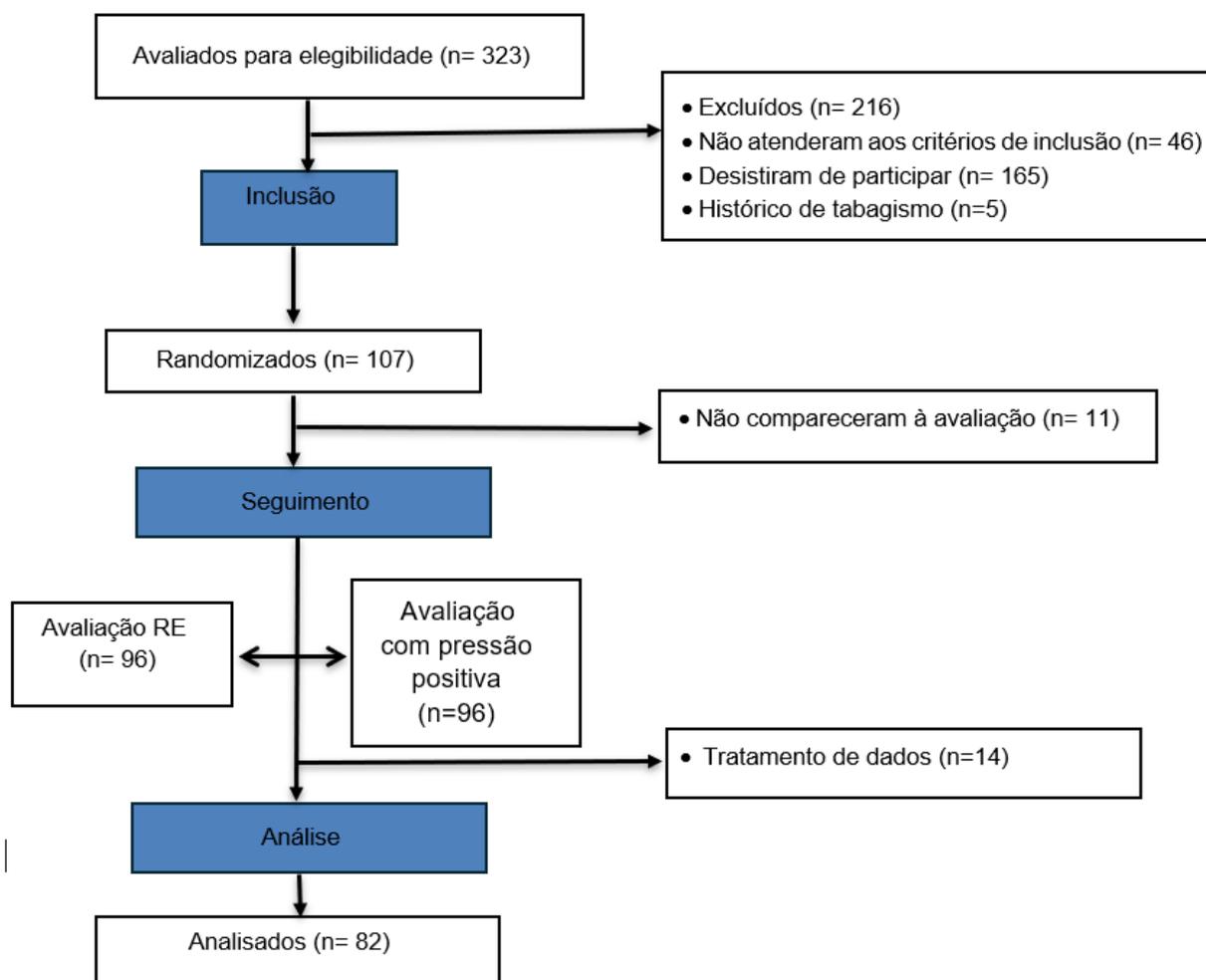
A análise dos dados foi conduzida utilizando um modelo linear misto de efeitos mistos para mensurar as diferenças entre as condições de avaliação. Neste modelo, os participantes foram tratados como efeitos aleatórios para capturar a variabilidade interindividual, enquanto as condições de avaliação (respiração espontânea, CPAP nas pressões 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O, e Bi-level (IPAP

nas pressões de 10, 12 e 15cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa em 5 cmH<sub>2</sub>O para todos os níveis de IPAP) foram tratadas como efeitos fixos.

A estrutura de covariância foi especificada como simetria composta para modelar a correlação entre as medições repetidas dentro de cada participante. A análise por modelos lineares mistos foi realizada garantindo que as variáveis fossem corretamente especificadas para evitar redundâncias e multicolinearidades. Para múltiplas comparações, foi escolhido o pós teste de Dunn-Sidak para ajustar os níveis de significância e controlar o erro tipo I. A validade das suposições do modelo foi verificada por meio de inspeção visual dos resíduos e gráficos QQ, que indicaram uma distribuição aproximadamente normal dos resíduos.

## **5 RESULTADOS**

Foram recrutados para a pesquisa 323 participantes, porém 216 não foram incluídos por não atenderem os critérios de inclusão ou por desistirem de participar, outros 5 participantes foram excluídos por possuírem histórico de tabagismo. Restaram 107 participantes que tiveram a ordem da intervenção randomizada, entretanto, 11 não compareceram à avaliação. Após a coleta foram identificadas falhas nas imagens de ultrassom de 14 participantes, eles foram excluídos da análise. Desta forma a amostra foi composta por 82 participantes.



**Figura 6.** Fluxograma dos participantes do estudo

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2024.

**Legenda:** CPAP: *continue positive airway pressure*; RE: respiração espontânea; PEEP: *positive expiratory end pressure*; IPAP: *inspiratory positive airway pressure*.

A caracterização dos participantes quanto aos aspectos antropométricos, gênero e prática de atividade física mostram as seguintes informações: a idade e o índice de massa corpórea (IMC) médio e desvio padrão foi de 23,82 anos (4,53 anos) e de 23,82 kg/m<sup>2</sup> (4,53 kg/m<sup>2</sup>), respectivamente. No que diz respeito ao gênero, 28 participantes (34,1%) foram do gênero masculino e 54 (65,9%) do gênero feminino. Já em relação à prática atividade física, 57 participantes (69,5%) relataram praticar regularmente, enquanto 25 (30,5%) não praticam.

A média e desvio padrão para os valores de PIM foi de 89,71cmH<sub>2</sub>O (22,89cmH<sub>2</sub>O), respectivamente. Para os cálculos de PIM predita para normalidade foi obtido a média dos valores de 99,88 cmH<sub>2</sub>O, demonstrando que o valor de PIM dos nossos voluntários corresponde a 89,8% do valor esperado para esta população. Entre os participantes não houve relatos de interações

recentes, gestação, diabetes, hipertensão arterial, outras doenças respiratórias, cardíacas e neuromusculares.

A tabela 1 descreve os valores de média e desvio padrão da mobilidade diafragmática, e variação de VCI em respiração espontânea e nos seis níveis de pressão positiva.

**Tabela 1.** Valores médios de mobilidade diafragmática na respiração espontânea e nos diferentes níveis de pressão positiva entre os 82 voluntários.

Intervenção	Mobilidade do diafragma mm (DP)	VCI em mm (DP) Insp/exp
Respiração espontânea	13,65 mm (8,36)	12,16 mm (4,35) / 16,78 mm (4,04)
CPAP 5 cmH <sub>2</sub> O	14,60 mm (7,10)	13,97 mm (7,10) / 19,37 mm (3,64)
CPAP 10 cmH <sub>2</sub> O	15,80 mm (8,46)	14,56 mm (4,91) / 19,79 mm (3,52)
CPAP 15 cmH <sub>2</sub> O	17,46 mm (9,63)	15,02 mm (4,28) / 20,71 mm (3,17)
IPAP 10 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O	17,09 mm (9,27)	14,07 mm (4,78) / 19,53 mm (3,62)
IPAP 12 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O	17,61 mm (9,92)	14,20 mm (4,29) / 19,57 mm (3,52)
IPAP 15 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O	19,86 mm (10,28)	13,96 mm (4,35) / 19,59 mm (3,85)

**Legenda:** Os dados são apresentados como média e desvio padrão (DP). CPAP: Pressão positiva contínua nas vias aéreas; IPAP: Pressão inspiratória positiva nas vias aéreas; PEEP: Pressão positiva expiratória final VCI: Veia cava inferior..

A tabela 2 demonstra os comparativos entre a mobilidade diafragmática nos diversos níveis de pressão positiva: CPAP de 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O e Bi-level (IPAP nas pressões de 10, 12 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa em 5cmH<sub>2</sub>O) com a respiração espontânea.

**Tabela 2.** Comparação da mobilidade diafragmática e variação de veia cava inferior entre diferentes níveis de pressão positiva com respiração espontânea.

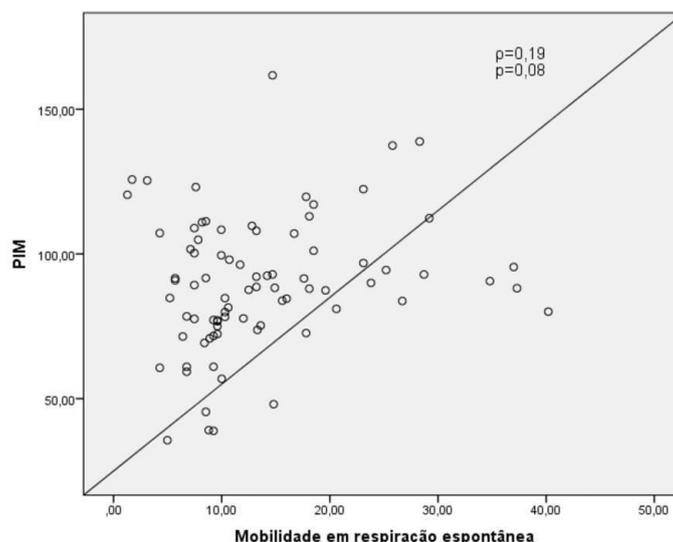
Comparações	Diferença média mobilidade	CI intervalo de confiança	p-valor	diferença média VCI	CI intervalo de confiança	p-valor
CPAP 5 cmH <sub>2</sub> O vs RE	0,95 mm	-1,90/3,81	1,00	1,818	0,43/3,19	<0,01*
CPAP 10 cmH <sub>2</sub> O vs RE	2,14 mm	-0,71/5,01	0,38	2,404	1,02/3,78	<0,00*
CPAP 15 cmH <sub>2</sub> O vs RE	3,81 mm	0,95/6,67	<0,01*	2,863	1,48/4,24	<0,00*
(IPAP 10 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O) vs RE	3,44 mm	0,58/6,30	<0,01*	1,916	0,53/3,29	<0,01*
(IPAP 12 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O) vs RE	3,96 mm	1,10/6,82	<0,01*	2,041	0,66/3,42	<0,00*
(IPAP 15 + PEEP 5 cmH <sub>2</sub> O) vs RE	6,21 mm	3,35/9,07	<0,01*	1,803	0,42/3,18	<0,02*

Os dados são apresentados como diferença de médias, intervalo de confiança e nível de significância representado pelo valor de p para todas as variáveis. Os dados representados com \* tiveram valor de  $p < 0,05$ .

**Legenda:** RE: respiração espontânea; IPAP: pressão positiva inspiratória nas vias aéreas; PEEP: pressão expiratória final positiva; VCI: veia cava inferior.

Foi realizada uma análise intergrupos comparando vários níveis de pressões administradas: CPAP 5cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 10 e 15cmH<sub>2</sub>O, CPAP 10cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 5 e 15cmH<sub>2</sub>O, CPAP 15cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 5 e 10cmH<sub>2</sub>O, bem como pressões de Bi-level: IPAP 10 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 12 e 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, IPAP 12 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 10 e 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, e IPAP 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 10 e 12 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O. Para todas essas comparações, nenhuma diferença foi evidenciada.

A figura 7 representa um gráfico de dispersão que correlaciona a mobilidade diafragmática (eixo x) com a força muscular inspiratória medida por meio da PIM (eixo y) nos voluntários durante a respiração espontânea.



**Figura 7.** Gráfico de correlação entre PIM e variação de veia cava inferior nas fases inspiratória e expiratória em respiração espontânea. Os dados são apresentados com o coeficiente de Spearman ( $\rho=0,19$ ) e ( $p=0,08$ )

**Legenda:** PIM: pressão inspiratória máxima.

Foi realizada uma análise intergrupos comparando vários níveis de pressões administradas entre a variação de VCI: CPAP 5cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 10 e 15cmH<sub>2</sub>O, CPAP 10cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 5 e 15cmH<sub>2</sub>O, CPAP 15cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 5 e 10cmH<sub>2</sub>O, bem como pressões de dois níveis: IPAP 10 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 12 e 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, IPAP 12 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 10 e 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, e IPAP 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 10 e 12 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O. Para todas essas comparações de pressões, não observamos nenhuma diferença na distensão de VCI.

Na análise comparativa entre VCI nas fases inspiratórias não houve representação estatística e nas fases expiratórias, houve representação significativa entre as pressões: CPAP 5cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 15cmH<sub>2</sub>O, CPAP 10cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 15cmH<sub>2</sub>O e CPAP de 15cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 5cmH<sub>2</sub>O. Quando comparado fase expiratória entre os bi-níveis, houve representação estatística entre: IPAP 10 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 15 e PEEP 5cmH<sub>2</sub>O; IPAP 12 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs IPAP 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O, e IPAP 15 + PEEP 5cmH<sub>2</sub>O vs CPAP 15cmH<sub>2</sub>O.

## 6 DISCUSSÃO

### Mobilidade diafragmática e pressões positivas

Este estudo mostrou que a cinética diafragmática pode ser alterada pela aplicação das pressões positivas. Em se tratando da ventilação no modo CPAP, com o uso das pressões 5 e 10cmH<sub>2</sub>O, não observamos acréscimo na mobilidade do diafragma. Por sua vez, quando aplicada uma pressão de 15 cmH<sub>2</sub>O, observamos um aumento significativo na mobilidade diafragmática. Esse aumento na mobilidade do diafragma também foi encontrado na ventilação Bi-level com IPAP de 10, 12 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa em 5cmH<sub>2</sub>O, comparado a cinética do diafragma em respiração espontânea. Podemos encontrar ainda uma correlação positiva fraca entre a PIM dos voluntários com a mobilidade diafragmática na respiração espontânea, demonstrando que quanto maior a força dos músculos inspiratórios maior a mobilidade do seu diafragma.

É disposto na literatura valores de referência para nortear a qualidade da cinética diafragmática em indivíduos saudáveis, Oliveira et al. (2021) e Santana et al. (2016), reportaram valores que variam de 15 a 25 mm e 10 a 20 mm respectivamente, para a respiração normal. Os valores obtidos em nosso estudo em respiração espontânea, foi de 13,65 mm e desvio padrão de (8,36), um pouco abaixo do referenciado por Ribeiro et al. (2021) Esse achado pode ser justificado, pelo fato dos nossos voluntários apresentarem 89,8% do valor predito considerado como normal para força muscular respiratória avaliada nos 82 voluntários da nossa amostra.

O estudo atual também explorou os efeitos da administração de pressão positiva, onde foi possível observar uma mudança na cinética diafragmática apenas quando utilizado CPAP de 15cmH<sub>2</sub>O com um aumento na mobilidade desse músculo por um possível aumento na ventilação pulmonar. Feldman et al. (2024) exploraram o uso de CPAP em pacientes com síndrome da hipoventilação relacionada à obesidade. Eles mostraram que o aumento da pressão de CPAP ajuda a aumentar a ventilação pulmonar noturna, reduzindo episódios de hipoventilação e melhorando a oxigenação. Loring et al. (1985) investigaram o impacto do aumento do CPAP em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo e observaram que o aumento da PEEP melhorou a

oxigenação, aumentou a recrutabilidade alveolar, preveniu o colapso alveolar durante a expiração e favoreceu a ventilação alveolar.

Já Jansen et al. (2021) demonstraram que a elevação da PEEP resulta em deslocamento caudal do diafragma e encurtamento das partes musculares na zona de aposição, resultando em diminuição da mobilidade do diafragma. Estes achados destacam que mudanças na geometria diafragmática ocorrem com níveis mais elevados de PEEP e podem impactar negativamente na mobilidade diafragmática, diminuindo a sua cinética. Em indivíduos saudáveis, a elasticidade e força muscular podem atenuar esses efeitos, mas ainda assim, a resistência adicional imposta pela PEEP pode influenciar a dinâmica diafragmática, sendo este achado, divergente dos dados encontrados em nosso estudo, com aumento da mobilidade do diafragma com CPAP de 15 cmH<sub>2</sub>O. A atividade muscular da parede abdominal com níveis mais elevados de CPAP pela contração da musculatura expiratória desses voluntários podem justificar esses nossos resultados, porém não registramos a atividade eletroneuromuscular durante nosso estudo, sendo essa considerada uma das limitações em nossa pesquisa.

Dres et al. (2017) investigaram a mobilidade diafragmática durante a ventilação por pressão de suporte em pacientes com insuficiência respiratória aguda e como essa variável pode ser utilizada como preditora de sucesso no desmame da ventilação mecânica. Foram encontrados valores médios da cinética do diafragma entre 12 e 20 mm, para descrever o sucesso do desmame ventilatório, e concluíram que menor mobilidade diafragmática apresentou um risco maior de falha no desmame. Tobin (2010) investigou os efeitos da ventilação não invasiva, incluindo o Bi-level, na mecânica respiratória e na função diafragmática. Eles relataram que o Bi-level pode reduzir o trabalho respiratório e melhorar a ventilação alveolar, o que pode, por sua vez, melhorar a excursão diafragmática. A pesquisa também sugere que a adaptação do paciente ao Bi-level pode variar, influenciando a mobilidade diafragmática de diferentes formas.

Já em nosso estudo durante a utilização do Bi-level com IPAP de 10, 12 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa em 5cmH<sub>2</sub>O, observamos uma variação da mobilidade

diafragmática que foi de 17,09 a 19,86 mm, isso pode indicar que o uso do Bi-level, especialmente em pressões inspiratórias mais elevadas, pode induzir uma maior cinética diafragmática. Fisiologicamente, a IPAP mais elevada tende a aumentar a pressão transpulmonar, o que pode resultar em uma maior ventilação pulmonar e, por consequência, em um maior deslocamento do diafragma durante a inspiração. Este aumento na cinética diafragmática é importante para prevenir a atrofia muscular, especialmente em pacientes que necessitam de suporte ventilatório prolongado.

Lalwani *et al.* (2022) encontraram que a ventilação Bi-level em pacientes com a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) resultou em uma cinética diafragmática aumentada, comparando aos valores observados em indivíduos saudáveis. Isso sugere que o Bi-level pode ser uma ferramenta eficaz não só para manter, mas também para restaurar a função muscular diafragmática em populações com comprometimento respiratório crônico. Além disso, Similowski *et al.* (2024) demonstraram que, em pacientes com insuficiência respiratória aguda, a utilização do Bi-level ajudou a reduzir a fadiga muscular, melhorando a eficiência ventilatória. Esses dados suportam a ideia de que o Bi-level pode ser adaptado para otimizar a ventilação em diferentes cenários clínicos, promovendo uma ventilação eficaz sem comprometer a integridade muscular do diafragma.

A correlação positiva entre a PIM e a mobilidade diafragmática observada em nosso estudo é consistente com os achados de Yamada *et al.* (2024), que também identificaram uma relação entre a cinética diafragmática e a força muscular respiratória. A análise de Yamada *et al.* (2024) incluiu a espessura do diafragma e as medições da PIM e da pressão expiratória máxima (PEM), sugerindo que a força muscular respiratória tem uma correlação positiva com a cinética diafragmática. Esses resultados corroboram a hipótese de que indivíduos com maior força muscular inspiratória apresentam maior mobilidade do diafragma. O trabalho de Laghi *et al.* (2018) demonstra que pressões inspiratórias elevadas sob VNI podem manter ou até aumentar a força muscular diafragmática, algo essencial para a preservação da função muscular respiratória a longo prazo.

A correlação entre PIM e mobilidade diafragmática já é descrita na literatura porém, diversos fatores podem condicionar tal análise, sobretudo as

propriedades musculares de indivíduos saudáveis e com doenças pulmonares (Takashi et al. 2023; Piraino et al. 2018). Assim, a fraca associação positiva encontrada, pode ser decorrente das variações morfológicas dos indivíduos, visto que tal correlação de variáveis já é presente na literatura, demonstrando a complexidade nas análises musculares para diferentes contextos (Laghi et al. 2018; Dress et al. (2017); Pirano et al. 2018). Esse fator é relevante para a prática clínica, uma vez que a cinética diafragmática aumentada pode levar a consequências como ganho na eficiência ventilatória, quando associado ao emprego de pressões positivas em vias aéreas.

### **Variação de veia cava inferior e pressões positivas**

No que se refere a distensão da VCI para todos os níveis aplicados de pressão positiva nos modos CPAP e Bi-level houve aumento na distensão deste vaso comparado a respiração espontânea. Portanto, ao administrarmos o modo CPAP nas pressões 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O e o modo Bi-level com IPAP de 10,12 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP fixa de 5 cmH<sub>2</sub>O, temos um aumento na distensão da VCI na inspiração e expiração comparado a respiração espontânea.

Quando avaliada a variação do diâmetro da VCI, não obtivemos alterações significativas, mesmo tendo sido apresentado um ganho na capacidade de distensibilidade do vaso, ao serem administradas as pressões positivas. Em uma meta análise, Zhong; Zhou; Wang (2011), com o objetivo de revisar e sintetizar as evidências sobre como a ventilação mecânica, especialmente com pressão positiva influenciam as variações no diâmetro da VCI, puderam observar aumento no diâmetro da VCI na inspiração e redução na expiração. Levitov; Marik, (2012) e Barbier et al., (2004), apontam que fisiologicamente durante a ventilação com pressão positiva a pressão intratorácica aumenta, o que diminui a pré-carga cardíaca, bem como o volume sistólico, trazendo robustez Zhong et al. (2011), ressaltam ainda, a importância de considerar a dinâmica da VCI e a influência da pressão positiva nas variações observadas.

Os dados apresentados em nossa pesquisa mostram um aumento na distensão do diâmetro da VCI da RE para todos os níveis de pressão positiva na ventilação CPAP e Bi-level. Estudos que incluem a ventilação mecânica controlada demonstram que esse aumento no diâmetro da VCI está associado à

pressão venosa central (PVC) (Vieillard-Baron, A. et al. 2001). Em indivíduos normais, a PVC reflete a pressão no átrio direito, que, por sua vez, espelha a pressão diastólica final do ventrículo direito e, conseqüentemente, a pressão de enchimento do coração esquerdo. Essa pressão de enchimento geralmente tem uma relação direta com o volume de enchimento cardíaco, e sua variação pode indicar mudanças no estado volêmico dos pacientes e na resposta à ventilação mecânica (Barbier, C. et al. (2004).

Ao observar o comportamento da VCI durante a ventilação controlada, nota-se uma semelhança com a resposta observada na VNI (Si et al. 2018). É importante considerar que o diâmetro da VCI pode ser influenciado por diversos fatores, como a pressão intratorácica e a técnica de medição utilizada. Corroborando com o nosso estudo, Keller et al. (2011) e Santos et al. (2017) investigaram o impacto da VNI na VCI em pacientes com insuficiência respiratória aguda e observaram alterações no diâmetro da VCI relacionado à administração do CPAP fixo em 5 e 10 cmH<sub>2</sub>O e no BI-level com IPAP de 8 e 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP variada em 4 e 8 cmH<sub>2</sub>O. Estes estudos reforçam a ideia de que a pressão positiva modifica a pressão intratorácica e, conseqüentemente, influencia a colapsabilidade da VCI (Keller et al. 2011; Santos et al. 2017).

O estudo de Furtado e Reis (2019) demonstrou que há uma relação significativa entre a pressão intra-abdominal (PIA) e a pressão intratorácica, observando que uma PIA elevada pode comprimir a VCI, resultando em uma redução do retorno venoso ao coração. Quando a PIA elevada é combinada com o uso de pressão positiva, como no CPAP ou Bi-level, ocorre uma maior distensão da VCI, o que impacta a hemodinâmica cardiovascular (Maksimovic et al., 2020). Em nossa amostra, a ausência de uma variação significativa na distensão da VCI pode estar relacionada ao fato de que os participantes apresentavam níveis normais de PIA e volume sanguíneo, o que pode ter limitado os efeitos observados.

A ativação da musculatura abdominal durante a respiração, especialmente em condições de esforço ou tosse, também desempenha um papel importante nesse processo. Em nossa amostra, verificou a diminuição do diâmetro de VCI em fase inspiratória, quando administrado IPAP de 15 cmH<sub>2</sub>O e PEEP de 5 cmH<sub>2</sub>O, podemos relacionar esse resultado a contração dos músculos abdominais, que resulta no aumento da PIA, o que pode

potencialmente exacerbar a compressão sobre a VCI e intensificar a redução do diâmetro da veia durante a fase inspiratória. O estudo de Santos et al. (2017) descreve que a ativação da musculatura abdominal durante a ventilação com pressão positiva aumenta a resistência ao fluxo venoso, levando a uma menor complacência venosa e, portanto, a uma diminuição adicional no diâmetro da VCI.

Apesar da relevância dos nossos resultados, é importante reconhecer as limitações deste estudo. A falta da monitorização da ventilação pulmonar durante o emprego das pressões positivas pode ter impactado negativamente na justificativa dos resultados encontrados em nosso estudo. Uma outra limitação é que não foi realizado o teste de função pulmonar para garantir que todos os participantes tinham a função pulmonar dentro dos limites de normalidade, bem como, o não acompanhamento dos voluntários quanto a ingestão de líquidos nas últimas 24h o que pode ter impactado na distensibilidade da VCI.

## **7 CONCLUSÕES**

As pressões positivas inspiratórias e expiratórias no presente estudo foram suficientes para aumentar a cinética diafragmática, especialmente quando utilizadas pressões mais elevadas. Observamos ainda que a mobilidade do diafragma pode estar associada à função muscular respiratória. Neste mesmo estudo concluímos que todas pressões administradas, foram capazes de aumentar a distensibilidade da VCI. Essas descobertas podem nos auxiliar a reconhecer os efeitos fisiológicos das pressões positivas inspiratórias e expiratórias na mobilidade do diafragma e na distensão da VCI durante a utilização desses recursos na prática clínica, porém devemos ressaltar, a falta da monitorização do volume pulmonar e do balanço hídrico.

## **8 PRODUTOS E ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DO MESTRADO E IMPACTO SOCIAL E INOVAÇÃO E TECNOLOGIA DA PESQUISA**

Esta pesquisa surgiu a partir de ideias e tecnologias desenvolvidas no LAFIPCARE, em parceria com o Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física (PAPGEF - UPE/UFPB). A colaboração entre professores e alunos possibilitou a geração de novos conhecimentos e a criação de uma metodologia inovadora para avaliar as respostas fisiológicas do diafragma humano no contexto da fisioterapia respiratória.

A pesquisa utilizou diversos recursos tecnológicos que promoveram inovação e qualidade nas avaliações. Entre eles, o aparelho de ultrassonografia (USG) cedido pelo PAPGEF, que forneceu imagens detalhadas da musculatura diafragmática, e o *Powerbreathe*, que permitiu a avaliação em tempo real da função muscular respiratória por meio do software de *feedback Breathe-Link*. Além disso, a balança de bioimpedância foi utilizada para oferecer um panorama geral das características corporais dos participantes, contribuindo com dados essenciais para a pesquisa e gerando relatórios detalhados que foram entregues aos participantes como forma de reconhecimento pela colaboração.

O projeto também gerou impacto social ao oferecer aos participantes uma avaliação completa da função respiratória e da composição corporal, além de fornecer *feedbacks* personalizados com base nos dados obtidos. Cientificamente, o estudo resultou na elaboração de duas dissertações de mestrado e uma pesquisa de iniciação científica, contribuindo para o desenvolvimento acadêmico de alunos de graduação e mestrado da UFPB.

Foi também fruto da pesquisa um artigo submetido a uma revista brasileira chamada *Journal Brazilian Physical Therapy*, classificada no Qualis Capes da área 21 em A4. Estando ainda em fase final de desenvolvimento outro manuscrito que será submetido a uma revista da mesma área. Como subprodutos da pesquisa foram desenvolvidos três resumos submetidos ao Congresso Internacional de Fisioterapia.

Como produtos do mestrado, que não estão diretamente ligados a presente pesquisa, foram publicados dois artigos, sendo duas séries de casos,

uma para revista *Journal Pneumology*, Qualis capes A4, e outra para Revista de Neurociências, Qualis capes B2. No mais, um capítulo de livro também está em fase final de publicação no livro “Reflexões Teóricas em Fisioterapia: Da funcionalidade à coletividade em saúde” na editora UFPB.

Como atividades desenvolvidas estão a participação no projeto de extensão “Ambulatório de função pulmonar: Promovendo saúde respiratória para adultos e crianças com doenças respiratórias crônicas” e outro projeto de extensão “Ambulatório de fisioterapia cardiovascular e respiratória” que promovia reabilitação e educação em saúde para jovens, adultos e idosos. Participação também no Grupo de pesquisas em doenças respiratórias crônicas,

## REFERÊNCIAS

ANDERSEN, Garrett Newton *et al.* Feasibility and accuracy of point-of-care pocket-size ultrasonography performed by medical students. **Bmc Medical Education**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 1-6, 28 jul. 2014.

ASHLEY, Miller; JUSTIN, Mandeville. Predicting and measuring fluid responsiveness with echocardiography. **Echo Research & Practice**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 1-12, jun. 2016.

BARBIER, C. *et al.* Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. **Intensive Care Medicine**, v. 30, p. 1740-1746, 2004.

BERRY, R. *et al.* Best clinical practices for the sleep center adjustment of noninvasive positive pressure ventilation (NPPV) in stable chronic alveolar hypoventilation syndromes. **Journal of clinical sleep medicine**. v. 6, n. 5, p. 491-509, 2010.

BLANCO, P.; VOLPICELLI, G. Common pitfalls in point-of-care ultrasound: a practical guide for emergency and critical care physicians. **Critical Ultrasound Journal**. v. 8, n. 1, p. 15, 2016.

BOCCATONDA, A. *et al.* Ultrasound evaluation of diaphragmatic mobility in patients with idiopathic lung fibrosis: a pilot study. *Multidisciplinary Respiratory Medicine*, v.14, n.1, 2019. BORGHI-SILVA, *et al.* Adjuncts to Physical Training of Patients With Severe COPD: Oxygen or Noninvasive Ventilation?. **Respiratory care**. v. 55, n. 7, p. 885-894, 2010.

BOHANNON, Richard W. Dinamometria de preensão manual prevê resultados futuros em adultos idosos. **Revista de Fisioterapia Geriátrica**, [s. l.], p. 3-10, out. 2008.

BOUSSUGES, A.; GOLE, Y.; BLANC, P. Diaphragmatic motion studied by mmode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values. **Chest**. v. 135, n. 2, p. 391-400, 2009.

BRÜGGEMANN, Ana Karla Vieira *et al.* Mobilidade diafragmática direita e esquerda em indivíduos saudáveis e na doença pulmonar obstrutiva crônica. **Fisioterapia e Pesquisa**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 126-133, jun. 2018.

BUONSENSO, D. *et al.* COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. **Lancet Respiratory Medicine**, v. 8, n. 5, e. 27, 2020.

CARDENAS, L. Z. et al. Diaphragmatic Ultrasound Correlates with Inspiratory Muscle Strength and Pulmonary Function in Healthy Subjects. **Ultrasound in Medicine and Biology**. v. 44, n. 4, p. 786-193, 2018.

CARDOSO, Dannuey Machado *et al.* Efeitos da pressão positiva expiratória nas vias aéreas sobre a atividade eletromiográfica da musculatura acessória da inspiração em portadores de DPOC. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 46-53, fev. 2011.

CHARRON, C. et al. Echocardiographic measurement of fluid responsiveness. *Current Opinion in Critical Care*. v. 12, n. 3, p. 249-254, 2006.

COSTA, F. G.; MENDES, E. L.; MARTINS, C. A. Aplicações do Modo B e Modo M em ultrassonografia. **Revista de Imagem Médica**, v. 31, n. 4, p. 267-275, 2019. DOI: 10.5935/rijm.2019.04007.

DIAS, A.; Pacheco, E. Ultrassonografia aplicada ao sistema respiratório: músculos e parênquima pulmonar. IN: Associação Brasileira de Fisioterapia Cardiorrespiratória e Fisioterapia em Terapia Intensiva. Martins JA, Reis LFF, Andrade FMD, organizadores. **PROFISIO. Programa de Atualização em Terapia Intensiva Adulto. Ciclo 10**. Porto Alegre: Artmed Panamericanas, p.11-32, 2019.

DRES, Martin *et al.* Coexistence and Impact of Limb Muscle and Diaphragm Weakness at Time of Liberation from Mechanical Ventilation in Medical Intensive Care Unit Patients. **American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine**, [S.L.], v. 195, n. 1, p. 57-66, 1 jan. 2017.

DRES, Martin *et al.* Diaphragm dysfunction during weaning from mechanical ventilation: an underestimated phenomenon with clinical implications. **Critical Care**, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 1-12, 20 mar. 2018.

DUFRESNE, V. et al. Effect of systemic inflammation on inspiratory and limb muscle strength and bulk in cystic fibrosis. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 180, n. 2, p. 153-158, 2009.

Epidemiology (STROBE) **statement: guidelines for reporting observational studies**. The 692-696, 22 jan. 2010.

FELDMAN, Robert G *et al.* Respiratory Syncytial Virus Prefusion F Protein Vaccine Is Efficacious in Older Adults With Underlying Medical Conditions. **Clinical Infectious Diseases**, [S.L.], v. 78, n. 1, p. 202-209, 12 set. 2023.

FINNERTY, N. et al. Inferior Vena Cava Measurement with Ultrasound: what is the best view and best mode. **Western Journal Of Emergency Medicine**, v. 18, n. 3, p. 496-501, 2017.

FURTADO, S.; REIS, L. Inferior vena cava evaluation in fluid therapy decision making in intensive care: practical implications. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**. v. 31, n. 2, p. 240-247, 2019.

GAUTHIER, A. et al. Reconstrução tridimensional do formato do diafragma humano in vivo em diferentes volumes pulmonares. **Journal of Applied Physiology**. v. 76, p. 495– 506, 1994.

GIGNON, Lucile *et al.* Influence of Diaphragmatic Motion on Inferior Vena Cava Diameter Respiratory Variations in Healthy Volunteers. **Anesthesiology**, [S.L.], v. 124, n. 6, p. 1338-1346, 1 jun. 2016.

GOLIGHER, E. et al. Mechanical Ventilation-Induced Diaphragm Atrophy Strongly Impacts Clinical Outcomes. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v. 197, p. 204-213, 2018.

GONG, Y. Noninvasive Ventilation. Stat Pearls; 2022. GUIOTTO, Giovanna *et al.* Inferior vena cava collapsibility to guide fluid removal in slow continuous ultrafiltration: a pilot study. **Intensive Care Medicine**, [S.L.], v. 36, n. 4, p.

HOOJIMAN, P. et al. A resistência das fibras do diafragma é reduzida em pacientes gravemente enfermos e restaurada por um ativador de troponina. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 189, p. 863–865, 2014.

JANSEN, D. et al. Positive end-expiratory pressure affects geometry and function of the human diaphragm. **Journal of Applied Physiology**, v. 131, n. 4, p. 1328- 1339, 2021.

KALLET, R.; DIAZ, J. The physiologic effects of noninvasive ventilation. **Respiratory Care**. v. 51, n. 1, p. 102-115, 2009.

LAGHI, Franco; TOBIN, Martin J.. Disorders of the Respiratory Muscles. **American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine**, [S.L.], v. 168, n. 1, p. 10-48, 1 jul. 2003.

LALWANI, Lokesh Kumar *et al.* The role of diaphragmatic thickness measurement in weaning prediction and its comparison with rapid shallow breathing index: a single-center experience. **Acute And Critical Care**, [S.L.], v. 37, n. 3, p. 347-354, 31 ago. 2022.

Lancet, v. 370, n. 9596, p. 1453-1457, 2007.

LANG, R., et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging.

**Journal of the American Society of Echocardiography**, v. 28, n. 1, p. 1-39, 2015.

LEVITOV, A., et al. Guidelines for the appropriate use of bedside general and cardiac ultrasonography in the evaluation of critically ill patients - Part II: Cardiac ultrasonography. *Critical Care Medicine*. v. 44, n. 6, p. 1206-1227, 2016.

LEVITOV, A.; MARIK, P. Echocardiographic assessment of preload responsiveness in critically ill patients. *Cardiology Research and Practice*. 2012.

LICHTENSTEIN, Daniel A. *et al.* Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure\*: the blue protocol. **Chest**, [S.L.], v. 134, n. 1, p. 117-125, jul. 2008.

LORING, S.; MEAD, J.; GRISCOM, N. Dependência do comprimento diafragmático do volume pulmonar e da configuração toracoabdominal. **Journal of Applied Physiology**. v. 59, p. 1961–1970, 1985.

LUM, H.; HUANG, I.; MITZNER, W. Morphological evidence for alveolar recruitment during inflation at high transpulmonary pressure. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, n. 6, p. 2280- 2286, 1990.

**MAKSIMOVIC, R. et al.** Hemodynamic effects of noninvasive ventilation in patients with acute heart failure: a systematic review. *Journal Name*, v. 35, n. 4, p. 123-134, 2020.

MURPHY, Erin H. *et al.* Volume associated dynamic geometry and spatial orientation of the inferior vena cava. **Journal Of Vascular Surgery**, [S.L.], v. 50, n. 4, p. 835-843, out. 2009.

OLIVEIRA, Flávia Roberta Rocha de *et al.* INFLUÊNCIA DA RESERVA VENTILATÓRIA NA MOBILIDADE DIAFRAGMÁTICA EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA. **Cadernos de Educação, Saúde e Fisioterapia**, [S.L.], v. 9, n. 19, p. 1-5, 27 jun. 2022.

OLIVEIRA, T. P.; PEREIRA, J. S.; ALMEIDA, R. D. Escala de cinza em ultrassonografia: interpretação e aplicações. **Jornal de Medicina Diagnóstica**, v. 38, n. 2, p. 123-130, 2022. DOI: 10.1016/j.jmd.2022.01.006.

PAVWOSKI, P.; SHELGIKAR, A. Treatment options for obstructive sleep apnea. **Neurology Clinical Practice**. v. 7, n. 1, p. 77-85, 2017.

PIPER, A.; BAHAMMAM, A.; JAVAHERI, S. Obesity Hypoventilation Syndrome: Choosing the Appropriate Treatment of a Heterogeneous Disorder. *Sleep medicine clinics*. v 12, n. 4, p. 587-596, 2017.

PIRAINO, Thomas. Lung Volume Measurement and Ventilation Distribution During Invasive Mechanical Ventilation. **Respiratory Care**, [S.L.], v. 65, n. 6, p. 760-771, 26 maio 2020.

ROBBA, Chiara *et al.* Effects of positive end-expiratory pressure on lung ultrasound patterns and their correlation with intracranial pressure in mechanically ventilated brain injured patients. **Critical Care**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 28-26, 28 jan. 2022.

ROCHA, Flávia Roberta *et al.* Diaphragmatic mobility: relationship with lung function, respiratory muscle strength, dyspnea, and physical activity in daily life in patients with copd. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 43, n. 1, p. 32-37, fev. 2017.

SANTANA *et al.*, Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 46, n. 6, p. 64-68, 2020.

SANTANA, Pauliane Vieira *et al.* Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 88-94, abr. 2016.

SANTANA, Pauliane Vieira *et al.* Identifying decreased diaphragmatic mobility and diaphragm thickening in interstitial lung disease: the utility of ultrasound imaging. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 42, n. 2, p. 88-94, abr. 2016.

SANTOS, L. M.; REIS, A. C.; CARVALHO, F. R. Ultrassonografia: princípios e aplicações clínicas. **Revista Brasileira de Diagnóstico por Imagem**, v. 22, n. 3, p. 45-55, 2021.

Santos, L. J., Almeida, R. M., & Silva, C. F. Impact of Abdominal Muscle Activation on Venous Return and Compliance During Positive Pressure Ventilation. **Journal of Applied Respiratory Physiology**, 45(3), 215-223, 2017.

SCHEPENS, T. *et al.* The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study. **Critical Care**. v. 19, p. 422 2015.

SCHOBBER, Patrick *et al.* Correlation Coefficients: appropriate use and interpretation. **Anesthesia & Analgesia**, [S.L.], v. 126, n. 5, p. 1763-1768, maio 2018.

SI, X. *et al.* Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A systematic review and meta-analysis. **Anesthesia & Analgesia**. v. 127, n. 5, p. 1157-1164, 2018.

SILVA, A. B.; MARTINS, C. D.; PEREIRA, E. F. Efeitos da ventilação não invasiva nas funções pulmonares: uma revisão. **Revista de Pneumologia**, v. 45, n. 2, p. 120-130, 2019.

SILVA, et al. Lesões diafragmáticas em pacientes críticos: fatores contribuintes e prevalência. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 33, n. 1, p. 78-85, 2022.

SILVA, et al. Técnicas avançadas em ultrassonografia para avaliação do diafragma. **Revista Brasileira de Ultrassonografia**, v. 29, n. 1, p. 78-85, 2020.

SILVA, J. A.; PEREIRA, L. F. Avaliação da resistência muscular respiratória por teste de carga incremental. **Revista Brasileira de Fisioterapia Respiratória**, v. 20, n. 3, p. 345-356, 2018.

SIMILOWSKI, T *et al.* Impairment of central motor conduction to the diaphragm in stroke. **American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine**, [S.L.], v. 154, n. 2, p. 436-441, ago. 1996.

SOUZA, et al. Aplicação da ventilação não invasiva no tratamento de distúrbios respiratórios: uma revisão. **Revista Brasileira de Medicina Intensiva**, v. 32, n. 1, p. 45-53, 2020.

SPADARO, S. et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the Ttube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index. **Critical Care**. v. 20, n. 1, p. 305, 2016.

TAKAHASHI, Yuta *et al.* Diaphragm Dysfunction and ICU-Acquired Weakness in Septic Shock Patients with or without Mechanical Ventilation: a pilot prospective observational study. **Journal Of Clinical Medicine**, [S.L.], v. 12, n. 16, p. 5191, 9 ago. 2023.

TALMOR, Daniel *et al.* Mechanical Ventilation Guided by Esophageal Pressure in Acute Lung Injury. **New England Journal Of Medicine**, [S.L.], v. 359, n. 20, p. 2095-2104, 13 nov. 2008.

TESTA, A. et al. Ultrasound M-mode assessment of diaphragmatic kinetics by anterior transverse scanning in healthy subjects. **Ultrasound in Medicine and Biology**. v. 37, n.1, p. 44-52, 2011.

TOBIN, Martin J.. Narrative Review: ventilator-induced respiratory muscle weakness. **Annals Of Internal Medicine**, [S.L.], v. 153, n. 4, p. 240, 17 ago. 2010.

UEKI, J.; DE BRUIN, B.; PRIDE, N.. In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. **Thorax**. v. 50, n. 11, p. 1157-1161 1995.

UMBRELLO, M. et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study. **Critical Care**. v. 19, n.1, p. 161, 2015.

VALETTE, X., et al. Diaphragmatic dysfunction at admission in intensive care unit: the value of diaphragmatic ultrasonography. **Intensive Care Medicine**. v. 41, n. 3, p. 557-559, 2015.

VAN DEN BERG, M. et al. Atrofia e fraqueza do diafragma na ausência de disfunção mitocondrial em pacientes gravemente enfermos. **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v. 196, p. 1544–1558, 2017.

VIA, G.; TAVAZZI, G.; PRICE, S.. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. **Intensive Care Medicine**. v. 42, n. 7, p. 1164-1167, 2016.

VIVIER, E. et al. Diaphragm ultrasonography to estimate the work of breathing during non-invasive ventilation. **Intensive Care Medicine**. v. 38, n. 5, p. 796-803, 2012.

Vieillard-Baron, A. et al. Cyclic changes in right ventricular output impedance during mechanical ventilation. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 164, n. 5, p. 878-883, 2001.

YAMADA, Toru *et al.* Relationship Between Diaphragm Thickness, Thickening Fraction, Dome Excursion, and Respiratory Pressures in Healthy Subjects: an ultrasound study. **Lung**, [S.L.], v. 202, n. 2, p. 171-178, 23 mar. 2024.

YAMAGUTI, Wellington Pereira dos Santos *et al.* Mobilidade diafragmática durante espirometria de incentivo orientada a fluxo e a volume em indivíduos saudáveis. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 36, n. 6, p. 738-745, dez. 2010.

ZAMBON, N. et al. Mechanical Ventilation and Diaphragmatic Atrophy in Critically Ill Patients: An Ultrasound Study. **Critical Care Medicine**. v. 44, n. 7, p. 1347-1352 2016.

ZHANG, Z. et al. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. **Ultrasound in Medicine and Biology**. v. 40, n. 5, p. 845-853, 2014.

## ANEXO I

### Termo de consentimento livre esclarecido (TCLE).

Centro de Ciências da Saúde  
Departamento de  
Fisioterapia  
Programa de Graduação em Fisioterapia

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

**APRESENTAÇÃO:** Este texto pode eventualmente apresentar palavras ou frases não conhecidas por você. Caso isso aconteça, por favor, diga-nos para que possamos esclarecer melhor suas dúvidas. Esta pesquisa trata-se da avaliação dos efeitos agudos da ventilação não invasiva na função diafragmática e distensão da veia cava inferior em indivíduos adultos saudáveis e está sendo desenvolvido pelos professores Dr. Eduardo Eriko Tenório de França, Dr. José Heriston de Moraes Lima e Dra. Rafaela Pedrosa.

**TÍTULO DA PESQUISA:** Efeitos agudos da ventilação não invasiva na função muscular diafragmática e distensão da veia cava inferior em indivíduos adultos saudáveis.

**OBJETIVOS:** Essa pesquisa se propõe a avaliar os efeitos agudos do uso da ventilação não invasiva sobre a mobilidade e o espessamento do diafragma e na distensão da veia cava inferior.

**PROCEDIMENTOS:** Inicialmente, serão levantadas informações como a idade, sexo, grau de instrução e outros e dados clínicos, como, dano físico e psicológico, uso de medicação e outros. Se você concordar em fazer parte do estudo, nós iremos aplicar alguns testes para avaliar a condição muscular respiratória antes e durante o uso de ventilação não invasiva. Será realizada teste de força e de resistência muscular respiratória, dinamometria de preensão palmar, bioimpedância corporal e a ultrassonografia diafragmática.

**RISCOS E BENEFÍCIOS:** você poderá sentir dor de cabeça ou desconforto respiratório. Se você apresentar algum desses efeitos, a terapia será interrompida imediatamente e, se necessário será feito o tratamento por um médico ou um fisioterapeuta. Durante todo o procedimento de pesquisa você estará acompanhado de um profissional fisioterapeuta, e caso necessário, o protocolo pode ser adequado. Todos os participantes receberão um relatório contendo todas as informações coletadas na avaliação, demonstrando seu estado muscular diafragmático.

**RESSARCIMENTO:** Não será feito nenhum pagamento para participar da pesquisa. A participação será de livre e espontânea vontade e caso haja algum custo financeiro adicional referente à participação na pesquisa será feito o devido ressarcimento.

**CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA:** Os resultados da pesquisa serão divulgados sem a identificação dos participantes e os protocolos serão arquivados por cinco anos no PPGFis da UFPB, de acordo com as exigências da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde que trata sobre a bioética.

Para tanto, solicitamos, além de sua participação voluntária durante a pesquisa, sua autorização para apresentar e publicar os resultados deste estudo em eventos e revistas científicas. Por ocasião da publicação dos resultados, bem como no processo de avaliação e intervenção, seu nome será mantido em sigilo.

A pesquisa foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária/ Campus I. Bloco Amaldo Tavares, sala 812 – CAAE:

Em caso de dúvidas, favor entrar em contato com: Eduardo Eriko Tenório de França, Departamento de Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde, UFPB - Campus I, Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, Brasil. Telefone: (83) 99622-0289. E-mail: roberto.vinicius@academico.ufpb.br

Ou

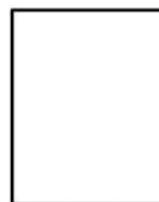
Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UFPB – Cidade Universitária / Campus I. Bloco Amaldo Tavares, sala 812 – Fone: (83) 3216-7791.

Eu, \_\_\_\_\_, declaro estar ciente e informado(a) sobre os procedimentos de realização da pesquisa, conforme explicitados acima, e aceito participar voluntariamente da mesma.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante da Pesquisa ou Responsável Legal  
OBSERVAÇÃO: (em caso de analfabeto - acrescentar)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da Testemunha

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador Responsável



Polegar Direito

Obs.: O participante da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido Termo.

## ANEXO II

### Ficha de avaliação



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA



#### FICHA DE AVALIAÇÃO

DATA DE AVALIAÇÃO: / /

IDENTIFICAÇÃO				
NOME:				
IDADE		DATA DE NASCIMENTO		
TELEFONE		SEXO	M ( )	F ( )
ESTADO CIVIL		ESCOLARIDADE		
PROFISSÃO/OCUPAÇÃO		ETNIA		
ENDEREÇO				

ANTECEDENTES PESSOAIS		
TABAGISMO	SIM ( )	NAO ( )
ETILISMO	SIM ( )	NÃO ( )
INTERNAÇÕES RECENTES	SIM ( )	NÃO ( )
DIABETES	SIM ( )	NÃO ( )
HIPERTENSÃO	SIM ( )	NÃO ( )
GESTAÇÃO	SIM ( )	NÃO ( )
DOENÇA RESPIRATÓRIA	SIM ( )	NÃO ( )
OUTRAS DOENÇAS CARDÍACAS	SIM ( )	NÃO ( )
DOENÇAS NEUROMUSCULARES	SIM ( )	NÃO ( )
NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA	REALIZA ( ) FREQUÊNCIA _____ MODALIDADE _____	NÃO REALIZA ( )
MEDICAÇÕES EM USO	SIM ( ) QUAIS _____ POSOLOGIA _____	NÃO ( )
INGESTA DE LÍQUIDO (DIA DA AVALIAÇÃO)	SIM ( ) QUANT. APROX. _____	NÃO ( )

DINAMOMETRIA		
1º	D ( )	E ( )
2º		
3º		
BIOIMPEDÂNCIA CORPORAL		
PESO		
ALTURA		
IMC		
MASSA MUSCULAR ESQUELÉTICA		
MASSA DE GORDURA CORPORAL		
PERCENTUAL DE GORDURA CORPORAL		
TAXA METABÓLICA BASAL		
RCQ		
NÍVEL DE GORDURA VISCERAL		

FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA (MIP)									
MIP 1									
MIP 2									
MIP 3									
MAIOR VALOR DE MIP									
MIP PREDITA (FÓRMULA DE NEDER)								MULHERES 110,4 – (0,49 X IDADE)	HOMENS 155,3 – (0,80 X IDADE)
<b>SINAIS INICIAIS</b>	PAS X PAD		FR		FC		SPO2		BORG
<b>SINAIS FINAIS</b>	PAS X PAD		FR		FC		SPO2		BORG

ENDURANCE RESPIRATÓRIA – CARGA INCREMENTAL					
	CARGA	FC	SP02	TEMPO	BORG
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					
160					
170					
180					
190					
200					
<b>TEMPO FINAL</b>				<b>CARGA FINAL</b>	

AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA						
RESPIRAÇÃO ESPONTÂNEA					INSP	EXP
ESPESSAMENTO						
MOBILIDADE						
DIÂMETRO VEIA CAVA						
PEEP	5 CMH2O		10 CMH2O		15 CMH2O	
TEMPO	INSP	EXP	INSP	EXP	INSP	EXP
ESPESSAMENTO						
MOBILIDADE						
DIÂMETRO VEIA CAVA						
PS	CMH2O		CMH2O		CMH2O	
TEMPO	INSP	EXP	INSP	EXP	INSP	EXP
ESPESSAMENTO						
MOBILIDADE						
DIÂMETRO VEIA CAVA						

