

**UFBA**

Universidade Federal da Bahia  
Instituto de Ciências da Saúde

**Leonardo José Morais Santos**

PROCESSOS INTERATIVOS  
DOS ÓRGÃOS E SISTEMAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO • ICS • UFBA



**COMPARAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA  
EM PACIENTES SOB VENTILAÇÃO MECÂNICA  
EM DIFERENTES TEMPOS DE PAUSA  
INSPIRATÓRIA**

Salvador  
2021

Leonardo José Morais Santos

**COMPARAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA EM PACIENTES SOB  
VENTILAÇÃO MECÂNICA EM DIFERENTES TEMPOS DE PAUSA  
INSPIRATÓRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas.

**Orientadora:** Profa. Dra. Helena França Correia  
**Coorientador:** Prof. Dr. Bruno Prata Martinez

Salvador  
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Leonardo José Morais.

Comparação da mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica em diferentes tempos de pausa inspiratória / Leonardo José Morais Santos. - 2021.

63 f. : il.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helena França Correia.

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Prata Martinez.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, Salvador, 2021.

1. Mecânica respiratória. 2. Fisioterapia. 3. Sistema respiratório. 4. Complacência pulmonar. 5. Insuficiência respiratória. I. Correia, Helena França. II. Martinez, Bruno Prata. III. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas. IV. Título.

CDU 616.24

Elaborada por Maria Auxiliadora da Silva Lopes - CRB-5/1524



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
Instituto de Ciências da Saúde



---

**TERMO DE APROVAÇÃO DA DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO**

**LEONARDO JOSÉ MORAIS SANTOS**

**COMPARAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA EM PACIENTES SOB  
VENTILAÇÃO MECÂNICA EM DIFERENTES TEMPOS DE PAUSA INSPIRATÓRIA**

Salvador, Bahia, 26 de janeiro de 2021.

COMISSÃO EXAMINADORA:

DocuSigned by:

HELENA FRANÇA CORREIA

D7A58C71A0DB247C

---

PROFA. DRA. HELENA FRANÇA CORREIA (Examinador Interno)

DocuSigned by:

Cássio Magalhães Silva e Silva

A5D05403FF734C3

---

PROF DR CÁSSIO MAGALHÃES DA SILVA E SILVA (Examinador Interno)

DocuSigned by:

Caio César Araujo Moraes

840E4272FE784C3

---

PROF DR CAIO CÉSAR ARAUJO MORAIS (Examinador Externo)

Dedico a Deus, à minha mãe Gildete, ao meu irmão João Eduardo - hoje Irmão Félix, em sua vocação -, a todos os meus familiares e colegas que contribuíram com minha caminhada até aqui, pois todas essas pessoas sempre me ajudaram a me tornar uma pessoa melhor.

## AGRADECIMENTOS

O cumprimento desta etapa em minha vida não seria possível sem o apoio das pessoas que me acompanharam durante esta trajetória, a qual representou um passo fundamental ao meu desenvolvimento pessoal e profissional. Agradeço a todas essas pessoas, principalmente:

- À Professora Helena França, orientadora dos meus passos nesta jornada de dois anos como mestrando. Um exemplo a ser seguido como professora, orientadora e mãe, pela empatia, dedicação e competência em tudo o que faz;
- Ao Professor Bruno Prata, pelo suporte, atenção e por transmitir com tanto respeito e humildade os seus conhecimentos, auxiliando na construção e desenvolvimento deste estudo;
- Ao professor Cássio Magalhães, a quem tive o prazer de conhecer e absorver um pouco de seus conhecimentos durante esta jornada. Sempre paciente e disposto a ajudar e competente como profissional.
- Ao grande amigo Luan Matos, que me acompanha desde o período de residência em terapia intensiva, sempre me estimulando a atingir o máximo do meu potencial como amigo, como pessoa e como profissional;
- À colega, amiga e parceira de muitos anos, Andresa Batalha, que tanto me auxiliou em boa parte da minha vida acadêmica e profissional, como graduando em fisioterapia, residente de terapia intensiva, como profissional na prática clínica e como mestrando deste programa. Uma pessoa a quem espero ter sido recíproco nas contribuições em seu desenvolvimento pessoal e profissional.
- Ao amigo e colega de profissão Dr. José da Natividade, supervisor de Fisioterapia do Hospital Geral Roberto Santos, que contribuiu de forma imensurável com a execução de todo este trabalho;
- À amiga e colega Dra. Viviane Pereira, coordenadora do Serviço de Fisioterapia do Hospital Geral Roberto Santos, com quem pude contar para que este estudo pudesse ter seguimento;
- Aos colegas do mestrado, maravilhosos companheiros de jornada, que desempenharam um papel fundamental em todo este processo de evolução;
- Ao colega e amigo Luan Magalhães que me acompanhou durante toda essa jornada de dois anos como mestrando, tendo afirmado desde o processo de seleção que ambos iríamos ser aprovados, representando uma parceria em cada disciplina e atividade desenvolvida nesses dois anos;

- Ao colega e amigo Diego Ezequiel, que mesmo cursando o doutorado, sempre esteve presente e à disposição para discussões e desenvolvimento de atividades nas tantas disciplinas que tivemos em comum;
- Aos residentes de Fisioterapia em terapia intensiva e emergência do Hospital Geral Roberto Santos que contribuíram imensamente com a coleta de dados deste estudo;
- Aos plantonistas do Hospital Geral Roberto Santos que contribuíram bastante em diversas questões organizacionais para que este se tornasse realidade;
- A todos os familiares e responsáveis que permitiram a participação de seus entes neste estudo;
- Aos coordenadores, Professora Ana Caline e Professor Roberto Paulo, que desempenharam com louvor o papel de liderança do Programa, durante minha passagem como mestrando;
- Aos profissionais Célia, Carlos e Tarcísio, do Programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas, que tanto se empenham em ajudar em tudo o que é possível durante essa caminhada;
- A toda a equipe de professores do programa de Pós-graduação em Processos Interativos dos Órgãos e Sistemas;
- Aos integrantes da banca examinadora, por dedicar seu tempo em ler e analisar o meu trabalho e contribuir com seus conhecimentos através das suas importantes sugestões e correções.

Na verdade essa é a meta de todas as metas:

Crescer como ser humano.

*T. Harv Eker*



SANTOS, Leonardo José Morais. **Comparação da mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica em diferentes tempos de pausa inspiratória**. Orientador: Helena França Correia. 2021. 63 p. il. (Dissertação) – Mestrado em Processos Interativos de Órgãos e Sistemas – Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2021.

## RESUMO

**Introdução:** A ventilação mecânica invasiva, além de sua função terapêutica, permite o acesso a diversas informações relacionadas ao funcionamento do sistema respiratório pela mensuração da mecânica respiratória. Dessa forma, a adequada monitorização dos aspectos relacionados a esse processo é fundamental ao prognóstico dos pacientes. No entanto, ainda há divergências na literatura quanto à parametrização utilizada, como ocorre com os tempos de pausa inspiratória. **Objetivo:** Neste contexto, este estudo se propôs a comparar as mensurações de mecânica respiratória entre esses dois diferentes tempos de pausa inspiratória em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva controlada e comparar as constantes de tempo, quando utilizados diferentes tempos de pausa inspiratória. **Método:** Estudo de corte transversal, realizado nas unidades de terapia intensiva de um hospital da rede estadual de saúde, na cidade de Salvador - Bahia, entre agosto de 2019 e setembro de 2020. As fontes primárias de dados foram os registros das mensurações da mecânica respiratória (pressão de pico, pressão de platô, complacência estática, resistência e pressão resistiva), realizadas com tempos de pausa inspiratória de 0,5 e 2,0 segundos, bem como os parâmetros de oxigenação (SpO<sub>2</sub>), função cardiovascular (pressões arteriais sistólica, diastólica e média e frequência cardíaca), altura corporal e peso predito, enquanto que os dados secundários como idade, sexo, motivo da internação, data da intubação e presença de comorbidades foram extraídos dos prontuários de cada paciente. Incluíram-se pacientes de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 18 anos e em uso de ventilação mecânica invasiva, sem interação com a prótese ventilatória, com hemodinâmica estável, caracterizada pela ausência ou baixas doses de drogas vasoativas ou inotrópicas e sem fraturas recentes ou anormalidades diagnosticadas na caixa torácica, na coluna vertebral e no quadril. Os critérios de exclusão foram alteração da pressão arterial média maior que 20% em relação à basal, pressão arterial sistólica < 90 mmHg, e saturação periférica de oxigênio < 90%. A análise das mensurações foi feita por meio do teste t pareado; para avaliação da relação linear entre os tempos de pausa utilizou-se o coeficiente de correlação intraclass e a avaliação do nível de precisão entre os dois tempos de pausa foi realizada por meio do teste de Bland-Altman. **Resultados:** 101 pacientes foram incluídos neste estudo e não houve necessidade de exclusões no decorrer da pesquisa. Os pacientes apresentaram média de idade de 59,2 ± 16,3 anos, sendo 65% do sexo masculino. Os processos patológicos de origem clínica e neurológica (34%) representaram a maior parte dos motivos de internamento. Não houve variações significativas entre os dados de pressões de pico e platô, complacência estática, pressão resistiva, resistência de via aérea, *driving pressure* ou constante de tempo nos dois tempos de pausa inspiratória. Foram registradas variações entre as mensurações das variáveis hemodinâmicas. A baixa variabilidade dos dados de mecânica respiratória foi ratificada por meio do teste de Bland-Altman, sendo encontrada concordância entre elas, P = 0,087. Houve também boa correlação entre essas mensurações (CCI = 0,956 e p = 0,001), o que sugere alto grau de reprodutibilidade. **Conclusão:** Não foram evidenciadas diferenças entre os resultados das mensurações da mecânica respiratória, quando comparados dois diferentes tempos de pausa inspiratória (0,5 e 2,0 segundos), nem das constantes de tempo resultantes, enquanto que as diferenças identificadas nas variáveis

hemodinâmicas (PAD, PAM e FC), ainda que visíveis numericamente, não refletiram significância clínica.

**Descritores:** Mecânica Respiratória. Fisioterapia. Sistema Respiratório. Complacência Pulmonar.

SANTOS, Leonardo José Morais. **Comparison of respiratory mechanics in patients on mechanical ventilation at different intervals of inspiratory pause time.** Thesis advisor: Helena França Correia. 2021. 65 s. ill. (Dissertation) - Masters in Interactive Processes of Organs and Systems - Institute of Health Sciences, Federal University of Bahia, Salvador, 2021.

## ABSTRACT

**Introduction:** Invasive mechanical ventilation, in addition to its therapeutic function, also allows access to various information related to the functioning of the respiratory system through the measurement of respiratory system mechanics. Thus, adequate monitoring of aspects related to this process is fundamental for the prognosis of patients. However, there are still divergence in literature regarding the parameters as the ones related to inspiratory pause time. **Objective:** In this context, the objective of the present study is to compare the measurements of respiratory system mechanics between these two different intervals of inspiratory pause time in patients undergoing volume-controlled ventilation and to compare the time constants when different intervals of inspiratory pause time were used. **Method:** Cross-sectional study carried out in intensive care units of a hospital of a state health network in the city of Salvador, Bahia, Brazil, between August 2019 and September 2020. Primary data sources include the records of measurements of respiratory system mechanics (Peak Pressure, Plateau Pressure, Static Compliance, Resistance and Resistive Pressure) performed in 0.5 and 2.0 seconds of inspiratory pause time, as well as oxygenation parameters (SpO<sub>2</sub>), cardiovascular function (systolic and diastolic blood pressure, diastolic and heart rate), body height and predicted body weight, while secondary data such as age, sex, reason for hospitalization, intubation date and presence of comorbidities were extracted from the records of each patient. Population include patients from both genders, aged 18 years or older and using invasive mechanical ventilation, without interaction with ventilatory prosthesis, with stable hemodynamics, characterized by the absence or low doses of vasoactive or inotropic drugs and without recent fractures or diagnosis of abnormalities in rib cage, spine and hips. Exclusion criteria include changes in mean arterial pressure greater than 20% compared to baseline, systolic blood pressure <90 mmHg and peripheral oxygen saturation <90%. Measurement analysis was performed by using paired t-test; intraclass correlation coefficient was used to assess linear relationship between intervals of pause time; and the level of precision between the two intervals of pause time was assessed by using the Bland-Altman test. **Results:** 101 patients were included in this study, and there was no need for exclusions during the research. The patients had a mean age of  $59.2 \pm 16.3$  years, 65% of whom were male; clinical and neurological pathological processes (34%) represented most of the reasons for hospitalization. There were no significant variation between peak and plateau pressure data, static compliance, resistive pressure, airway resistance, driving pressure or time constant in the two intervals of inspiratory pause time. Variations were recorded between measurements of hemodynamic variables. Low variability of respiratory system mechanics data was confirmed by Bland-Altman test which presented agreeability  $P = 0.087$ . There is also a correlation between these measurements ( $ICC = 0.956$  and  $p = 0.001$ ), which suggests a high degree of reproducibility. **Conclusion:** There were no differences between the results of measurements of respiratory system mechanics in comparison with the two different intervals of inspiratory pause time (0.5 and 2.0 seconds), nor the results of time constants,

whilst the differences identified in hemodynamic variables (DBP, MAP and FC) did not reflect clinical significance although visible numerically.

**Keywords:** Respiratory Mechanics. Physiotherapy. Respiratory System. Lung Compliance.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Plano estrutural dos órgãos respiratórios mostrando a faringe, traqueia, brônquios e pulmões.	17
<b>Figura 2</b>	Hematose	18
<b>Figura 3</b>	Pausa ao final da inspiração no 2º ciclo respiratório. Simulador Virtual Xlung®.	24
<b>Figura 4</b>	Análise de <i>Bland-Altman</i> para avaliação da precisão entre as medidas de <i>driving pressure</i> aferidas nos tempos de pausa de 0,5 e 2,0 segundos (n = 101 pacientes).	34
<b>Figura 5</b>	Análise de Correlação Intraclasse(CCI) entre as medidas de <i>driving pressure</i> aferidas nos tempos de pausa de 0,5 e 2,0 segundos (n=101 pacientes).	35

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Distribuição das características demográficas e clínicas dos pacientes incluídos no estudo no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2020.	32
<b>Tabela 2</b>	Distribuição dos valores de mecânica respiratória dos pacientes incluídos no estudo no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2019.	33
<b>Tabela 3</b>	Distribuição dos parâmetros cardiovasculares e de oxigenação dos pacientes incluídos no estudo no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2020.	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C	Complacência do Sistema Respiratório
Cest	Complacência Estática
CCI	Coefficiente de Correlação Intraclasses
Ct	Constante de Tempo
DP	Pressão de Distensão (do inglês: <i>Driving Pressure</i> )
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
Est, rs	Elastância do Sistema Respiratório
FC	Frequência Cardíaca
FiO <sub>2</sub>	Fração Inspirada de Oxigênio
HGRS	Hospital Geral Roberto Santos
MRA	Manobra de Recrutamento Alveolar
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PEEP	Pressão Expiratória Final Positiva (do inglês: <i>Positive End-Expiratory Pressure</i> )
Ppico	Pressão de Pico
Pplatô	Pressão de Platô
Pres	Pressão Resistiva
Raw	Resistência das Vias Respiratórias (do inglês: <i>Resistance of air way</i> )
SDRA	Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
SpO <sub>2</sub>	Saturação Periférica de Oxigênio
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
V/Q	Relação Ventilação-Perfusão
VCV	Ventilação Controlada a Volume
VM	Ventilação Mecânica
VNI	Ventilação Não Invasiva
VT	Tidal Volume
ZEEP	Pressão Expiratória Final Zero (do inglês: <i>Zero end-expiratory pressure</i> )

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	16
2.1	O SISTEMA RESPIRATÓRIO	16
2.1.1	<b>Via Aérea Superior</b>	16
2.1.2	<b>Vias Aéreas Inferiores</b>	16
2.1.3	<b>Ventilação Pulmonar</b>	17
2.1.4	<b>Trocas Gasosas</b>	17
2.1.5	<b>Espaço Morto</b>	18
2.2	INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA	19
2.2.1	<b>Insuficiência Respiratória Aguda</b>	19
2.2.2	<b>Insuficiência Respiratória Crônica</b>	19
2.2.3	<b>Outras Classificações</b>	20
2.3	VENTILAÇÃO MECÂNICA	20
2.4	MENSURAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA	21
2.4.1	<b>Modos Ventilatórios</b>	22
2.4.2	<b>Frequência Respiratória</b>	23
2.4.3	<b>Fluxo Inspiratório</b>	23
2.4.4	<b>Pausa Inspiratória</b>	24
2.4.5	<b>Complacência e Resistência</b>	25
2.4.6	<i>Pendelluft e Stress-relaxation</i>	25
2.4.7	<b>Pressão de Distensão ou <i>Driving Pressure</i></b>	25
2.4.8	<b>Recrutamento Alveolar</b>	26
2.5	CONSTANTES DE TEMPO	26
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b>	28
3.1	DESENHO DO ESTUDO	28
3.2	AMOSTRA	28
3.3	LOCAL DE ESTUDO	28
3.4	CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE	28
3.4.1	<b>Critérios de Inclusão</b>	28
3.4.2	<b>Critérios de Exclusão</b>	29
3.5	COLETA DE DADOS	29



3.6	PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
4	ASPECTOS ÉTICOS	31
5	RESULTADOS	32
6	DISCUSSÃO	36
7	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	39
8	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICES	48
	APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	49
	APÊNDICE B - Instrumento de coleta	51
	APÊNDICE C – Artigo elaborado em coautoria, tratando do objeto desta pesquisa intitulado “Reprodutibilidade das mensurações da mecânica respiratória invasiva”.	52
	ANEXOS	59
	ANEXO A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos.	60

## 1 INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) corresponde ao suporte parcial ou total provido ao sistema respiratório por meio de uma prótese, seja ela cânula oro ou nasotraqueal, traqueostomia ou interface de ventilação não invasiva (VNI), tendo como principal objetivo reverter quadros de insuficiência respiratória, maior causa de morbimortalidade de pacientes críticos, garantindo assim oxigenação e ventilação adequadas, tendo como funções também reduzir o trabalho respiratório através do repouso da musculatura, manter as vias aéreas protegidas, garantir a estabilidade do sistema respiratório e promover conforto aos pacientes<sup>1-3</sup>.

Deve-se levar em consideração que essa aplicação de um volume de gás ao sistema respiratório resulta em uma série de pressões e fluxos. Nesse sentido, as respostas do organismo dependerão das características da via aérea, do parênquima pulmonar, das propriedades da parede torácica, se essa ventilação pulmonar é passiva ou envolve ativação dos músculos respiratórios. Assim, a monitorização ventilatória do paciente é o resultado da interação de todos esses elementos<sup>4</sup>.

Dessa forma, com base nessas mensurações, é possível identificar diversas informações, tais como: trabalho respiratório, volume pulmonar, complacência e resistência ao fluxo aéreo, sendo que essas informações são geradas de forma gráfica nas telas dos ventiladores mecânicos atuais, tendo suas formas de ondas (volume, pressão e fluxo) representadas como resultado da relação entre os parâmetros estabelecidos em função do tempo<sup>5,6</sup>.

Diante disso, compreender as alterações da função respiratória traduz um passo fundamental à atuação do fisioterapeuta, representando uma orientação no sentido de adequar as condutas terapêuticas, bem como avaliar seus efeitos após cada intervenção realizada, o que vem a contribuir diretamente com o prognóstico desses pacientes<sup>7</sup>.

Aspectos dessa mensuração ainda são discutidos, considerando a variabilidade dos parâmetros utilizados frente à necessidade de padronização. Dentre eles, está o tempo de pausa inspiratória, que é promovido através interrupção momentânea do fluxo aéreo e representa o período de acomodação do ar inspirado no interior dos alvéolos; na literatura há uma ausência de consenso sobre os valores a serem utilizados, geralmente variando entre 0,5 e 2,0 segundos de pausa inspiratória, não sendo encontradas, no entanto, evidências de que há variabilidade nos resultados de mecânica quando mensuradas nesses diferentes tempos de pausa, o que conduz à necessidade de se analisar se há ou não diferenças biomecânicas entre as avaliações realizadas com esses parâmetros distintos<sup>8-11</sup>.

Em VM, entende-se como uma constante de tempo o período necessário para que a pressão intra-alveolar atinja 63% da pressão medida na porção proximal do tubo endotraqueal, correspondendo ao produto da resistência pela complacência; este é um fator fundamental ao acompanhamento funcional respiratório dos pacientes mecanicamente ventilados <sup>11,12</sup>.

Diante dessa necessidade de monitorização do paciente em VM e da divergência entre os parâmetros a serem utilizados, surge a pergunta motriz deste estudo: - existe diferença entre as mensurações de mecânica respiratória quando utilizados diferentes tempos de pausa inspiratória?

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Ao ser ponderada a necessidade de se compreender os impactos gerados pelas alterações da VM no sistema respiratório, fazendo uso das mensurações da mecânica respiratória, é imperativo o adequado manejo dessa ferramenta para a detecção de alterações que venham a interferir na funcionalidade do sistema respiratório, bem como atuar contribuindo na elaboração e execução de um adequado plano terapêutico individualizado, em função das necessidades de cada paciente, e fomentando discussões acerca dessa parametrização<sup>7</sup>.

Dentre os aspectos que podem vir a atribuir incongruências a essa avaliação, pode-se citar a variabilidades dos parâmetros utilizados, estando entre eles o uso de diferentes tempos de pausa inspiratória. De modo geral, alguns trabalhos sugerem a necessidade de tempos de pausa inspiratória iguais ou superiores a 2 segundos, enquanto outros utilizam tempo de pausa de 0,5 a 2 segundos para a maioria dos pacientes <sup>6,8,9</sup>. Desse modo, torna-se relevante a realização de estudos que estabeleçam um comparativo dos dados gerados na mensuração da mecânica respiratória entre os diferentes tempos de pausa inspiratória, a fim de elucidar se há ou não diferença nesses resultados, quando utilizados tempos de pausa inspiratória distintos. Na prática clínica, cabe ressaltar que tempos menores de pausa inspiratória podem resultar em aumento do espaço morto e aprisionamento aéreo, enquanto que tempos maiores estão associados à assincronia de ciclagem tardia, quando o tempo inspiratório mecânico do ventilador ultrapassa o adequado para o paciente, podendo resultar em interação do paciente com a prótese, o que impede a realização adequada dessa mensuração <sup>8-10,12</sup>.

De modo que, a veracidade dos valores de mecânica respiratória mensurado diariamente à beira-leito vincula-se à confiabilidade dessas mensurações. Diante disso, ao se considerar que essas medidas podem ser realizadas com ajustes diferentes, como ocorre com os tempos

de pausa inspiratória, faz-se fundamental à prática clínica a elucidação da existência ou não de impactos dos diferentes tempos de pausa sobre essa medida, devendo ser lavada em consideração a escassez desses dados na literatura, bem como a divergência dos poucos atualmente existentes.

## 1.2 OBJETIVOS

### **Objetivo Geral**

Comparar as mensurações de mecânica respiratória entre diferentes tempos de pausa inspiratória em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva controlada.

### **Objetivos Específicos**

- Comparar as constantes de tempo, quando utilizados diferentes tempos de pausa inspiratória durante as medidas de mecânica respiratória.
- Comparar os parâmetros cardiovasculares e de oxigenação imediatamente após a medida da mecânica respiratória.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório dos seres humanos é composto por órgãos formados precocemente em seu desenvolvimento e compreendem as vias aéreas superiores, musculatura respiratória, vias aéreas inferiores, vasculaturas pulmonares arteriais e venosas, além dos suportes de caráter linfático e nervoso<sup>13-15</sup>.

#### 2.1.1 Vias Aéreas Superiores

O trato respiratório superior é formado pelas estruturas localizadas acima da região do tórax (extratorácica), compreendendo a cavidade nasal e a oral, além de faringe e laringe, até a traqueia. Os componentes dessa região não apresentam função de troca gasosa (hematose) como ocorre nos alvéolos, exercendo seu papel no aquecimento, umidificação e filtração dos gases inspirados, além de atuar nos processos de fonação (emissão de sons inteligíveis), gustação e olfato, que se dão pela interação de receptores com substâncias ingeridas e inaladas, gerando a identificação de sabores e odores, respectivamente, e a proteção das vias aéreas inferiores, promovida pelo adequado funcionamento de todas essas estruturas; nestas, destaca-se principalmente a epiglote, fibrocartilagem localizada atrás do osso hioide, na entrada da laringe, que garante que o alimento siga para o esôfago bloqueando o acesso às vias aéreas inferiores, o que resultaria em uma situação patológica conhecido como broncoaspiração, a qual pode gerar quadros de pneumonia infecciosa, pneumonite química e síndrome da angústia respiratória<sup>13, 16,17</sup>.

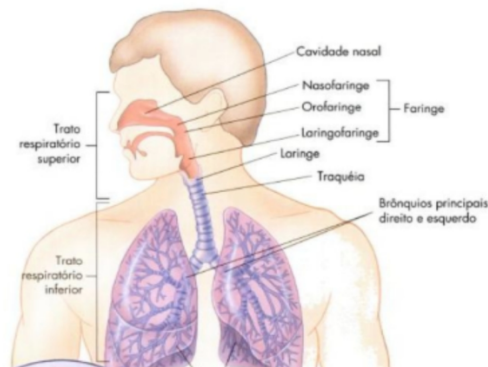
#### 2.1.2 Vias Aéreas Inferiores

As vias respiratórias inferiores são formadas basicamente pela estrutura traqueobrônquica - também chamada de árvore traqueobrônquica - que se estende da laringe, passando por vias de condução, até as áreas que realizam a difusão dos gases<sup>13,15</sup>.

A laringe é uma estrutura de aspecto tubular que se situa abaixo da faringe e é constituída por peças de cartilagem articuladas. Dando continuidade em sentido craniocaudal, tem-se a traqueia, também tubular, apresentando anéis cartilagosos em suas paredes; essa

estrutura apresenta 12 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro. Em sua região inferior, a traqueia se bifurca, dando origem aos brônquios, os quais adentram os pulmões direito e esquerdo e se ramificam em vias de menor calibre denominadas bronquíolos, até apresentarem em suas extremidades bolsas altamente vascularizadas denominadas alvéolos pulmonares<sup>13-15</sup>.

**Figura 1-** Plano estrutural dos órgãos respiratórios mostrando a faringe, traquéia, brônquios e pulmões.



Fonte: Thibodeau e Patton<sup>18</sup>

### 2.1.3 Ventilação Pulmonar

A ventilação pulmonar consiste no processo cíclico de deslocamento do ar presente no ambiente para dentro (inspiração) e fora (expiração) dos pulmões. Esse volume quantificado a cada incursão é denominado volume corrente (geralmente em torno de 500 ml), que remove o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na expiração e fornece oxigênio ( $\text{O}_2$ ) durante a inspiração, com a finalidade de suprir as demandas metabólicas do organismo<sup>1,13</sup>.

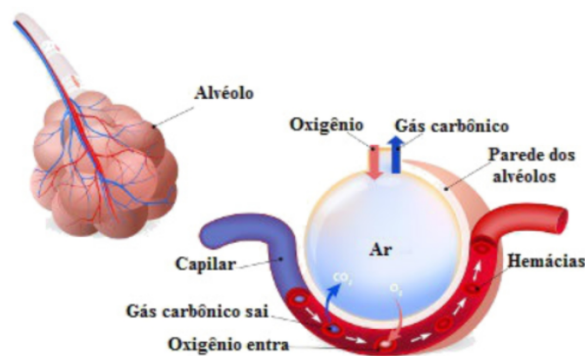
Para que esse processo ocorra, os pulmões são expandidos fisiologicamente através dos movimentos do músculo diafragma para cima e para baixo, reduzindo e aumentando o espaço no interior da cavidade torácica, promovendo assim, através da elevação e depressão das costelas, um aumento do diâmetro anteroposterior dessa cavidade que, por tração das pleuras pulmonares, resulta na sua insuflação<sup>15</sup>.

### 2.1.4 Trocas Gasosas

As regiões responsáveis pelas trocas gasosas são bronquíolos respiratórios, ductos

alveolares, sacos alveolares e alvéolos<sup>14</sup>. Para que ocorra a adequada oxigenação do sangue que passa pelos pulmões, é necessário que haja uma diferença entre as pressões dos gases a serem difundidos entre os vasos sanguíneos e os alvéolos, sendo que, após a inspiração, tem-se o preenchimento daquelas áreas com ar atmosférico, o qual tende a ter maior concentração de oxigênio ( $O_2$ ) do que os vasos sanguíneos adjacentes; estes, por sua vez, tendem a ter em seu interior maior concentração de dióxido de carbono ( $CO_2$ ), proveniente dos tecidos durante a oxidação do piruvato, como resultado do metabolismo aeróbico<sup>19</sup>. A partir dessa premissa, em condições fisiológicas, forma-se um gradiente de difusão que tende a conduzir o  $O_2$  dos alvéolos em direção aos vasos e o  $CO_2$  dos vasos para os alvéolos, sendo esse processo conhecido como hematose<sup>15</sup>.

**Figura 2- Hematose**



Fonte: Santos<sup>20</sup>

### 2.1.5 Espaço Morto

O volume de ar que permanece em regiões como nariz, faringe e traqueia é denominado ar do espaço morto por não atuar funcionalmente no processo de difusão dos gases, o que acontece ao alcançar áreas que são capazes de realizar trocas gasosas. O volume normal desse espaço morto anatômico em adultos jovens é de cerca de 150 mililitros<sup>14</sup>. Em situações nas quais os alvéolos também fazem parte do espaço morto, ou seja, não realizam adequadamente as trocas gasosas, seja por redução ou ausência de fluxo sanguíneo local, tem-se o espaço morto fisiológico<sup>14,15</sup>.

Na prática clínica, tem sido atribuído valor prognóstico à mensuração do espaço morto<sup>21</sup>. Valores elevados na fração de espaço morto estão associados ao aumento no risco de óbito,

pois para cada aumento de 0,05 na fração de espaço morto as chances de morte aumentam em 45%<sup>22</sup>. De modo que, considerando o acompanhamento desse dado, a manutenção de elevada relação espaço morto/volume corrente é característica de pacientes com mau prognóstico, tendo significativa associação com mortalidade<sup>23</sup>, sendo ambos desenvolvidos com sujeitos diagnosticados com Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA), conforme definição do Consenso Americano-Europeu de SDRA<sup>9</sup>.

## 2.2 INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA

Considerada a maior causa de morbimortalidade entre os pacientes que necessitam de tratamento em unidades de terapia intensiva, a insuficiência respiratória é ocasionada quando o sistema respiratório apresenta incapacidade parcial ou total de desempenhar as trocas gasosas, o que resulta em falha no suprimento das demandas metabólicas do organismo, sendo associada à falência da ventilação e/ou da perfusão pulmonar, podendo ser aguda ou crônica<sup>24</sup>.

### 2.2.1 Insuficiência Respiratória Aguda

A insuficiência respiratória aguda associa-se a um evento pontual, que resulta na incapacidade do sistema respiratório em manter suas funções de oxigenação e/ou ventilação adequadas, tendo como consequência a falha no suprimento das demandas metabólicas do organismo<sup>1</sup>.

Esse quadro patológico pode estar associado a múltiplas etiologias, sendo que, em pacientes com idades inferiores a 45 anos, as causas mais comuns são pneumonia, sepse, SDRA, asma, ingestão de drogas e trauma, enquanto que em idosos são mais predominantes pneumonia, insuficiência cardíaca, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), SDRA e sepse<sup>25,26</sup>.

### 2.2.2 Insuficiência Respiratória Crônica

Os quadros de insuficiência respiratória crônica agudizada estão relacionados a impactos de um processo patológico preexistente, podendo ser resultantes da hipoventilação - como ocorre em casos de traumatismo cranioencefálico grave -, de distúrbios entre ventilação perfusão (V/Q) - a exemplo do enfisema pulmonar -, ou de *shunt* arteriovenoso - que pode ser



exemplificado pelas cardiopatias congênitas com *shunt* intracardíaco <sup>1,2</sup>.

Esse perfil de insuficiência é geralmente observado em pacientes com DPOC grave, pois nesses casos há uma estabilidade limítrofe, apresentado um equilíbrio muito crítico entre as reservas cronicamente depletadas e o aumento da demanda. Dessa forma, quaisquer fatores que venham a interferir com esse equilíbrio, seja aumento de demandas cardiorrespiratórias ou diminuindo tais reservas, tendem a levar à fadiga dos músculos respiratórios e à insuficiência respiratória aguda <sup>27</sup>.

### 2.2.3 Outras Classificações

Outras classificações da insuficiência respiratória podem ser encontradas na literatura, como sendo de tipo 1, ou hipoxêmica, quando seu principal impacto é a redução da pressão sanguínea de oxigênio, ou de tipo 2, denominada hipercápica, quando resulta em elevação dos níveis de gás carbônico <sup>27-29</sup>.

Pode também ser classificada em função da localização anatômica (via aérea superior ou inferior), pelo tipo de hipóxia, podendo ser hipoxêmica (redução da pressão de oxigênio no sangue arterial, ex.: pneumonia), anêmica (redução da taxa de hemoglobina, o que limita o transporte de oxigênio, ex.: anemia grave), circulatória (redução da perfusão tissular, ex.: choque), ou histotóxica (incapacidade da célula metabolizar o oxigênio disponibilizado, ex.: intoxicação por cianeto) <sup>28-30</sup>.

## 2.3 VENTILAÇÃO MECÂNICA

O uso de ventiladores mecânicos é conhecido desde a epidemia de poliomielite, ocorrida em Copenhagen em 1952, como uma ferramenta fundamental no cuidado de pacientes que cursam com insuficiência respiratória <sup>31-33</sup>, sendo que, em função do seu potencial de atuação, impactando de forma imperativa nos desfechos clínicos, a ventilação mecânica (VM) tem se tornado a técnica de suporte de vida mais utilizada no mundo desde então <sup>34,35</sup>.

Os primeiros ventiladores mecânicos foram desenvolvidos por Carl-Gunnar Engström, anesthesiologista sueco, e Claus Bang, médico dinamarquês <sup>36</sup>. Posteriormente, foram elaborados aparelhos capazes de analisar os gases presentes no sangue arterial e, a partir da identificação da síndrome do desconforto respiratório (SDRA) adulto (aguda) por Ashbaugh e colaboradores, foi implementado o uso de pressão expiratória final positiva (PEEP), grande passo na evolução do uso desse instrumento <sup>37</sup>. Em 1971, o Servo 900A (Siemens -Eléma) foi

o primeiro ventilador mecânico a possibilitar o uso da pressão expiratória positiva final <sup>38</sup>.

Diante dos quadros patológicos nos quais um indivíduo venha a cursar com insuficiência respiratória, seja ela aguda ou crônica agudizada, tem-se como ferramenta terapêutica a instituição da VM que pode ser invasiva, com a inserção de uma cânula em via aérea, ou não invasiva, por meio de interface externa, como máscaras faciais ou nasais, e objetiva, em ambas as aplicações, fazer uso da oferta de pressão positiva nas vias aéreas, a fim de se promover artificialmente a ventilação pulmonar, revertendo a hipoxemia, reduzindo o trabalho da musculatura respiratória e a demanda metabólica<sup>39-41</sup>.

De modo que, ao ser instituída a VM, é demandado aos profissionais envolvidos nesse manejo o entendimento dos aspectos relacionados aos volumes, fluxos aéreos e pressões aplicados ao sistema respiratório, devendo-se ponderar as diversas características anátomo-fisiológicas para que se preserve a veracidade dos dados monitorizados durante essa terapia<sup>4,6,13</sup>.

Essa monitorização contempla o acompanhamento da terapêutica em função da manutenção de um estado ótimo de ventilação e de trocas gasosas, bem como a identificação de anormalidades desse sistema,<sup>42,43</sup> seja em atividade muscular, em alterações de resistência e complacência,<sup>44</sup> promovendo adequada avaliação dos impactos dos processos patológicos respiratórios e sistêmicos responsáveis por essas alterações<sup>45,46</sup>.

## 2.4 MENSURAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA

A mecânica respiratória expressa a função pulmonar através de medidas de pressão e fluxo gerados no interior das vias aéreas. A partir dessas medidas, pode-se determinar uma variedade de índices derivados, tais como volume pulmonar, complacência (capacidade de recepção dessa massa de ar), resistência (impedância ao fluxo aéreo) e trabalho respiratório (uso da musculatura para gerar incursões respiratórias)<sup>47,48</sup>.

Os ventiladores mecânicos de pressão positiva atuais são equipados com telas para melhor monitorização dos parâmetros ventilatórios e da execução do processo de ventilação à beira do leito, através de dados numéricos e das ondas geradas graficamente. Assim, essas formas de ondas são derivadas quando um dos parâmetros da mecânica respiratória é plotado como função do tempo ou em função de um dos outros parâmetros. Isso produz traços escalares de gráficos de tempo de pressão, tempo de fluxo e tempo de volume, bem como os laços de pressão-volume e fluxo-volume que concedem informações dinâmicas entre esses pares, sendo que o primeiro traduz o comportamento elástico do sistema respiratório, dando

uma ideia de complacência e elastância, enquanto que o segundo apresenta informações acerca da relação entre o fluxo aéreo e a constante de tempo <sup>2,48</sup>.

Ao interpretar essas medidas, é importante lembrar que o monitoramento da mecânica e os gráficos, durante o período de ventilação de pressão positiva, retratam os pulmões como um único compartimento e assumem uma resposta linear na faixa de volume corrente (VT). Tais informações são úteis para avaliar a função pulmonar e a resposta à terapia e para otimizar o suporte mecânico do ventilador <sup>5,49,50</sup>.

Para a execução dessas aferições, é necessária uma pausa inspiratória, algo que demanda a ausência de *drive* respiratório, o qual corresponde à resposta fisiológica responsável por determinar o esforço respiratório em cada incursão ventilatória <sup>5,7,50</sup>. Esse esforço está associado à atuação mecânica da musculatura respiratória, desde a magnitude à frequência das contrações dos músculos. Os impulsos para tal resposta são originados nos centro respiratórios, localizados no tronco encefálico, e são muitas vezes inibidos na realidade da terapia intensiva por meio de sedação <sup>51,52,53</sup>.

São necessários ajustes ventilatórios para a adequada mensuração da mecânica respiratória, como modo ventilatório, frequência respiratória, fluxo inspiratório e tempo de pausa inspiratória <sup>2,50</sup>.

#### **2.4.1 Modos Ventilatórios**

Os principais modos ventilatórios utilizados na prática clínica são o assisto-controlado ciclado a volume (VCV), recomendado quando se almeja manter um valor de volume minuto ( $V_t \times FR$ ); o assisto-controlado limitado a pressão e ciclado a tempo (PCV), o qual permite controle mais adequado das pressões em vias aéreas e alvéolos, sendo muito utilizado quando há comprometimento da mecânica do sistema respiratório; e o modo ventilatório com pressão de suporte (PSV), considerado preferencial durante a ventilação espontânea ou assistida, por permitir maior liberdade ventilatória ao paciente, possibilitando evolução no processo de desmame <sup>4,50</sup>.

É um modo de ventilação ciclado a volume, ciclado a tempo, disponível em todos os ventiladores modernos.

O modo ventilatório comumente utilizado para a medida da mecânica respiratória é o VCV, pois ele possibilita o controle sobre o volume corrente adequado a cada paciente, geralmente de 6 ml/kg de peso predito, sob fluxo inspiratório constante e onda gráfica quadrada, sendo que a fórmula mais utilizada hoje para a identificação do peso predito é

aquela proposta por Brower e colaboradores:  $50 + 0.91$  (altura em centímetros – 152,4) para homens e  $45.5 + 0.91$  (altura em centímetros – 152,4).<sup>53-56</sup>.

### 2.4.2 Frequência Respiratória

A literatura recomenda que os pacientes sejam ventilados mecanicamente com frequências respiratória entre 12 e 20 incursões por minuto, desde que seja garantido adequado volume minuto para normoventilação. No entanto, deve-se então considerar que há casos específicos nos quais se identifica a necessidade de valores divergentes a essas recomendações: é o caso de pacientes com asma que apresentam tempo expiratório mais longo e se beneficiam de menores frequências, em contraposição aos pacientes com SDRA, que tendem a apresentar pulmões funcionalmente menores, tendendo à hipercapnia e consequentemente vindo a necessitar de valores de frequência mais elevados<sup>2,50</sup>.

Diante disso, pondera-se que para a monitorização da mecânica respiratória não há um valor específico de frequência, podendo ser utilizado aquele que se amolde melhor às necessidades do ponto de vista funcional e gasométrico do paciente, como supracitado, garantindo adequado volume por minuto, apenas priorizando-se que essas medidas sejam realizadas com o mesmo valor de frequência para cada paciente, auxiliando na padronização e, consequentemente, na comparabilidade dos dados encontrados<sup>4,7,50</sup>.

### 2.4.3 Fluxo Inspiratório

Os ajustes no fluxo inspiratório, bem como no tempo inspiratório, buscam inicialmente atuar junto à frequência respiratória para manter a relação inspiração:expiração entre 1:2 e 1:3, devendo-se considerar as questões específicas supracitadas no que se refere aos pacientes com doença obstrutiva, utilizando-se frequências respiratórias inferiores a 12 incursões por minuto e, em caso de doenças restritivas e valores mais elevados, superiores a 20, quando necessário<sup>57-60</sup>.

Durante a ventilação mecânica em modos PCV e PSV, o fluxo inspiratório é livre, estando, no primeiro modo, associado aos demais parâmetros ajustados, como pressão inspiratória, tempo inspiratório e frequência respiratória; e, no segundo, relacionado à demanda do paciente, percentual de ciclagem e pressão de suporte. No entanto, no modo VCV, o fluxo pode ser diretamente ajustado, sendo comumente utilizados valores entre 40 e 60 L/min. A possibilidade de ajuste direto desse parâmetro também contribui para a

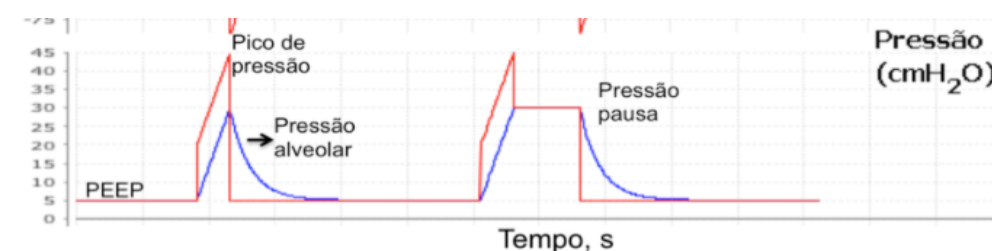
padronização das medidas, de modo que, para a mensuração da mecânica, recomenda-se o uso de fluxo inspiratório constante e quadrado quanto à configuração de sua onda gráfica <sup>50,61-63</sup>.

#### 2.4.4 Pausa Inspiratória

Durante a monitorização da ventilação mecânica, é possível verificar aspectos de complacência/elastância e resistência do sistema respiratório por meio da análise das pressões em diferentes momentos. Dessa forma, em ausência de interação paciente-ventilador, ao se promover tal mensuração durante a inspiração com fluxo contínuo e outra durante uma pausa inspiratória, com acomodação do ar inspirado nos alvéolos, é possível obter características do comportamento das vias respiratórias durante o processo de ventilação <sup>7,50</sup>.

A partir desse princípio, quando há uma oclusão súbita das vias aéreas ao final da inspiração, pode-se observar uma imediata redução na pressão transpulmonar de valor máximo, que é a pressão de pico (Ppico); desse modo, mantendo-se a oclusão, ocorrerá uma lenta e gradual queda na pressão, até atingir um valor sustentado, denominado de pressão de platô (Pplatô), que representa a pressão de recolhimento elástico inspiratório final estática do pulmão<sup>7</sup>. Consta na literatura que essa pausa inspiratória deve durar de 0,5 a 2,0 segundos, permitindo o equilíbrio pressórico no sistema, o que possibilita a mensuração da pressão alveolar por meio da pressão nas vias aéreas proximais <sup>5,6</sup>. No entanto, tal orientação difere de outras referências, que sugerem o uso de no mínimo dois segundos de pausa<sup>50</sup>, havendo autores que afirmam que, quando a pausa inspiratória é inferior a 2 segundos, a pressão de platô nem sempre representará a pressão alveolar e a complacência resultante dessa medida seria denominada de quasi-estática <sup>39</sup>.

**Figura 3-** Pausa ao final da inspiração no 2º ciclo respiratório. Simulador Virtual Xlung®.



Fonte: Holanda<sup>64</sup>

#### 2.4.5 Complacência e Resistência

Por meio da mensuração das pressões no interior das vias aéreas, permite-se a identificação de aspectos mecânicos do sistema respiratório, através dos componentes elástico e resistivo<sup>63,65</sup>. O primeiro, representado pela variável denominada de “complacência”, expõe a capacidade que os pulmões têm de receber o volume de ar ofertado, sendo calculada por meio da relação entre a variação de volume e a variação de pressão nas vias aéreas; o segundo tem a “resistência” como variável de estudo, a qual corresponde à impedância enfrentada pela massa de ar para adentrar as vias aéreas e chegar aos alvéolos e pode ser calculada por meio da razão entre a diferença de pressões ( $P_{pico}$  e  $P_{platô}$ ) e o fluxo<sup>7,14,63</sup>.

Diante disso, diversos estudos apontam para a importância do entendimento acerca da administração da ventilação mecânica, bem como dessas mensurações no manejo de pacientes mecanicamente ventilados<sup>35,66-68</sup>, atuando tanto na manutenção do suporte de vida, como ocorre nos casos de pessoas acometidas por outras doenças, não necessariamente relacionadas ao sistema respiratório,<sup>69-71</sup> quanto em função terapêutica, mostrando seu papel relevante em desfechos, como alta após desmame<sup>10,72</sup> e mortalidade<sup>73,74</sup>.

#### **2.4.6 *Pendelluft* e *Stress-relaxation***

São fenômenos associados à acomodação do ar nos pulmões que traduzem a lenta redução da pressão no seu interior. O *pendelluft* corresponde à transferência de pequenos volumes de gás de regiões de maior pressão para aquelas de menor pressão e o *stress-relaxation* corresponde ao relaxamento ou adaptação do tecido pulmonar à massa de ar ali presente, comumente resultando em aumento da complacência no tempo<sup>12,75,76</sup>.

#### **2.4.7 Pressão de Distensão ou *Driving Pressure***

Corresponde à pressão necessária para conduzir o volume de ar aos pulmões, traduzida pela diferença entre a pressão de platô e a pressão expiratória final positiva ( $P_{platô} - PEEP$ )<sup>50,77</sup>. Ela expõe numericamente o grau de distensão alveolar, dado fundamental durante a execução de estratégia ventilatória protetora, associado à perpetuação do processo inflamatório do parênquima pulmonar, bem como ao aumento da mortalidade quando em valores superiores a 15 cmH<sub>2</sub>O<sup>5,12,50,75,77</sup>.

#### **2.4.8 Recrutamento Alveolar**

Consiste no incremento de pressão nas vias aéreas a fim de se promover a reabertura de áreas pulmonares, muitas vezes colapsadas por estados patológicos associados a diversas etiologias, como infecções respiratórias, aumento de carga abdominal, contusões, hipoventilação, dentre outros diversos fatores que podem levar a atelectasias, podendo esses fatores, do ponto de vista funcional, estar associados a aumento de elastância ou resistência, em combinação à redução de complacência do sistema respiratório<sup>50, 78,79,80</sup>.

A manobra deve ser realizada em modo ventilatório controlado a pressão e os valores pressóricos podem variar entre as referências na literatura, de modo que deve ser considerado o estado individual de cada paciente, a tolerância à distensão do seu parênquima pulmonar e os impactos hemodinâmicos dessa conduta, que pode gerar aumentos significativos da pressão no interior do tórax, resultando em redução de pré-carga por limitação do retorno venoso. Em pacientes com SDRA, recomenda-se a realização do recrutamento como parte da estratégia protetora, a fim de reduzir o *driving pressure* em associação ao ajuste da PEEP<sup>50, 80, 81</sup>.

## 2.5 CONSTANTES DE TEMPO

As constantes de tempo representam o tempo necessário para que a pressão intra-alveolar atinja 63% da pressão medida na porção proximal do tubo endotraqueal. Elas correspondem ao produto da resistência pela complacência ( $R_{aw} \times C_{est}$ ), determinando assim as taxas de insuflação e desinsuflação alveolar local<sup>11,50,82</sup>.

Isso traduz uma relação direta entre as variações na pressão alveolar e o tempo gasto numa inspiração, podendo-se considerar de três a cinco constantes de tempo, o que possibilita, a partir deste momento, a equalização entre as pressões proximal e distal, com a desaceleração do fluxo até zero<sup>13,14</sup>.

Tal premissa se baseia na suposição de que a expiração passiva poderia ser representada por um único compartimento de carga elástica constante o qual teria seu esvaziamento por meio de uma via de resistência também única e constante, o que não corresponde com as características intrínsecas dos tecidos pulmonares, que apresentam viscoelasticidade e não linearidade de complacência e resistência; além disso, deve-se considerar que em pulmões com graves comprometimentos, como na síndrome do desconforto respiratório aguda (SDRA), a falta de homogeneidade é ainda mais evidente, do ponto de vista biomecânico<sup>83-85</sup>.

No entanto, ainda que sua mensuração seja baseada em modelos que não correspondem ao exato fisiológico, essa medida é fundamental na avaliação do comportamento dos pulmões

durante a ventilação, traduzindo aspectos de complacência e resistência do sistema respiratório<sup>86-88</sup>.



## 3 MÉTODO

### 3.1 DESENHO DO ESTUDO

Trata-se de um estudo de delineamento transversal, realizado nas Unidades de Terapia Intensiva do Hospital Geral Roberto Santos, Salvador - Bahia no período entre agosto de 2019 a setembro de 2020.

### 3.2 AMOSTRA

A amostra foi consecutiva, considerando que os pacientes, ao darem entrada nas unidades de terapia intensiva eram logo avaliados quanto aos critérios de participação neste estudo.

### 3.3 LOCAL DO ESTUDO

O Hospital Geral Roberto Santos é o maior hospital público da Bahia em atendimento de média e alta complexidade, reconhecido como Centro de Referência de Alta Complexidade em Neurologia, sendo também referência nos serviços de emergência, hemorragia digestiva, nefrologia, pediatria, clínica médica, cirurgia bucomaxilofacial, cirurgia geral, neurocirurgia, cirurgia pediátrica e neonatal, cirurgia vascular e maternidade de alto risco, entre outras especialidades médicas. O hospital conta com 640 leitos, sendo 79 em unidades de terapia intensiva.

A instituição também atua na área de ensino, certificada pelos Ministérios da Saúde e da Educação e compreende desde a graduação à residência médica e multiprofissional.

### 3.4 CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

#### 3.4.1 Critérios de Inclusão

Pacientes de ambos os sexos, com idade igual ou superior a 18 anos, em uso de ventilação mecânica invasiva, sem interação com a prótese ventilatória (*drive* respiratório) visualizada através da análise gráfica, com hemodinâmica estável, caracterizada pela ausência ou baixas doses de drogas vasoativas ou inotrópicas, sem fraturas recentes ou anormalidades

diagnosticadas em coluna vertebral, quadril e caixa torácica, bem como ausência de comprometimentos intratorácicos com efeitos de massa, a exemplo de pneumotórax e hemotórax.

### 3.4.2 Critérios de Exclusão

Pacientes que apresentaram, durante as mensurações da mecânica, alteração da pressão arterial média (PAM) maior que 20% em relação à avaliação basal, pressão arterial sistólica (PAS) < 90 mmHg visualizadas através da mensuração da pressão arterial de forma invasiva, e saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) < 90%.

### 3.5 COLETA DE DADOS

As fontes primárias de dados foram os registros das mensurações da mecânica respiratória (Pressão de Pico, Pressão de Platô, Complacência Estática, Resistência e Pressão Resistiva), com dois diferentes tempos de pausa inspiratória (0,5 e 2,0 segundos), bem como os parâmetros de oxigenação (SpO<sub>2</sub>), função cardiovascular (pressões arteriais sistólica, diastólica e média e frequência cardíaca), altura corporal e peso predito obtido por meio da fórmula:  $50 + 0,91(\text{altura em centímetros} - 152,4)$  para homens e  $45,5 + 0,91(\text{altura em centímetros} - 152,4)$  <sup>6</sup>.

Os dados secundários, como idade, sexo, motivo da internação, data da intubação e presença de comorbidades, foram extraídos dos prontuários de cada paciente.

O processo de mensuração da mecânica ventilatória dos pacientes foi realizado nos ventiladores mecânicos disponíveis nas unidades de terapia intensiva onde foi realizado o estudo: Leistung/Luft 3<sup>®</sup> e Dräger Savina 300<sup>®</sup>.

As coletas foram realizadas por fisioterapeutas pós-graduandos em Programa de Residência em Terapia Intensiva, previamente treinados para execução do método.

Antes da avaliação da mecânica respiratória, era realizada uma única manobra de recrutamento alveolar (MRA) para homogeneização pulmonar com tórax elevado a 30° e os membros inferiores na posição paralela ao solo. Os pacientes no modo ventilatório controlado a pressão, fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>) 100% e elevação da PEEP de 2 em 2 cmH<sub>2</sub>O até atingir o valor de 20 cmH<sub>2</sub>O. Esta era mantida por 2 minutos, seguida de redução de 2 em 2 cmH<sub>2</sub>O até o nível de PEEP inicial. Após 30 minutos, os pacientes foram colocados em modo ventilatório controlado a volume (VCV) para avaliação da mecânica respiratória, com

os seguintes parâmetros: volume corrente ( $VT$ ) = 6 ml/kg em relação ao peso predito, fluxo de 40 L/min, onda de fluxo quadrada, frequência respiratória de 15 incursões por minuto e tempo de pausa inspiratória de 0,5 e 2,0 segundos. Após dois minutos, era realizado o registro dos valores de pressões de pico ( $P_{pico}$ ), como o maior valor encontrado, e platô ( $P_{platô}$ ), valor de pressão que estivesse mais próximo do fim do tempo de pausa com fluxo igual a zero. Foram realizadas duas aferições da mecânica respiratória, com intervalo de dois minutos entre elas, sendo uma com tempo de pausa de 0,5 segundos e a segunda com 2,0 segundos. Os avaliadores foram orientados a alternar entre os tempos de pausa iniciais a cada paciente, dessa forma, se o primeiro teve suas mensurações iniciadas com um tempo de pausa de 0,5 segundos, a medida inicial da pessoa seguinte foi obrigatoriamente realizada com tempo de pausa de 2 segundos e assim por diante, sendo realizadas três medidas para cada tempo de pausa e considerados os menores valores de pressões de pico e platô. O cálculo da complacência estática foi realizado, dividindo-se o  $VT$  pela pressão elástica do sistema respiratório ou a *driving pressure* ( $DP$ :  $P_{platô}$  subtraída do valor da PEEP média). Para o cálculo da pressão resistiva ( $Pres$ ), a  $P_{pico}$  foi subtraída da  $P_{platô}$ . A resistência de vias aéreas ( $Raw$ ) foi calculada dividindo-se a  $Pres$  pelo fluxo e a constante de tempo ( $Ct$ ) foi obtida por meio do produto da  $Cest$  pela  $Raw$  <sup>89</sup>.

### 3.6 PLANO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA

As variáveis categóricas foram expressas em frequências absolutas e relativas. Para as variáveis numéricas, foram utilizadas medidas de tendência central (média e mediana) e sua variabilidade (desvio padrão e intervalo interquartil), conforme distribuição dos dados. Realizou-se a análise das diferenças entre os dois tempos de pausa por meio do teste t pareado. Para avaliação da relação linear entre os diferentes tempos de pausa, foi realizada a análise do coeficiente de correlação intraclasse (CCI). Para avaliação do nível de precisão entre os dois tempos de pausa inspiratória, realizou-se a análise de *Bland-Altman*, na qual se descreve o viés médio entre as duas aferições e os limites de concordância superior e inferior <sup>90</sup>.

O programa utilizado para a análise dos dados foi o SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*), versão 21.0, e o nível de significância adotado foi  $< 5\%$ .

#### 4 ASPECTOS ÉTICOS

O projeto deste trabalho foi apresentado ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos (HGRS), em concordância com a Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. O estudo só teve início após a aprovação da emenda pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, sob os pareceres: 3.496.478 e 1.866.872, de modo que cada coleta foi realizada após os devidos esclarecimentos e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelos familiares ou responsáveis. Os pesquisadores asseguraram a privacidade das informações colhidas e dos resultados obtidos, mantendo o anonimato dos participantes para preservação de sua imagem. O estudo respeita os princípios de autonomia, beneficência e não maleficência. É garantido também que, caso queiram, os participantes poderiam, a qualquer momento, desistir de participar e retirar sua autorização não trazendo sua recusa qualquer prejuízo em sua relação com a pesquisa ou com a instituição.

## 5 RESULTADOS

O processo de coleta de dados dos pacientes internados nas unidades de terapia intensiva ocorreu entre agosto de 2019 e setembro de 2020. Neste período, foram internados 537 pacientes, dentre os quais, em amostra consecutiva, 101 apresentaram todos os critérios de elegibilidade para a realização da coleta dos dados no momento das avaliações, estando em VM nos modos ventilados a pressão ou a volume, plenamente sedados, com baixa dose ou ausência de drogas vasoativas e sem comprometimentos diagnosticados de gradil costal e coluna vertebral. Não houve exclusões de pacientes no decorrer da pesquisa.

Por meio da distribuição das variáveis demográficas e dos perfis de internamentos dos pacientes (Tabela 1) é possível se observar que a idade média dos pacientes foi de  $59,2 \pm 16,3$  anos e que a maioria dos pacientes era do sexo masculino (62,3%); ademais, observa-se que estavam em sua maioria internados por processos patológicos de origem neurológica (33,3%) e cirúrgica (20,6%).

**Tabela 1** - Distribuição das características demográficas e clínicas dos pacientes incluídos no estudo ,no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2020.

VARIÁVEIS	n = 101
<b>Características demográficas</b>	
Idade em anos, média $\pm$ DP	59,2 $\pm$ 16,3
Sexo masculino n (%)	65 (65)
<b>Motivo de internamento</b>	
Cardiovascular n (%)	6 (5,9)
Cirúrgico n (%)	21 (20,6)
Neurológico n (%)	34 (33,3)
Respiratório n (%)	13 (12,7)
Infecioso n (%)	6 (5,9)
Gastrointestinal n (%)	13 (12,7)
Metabólico n (%)	7 (6,9)
Procedimentos n (%)	1 (1)

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: DP: Desvio padrão

Realizaram-se mensurações da mecânica respiratória com dois tempos de pausa distintos, 0,5 segundo e 2 segundos. Através dessas aferições, foram gerados os dados de mecânica: pressões de pico e platô, complacência estática, pressão resistiva, resistência de via aérea, *driving pressure* e constantes de tempo nos dois intervalos, não sendo observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) entre suas variações, considerando os dois tempos de pausa, conforme consta na Tabela 2.

**Tabela 2** - Distribuição dos valores de mecânica respiratória dos pacientes incluídos no estudo no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2020.

VARIÁVEIS	Pausa de 0,5s	Pausa de 2,0s	p
<b>Ppico (cmH<sub>2</sub>O)</b>	24,6 ± 5,6	24,5 ± 5,8	0,23
<b>Pplat (cmH<sub>2</sub>O)</b>	16,4 ± 4,6	16,2 ± 4,7	0,28
<b>Cest (ml/cmH<sub>2</sub>O)</b>	38,6 ± 14,3	39,7 ± 14,6	0,07
<b>Pres (cmH<sub>2</sub>O)</b>	7,8 ± 3,0	7,9 ± 3,1	0,56
<b>Raw (cmH<sub>2</sub>O/L/s)</b>	13,1 ± 5,1	13,2 ± 5,2	0,56
<b>Ct (s)</b>	0,5 ± 0,3	0,5 ± 0,3	0,40
<b>DP (cmH<sub>2</sub>O)</b>	10,3 ± 3,2	10,1 ± 3,2	0,08

Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: Ppico: Pressão de pico. Pplat: Pressão de platô. Cest: Complacência estática. R: Resistência de via aérea. Ct: Constante de tempo. DP: *Driving Pressure*.

Não houve alterações nas comparações, quando analisados os subgrupos. Identificaram-se variações entre as mensurações de pressões diastólica, média e frequência cardíaca, conforme exposto na Tabela 3.

**Tabela 3** - Comparação dos parâmetros cardiovasculares e de oxigenação imediatamente após a medida da mecânica respiratória dos pacientes incluídos no estudo no período de agosto de 2019 a setembro de 2020, em hospital da rede pública de Salvador - BA, Brasil 2020.

VARIÁVEIS	Pausa de 0,5s	Pausa de 2,0s	p
PAS (mmHg)	119,7 ± 20,5	120,7 ± 20,7	0,06
PAD (mmHg)	69,7 ± 14,5	70,6 ± 14,3	0,01
PAM (mmHg)	86,0 ± 14,5	86,8 ± 14,1	0,02
FC (bpm)	88,6 ± 18,3	89,1 ± 18,2	0,03
SpO <sub>2</sub> (%)	96,8 ± 1,6	96,9 ± 1,7	0,07

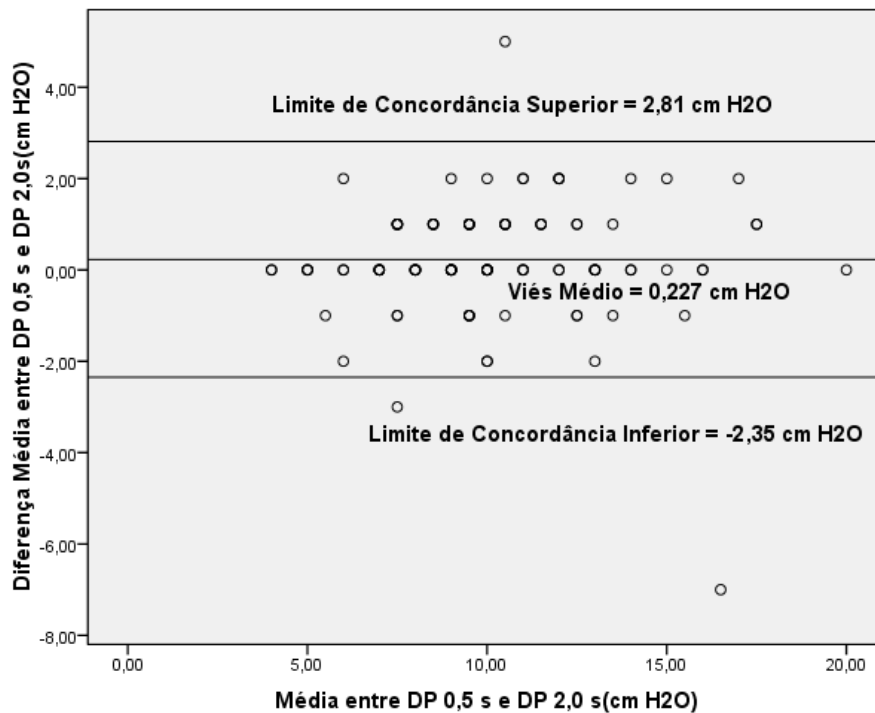
Fonte: Dados da pesquisa.

Legenda: PAS: Pressão arterial sistólica. Pressão arterial diastólica. Pressão arterial média. Frequência cardíaca.

SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica de oxigênio.

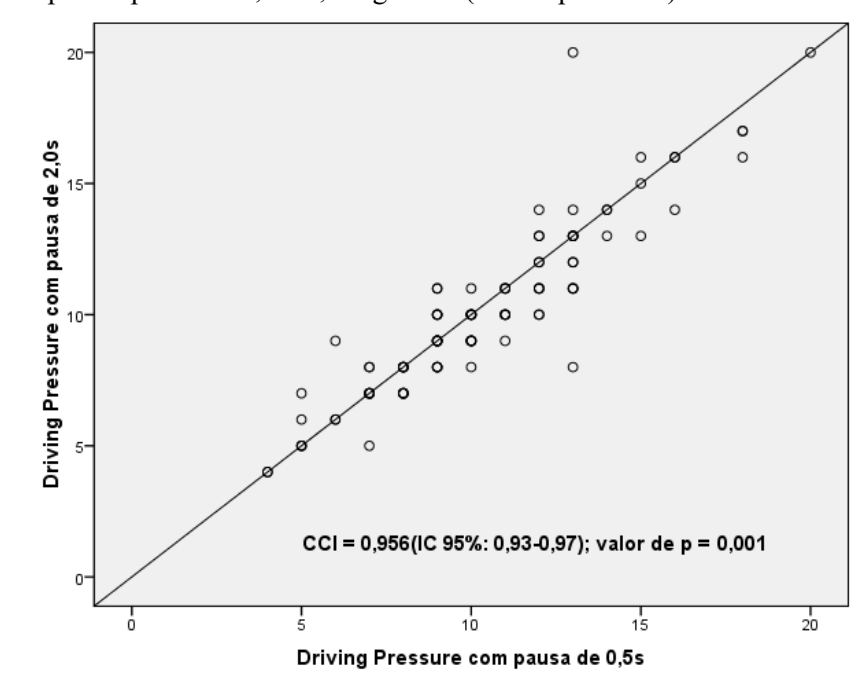
Por meio do teste de *Bland-Altman*, identificou-s que as medidas são equivalentes (concordantes),  $p = 0,087$ . A Figura 4 expressa a representação gráfica do teste através do gráfico de dispersão, enquanto que a Figura 5 expõe a análise de correlação intraclassa (CCI), através do qual foi observada excelente correlação entre as mensurações.

**Figura 4** - Análise de *Bland-Altman* para avaliação da precisão entre as medidas de *driving pressure* aferidas nos tempos de pausa de 0,5 e 2,0 segundos (n = 101 pacientes).



Fonte: Dados da pesquisa.

**Figura 5** - Análise de Correlação Intraclass (CCI) entre as medidas de *driving pressure* aferidas nos tempos de pausa de 0,5 e 2,0 segundos (n=101 pacientes).



Fonte: Dados da pesquisa.



## 6 DISCUSSÃO

De acordo com os resultados encontrados, não se evidenciaram diferenças entre os dados de pressões de pico e platô, complacência estática, pressão resistiva, resistência de via aérea, constantes de tempo e *driving pressure*, havendo concordância e boa correlação entre essas medidas e isso sugere alto grau de reprodutibilidade entre elas.

Os pacientes internados em unidades de terapia intensiva eram, em sua maioria, do sexo masculino, com predominância de idade entre fase adulta mais avançada e idosa, o que está de acordo com vários estudos encontrados na literatura<sup>91-94</sup>. Quanto aos motivos de internamento houve mais casos com perfil neurológico (33,3%) e cirúrgico (20,6%), o que difere em parte dos achados comumente descritos na literatura, como em artigos onde os motivos de internamento geralmente mantêm maior tendência a ocorrer pelas seguintes causas: 1º) cardiovasculares; 2º) cirúrgicas e; 3º) respiratórias<sup>92,93</sup>, no entanto, faz-se fundamental destacar o fato de o hospital ser referência em neurocirurgias, o que poderia justificar o maior número de pacientes com esse perfil.

A respeito das mensurações de mecânica respiratória, os resultados obtidos por este estudo, a partir das medidas realizadas com tempos de pausa inspiratória de 0,5 e 2,0 segundos, não apresentam variações entre os dados de pressões de pico e platô, complacência estática, pressão resistiva, resistência de via aérea, constantes de tempo e *driving pressure*, não sendo, portanto, identificadas diferenças entre os tempos de pausa inspiratória ( $p < 0,05$ ). Isso pode contribuir com a potencial comparabilidade entre os achados dos estudos que tenham realizado mensurações com ambos os parâmetros.

Em conformidade com a ideia que justifica este estudo, de que não há uma real padronização dos tempos de pausa inspiratória, deve-se considerar que publicações relevantes no meio acadêmico divergem visivelmente em suas considerações acerca do tempo de pausa adequado para a mensuração da mecânica, como se pode observar no artigo de Hess e colaboradores, publicado em novembro de 2014, afirmando que a Pplat é medida aplicando-se uma pausa de 0,5 a 2 segundos para que haja equilíbrio em todo o sistema, permitindo assim que a pressão medida na via aérea proximal se aproxime do Palv, sendo que tais parâmetros diferem de outra publicação bastante referenciada no Brasil, as *Recomendações Brasileiras de Ventilação Mecânica de 2013*, publicadas também em 2014, a qual sugere que nas mensurações da mecânica respiratória sejam utilizados tempos de pausa inspiratória entre 2 e 3 segundos<sup>5,50</sup>.

Não são encontrados muitos estudos na literatura que tenham realizado ou que, ao menos, descrevam em sua metodologia mensurações com diferentes tempos de pausa inspiratória. Em artigo no qual foi realizada a comparação de aspectos da mecânica respiratória e, dentre eles, a pressão de platô (Pplat) registrada com diferentes tempos de pausa inspiratória, foram incluídos 11 pacientes diagnosticados com SDRA e 10 com DPOC, com os tempos de pausa de 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 e 5,0 segundos; os autores concluíram que a mensuração precoce da Pplat pode ser superestimada em 11% na SDRA e 17% em pacientes com DPOC em ZEEP (Pressão Expiratória Final Zero), quando mensurada precocemente após a oclusão ou pausa inspiratória. Mas chama atenção a proximidade dos valores de Pplat encontrados por eles, tanto nos pacientes com SDRA,  $20 \pm 5$ ,  $20 \pm 5$ ,  $19 \pm 5$ ,  $19 \pm 5$  e  $18 \pm 5$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0,001$ ), quanto naqueles com DPOC,  $18 \pm 4$ ,  $17 \pm 4$ ,  $17 \pm 4$ ,  $16 \pm 4$  e  $16 \pm 4$  cmH<sub>2</sub>O ( $p < 0,001$ ), sendo observadas diferenças mais significativas através das mensurações com maiores tempos de pausa inspiratória <sup>94</sup>.

Dentre os estudos que expõem os tempos de pausa inspiratória utilizados em suas metodologias está o ensaio duplo-cruzado comparando os efeitos das manobras de hiperinsuflação, realizadas por meio de ressuscitador manual e ventilador mecânico na mobilização de secreção e na complacência estática, concluindo que ambos os métodos melhoram a complacência estática e eliminam volumes semelhantes de secreções pulmonares. Nos pacientes mecanicamente ventilados, foi utilizado tempo de pausa inspiratória de 2 segundos e os valores de complacência encontrados foram de 44,9 ml/cmH<sub>2</sub>O antes e de 49,3 ml/cmH<sub>2</sub>O após a intervenção, superiores à média encontrada neste estudo para um mesmo tempo de pausa  $39,7 \pm 14,6$  ml/cmH<sub>2</sub>O, porém dentro do desvio padrão <sup>95</sup>.

É importante destacar que muitos dos estudos que utilizam tempos de pausa inspiratória menores (inferiores a 1 s) são geralmente conduzidos com pacientes que desenvolveram SDRA, provavelmente considerando a necessidade de mensurar e também ventilar essa população, ponderando o potencial aumento de elastância, com redução de complacência, o que por si já tende a resultar em quadros hipercápnicos, resultando em piora quando não há tempo suficiente para exalação no ciclo respiratório <sup>8,9,96</sup>.

Até mesmo estudo que associa o prolongamento dos tempos de pausa em pacientes com SDRA a melhorias mecânicas, também se enquadra no acima descrito, pois em sua metodologia o prolongamento de tempo inspiratório foi de 0,12 a 0,7 s. Dentre as melhorias descritas estão a redução do Vt sem alterações na PaCO<sub>2</sub>, reduzindo a Pplat e a *driving pressure* e aumentando a complacência do sistema, mas ainda assim, não houve diferenças significativas entre os valores de Ppico ( $38 \pm 6$  -  $38 \pm 6$  cmH<sub>2</sub>O), Pplat ( $24 \pm 3$  -  $24 \pm 3$  cmH<sub>2</sub>O),

Cest ( $29 \pm 9$  –  $29 \pm 9$  ml/cmH<sub>2</sub>O) ou Raw ( $14 \pm 5$  –  $13 \pm 5$  cmH<sub>2</sub>O/L/s)<sup>97</sup>. Outro achado descrito no referido estudo e corroborado por Aström e colaboradores em pesquisa desenvolvida com porcos é de que tempos de pausa inspiratória mais longos reduzem o espaço morto, o que traduz uma consequência natural às melhorias na biomecânica respiratória<sup>98</sup>.

Diante dos achados neste estudo, entende-se que, ao se identificar resultados tão semelhantes entre os valores de mecânica respiratória, há a possibilidade de se realizar essa mensuração com ambos os parâmetros, 0,5 ou 2,0 segundos, sem grandes impactos quanto à confiabilidade desses dados.

Os resultados obtidos por meio do teste de *Bland-Altman* ratificam a baixa variabilidade encontrada entre as medidas com os dois tempos de pausa inspiratória, expondo concordância entre elas,  $p = 0,087$ , enquanto que o CCI expõe uma excelente correlação entre essas mensurações (CCI = 0,956 e  $p = 0,001$ ), sugerindo alto grau de reprodutibilidade entre elas<sup>99</sup>.

## 7 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A aleatorização referente à ordem de coleta de dados não foi realizada por sorteio. Os avaliadores foram orientados a não realizar duas mensurações seguidas com mesmo tempo de pausa inspiratória, dessa forma, se a primeira mensuração foi realizada com tempo de pausa de 0,5 segundo, a seguinte foi obrigatoriamente realizada com tempo de pausa de 2 segundos, não havendo influência de sexo, idade ou quaisquer outros fatores além da ordem alternada definida previamente.

As mensurações das variáveis hemodinâmicas poderiam ter sido realizadas antes e após cada medida de mecânica respiratória, não apenas após cada mensuração. No entanto, os achados sugerem não haver diferenças significativas.

Outra limitação foi a ausência de dados referentes a escores de gravidade, no entanto, cabe ressaltar que tais dados não afetariam a interpretação dos dados.

## 8 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, não se evidenciaram diferenças entre os resultados das mensurações da mecânica respiratória quando comparados dois diferentes tempos de pausa inspiratória (0,5 e 2,0 segundos), nem em suas constantes de tempo resultantes, enquanto que as diferenças identificadas nas variáveis hemodinâmicas (PAD, PAM e FC), ainda que visíveis numericamente, não refletiram significância clínica.

Além disso, considerando a escassez de outros estudos na literatura que promovam comparações entre os parâmetros utilizados nessas mensurações, este estudo também se propõe subsidiar novas discussões acerca da padronização dessa variável e estimular o estudo e padronização de outras, também utilizadas de formas distintas, promovendo, assim, o aprimoramento da reprodutibilidade em aplicações clínicas, bem como em novos estudos.

## REFERÊNCIAS

1. Nacul FE, Japiassú AM, Jalluh JIF, Shinotsuka CR, Rocco JR. Manual de medicina intensiva. Rio de Janeiro: Elsevier; 2009.
2. Iotti GA, Braschi A. Monitorização da mecânica respiratória. Rio de Janeiro: Atheneu; 2006.
3. Ruppel GL. Ventilação. In: Scalan CL, Wilkins RL, Stoller JK. Fundamentos da terapia intensiva de Egan. São Paulo: Manole; 2000. p. 205-25.
4. Garcia-Prieto E, Rodriguez LA, Albaiceta GM. monitorization of respiratory mechanics in the ventilated patient. Med. Intensiva. 2014;38(1):49.
5. Hess DR. Respiratory mechanics in mechanically ventilated patients. Respir Care. 2014;59(11):1773-94.
6. Brower RG, Matthay MA, Morris A. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2000;342(18):1301-8.
7. Lopez MF, Martinez BP; Simoes LP. Mecânica respiratória: fisiologia e monitorização estática. In: Martins JA; Andrade FMD; Dias CM. (Org.). PROFISIO Programa de Atualização em Fisioterapia em terapia Intensiva Adulto: Ciclo 4. 4. ed. Porto Alegre: Artmed Panamericana; 2015.
8. Amato, Marcelo B. P. et al. Ventilação mecânica na lesão pulmonar aguda / síndrome do desconforto respiratório agudo. Rev. bras. ter. intensiva[online]. 2007; 19(3):374-383.
9. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, Carlet J, Falke K, Hudson L, et al. The American-European Consensus Conference on ARDS: definitions mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. Am J Respir Crit Care Med. 1994;149(3 Pt 1):818-24.
10. MacIntyre NR. Evidence-based guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support. Chest. 2001;120:375S-396S. DOI: 10.1378/chest.120.6\_suppl.375s.
11. Portney LG, Watkins MP. Reliability. In: Portney LG, Watkins MP, editores. Foundations of clinical research. 2<sup>nd</sup>. ed. New Jersey: Prentice Hall Health; 2000. p. 61-75.
12. Bates JH, Rossi A, Milic-Emili J. Analysis of the behavior of the respiratory system with constant inspiratory flow. J Appl Physiol. 1985;58(6):1840-8.
13. WILKINS, R. L.; STOLLER; J. K., KACMAREK; R. M. Egan. Fundamentos da Terapia Respiratória. 9<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
14. West JB. Fisiologia respiratória: princípios básicos. 9 ed. São Paulo: Artmed; 2013.
15. Guyton AC, Hall JE. Tratado de fisiologia médica. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2017.

16. Logemann JA. Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2th ed. Austin, TX: Pro-ed; 1998.
17. Carmo LFS, Santos FAA, Mendonça SCB, Araújo BCL. Gerenciamento do risco de broncoaspiração em pacientes com disfagia orofaríngea. Rev. CEFAC [Internet]. 2018;20(4):532-40.
18. Thibodeau GA; Patton KT. Estrutura e funções do corpo humano. Barueri,SP: Manole; 2002. p. 332. ISBN 978-85-204-1259-6.
19. Murias G, Blanch L, Lucangelo U. The physiology of ventilation. Respir Care. 2014;59(11):1795-07.
20. Santos VS. "Hematose"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/hematose.htm>. Acesso em: 17 de junho de 2020.
21. Tipton MJ, Harper A, Paton JFR, Costello JT. The human ventilatory response to stress: rate or depth? J Physiol. 2017;595(17):5729-52.
22. Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet JF, Eisner MD, Matthay MA. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. N Engl J Med. 2002;346(17):1281-6.
23. Kallet RH, Alonso JA, Pittet JF, Matthay MA. Prognostic value of the pulmonary dead-space fraction during the first 6 days of acute respiratory distress syndrome. Respir Care. 2004;49(9):1008-14
24. Lamba TS, Sharara RS, Singh AC, Balaan M. Pathophysiology and classification of respiratory failure. Crit Care Nurs Q. 2016;39(2):85-93.
25. Wallbridge P, Steinfort D, Tay TR, Irving L, Hew M. Diagnostic chest ultrasound for acute respiratory failure. Respir Med. 2018 Aug;141:26-36. doi: 10.1016/j.rmed.2018.06.018. Epub 2018 Jun 19. PMID: 30053969.
26. Stefan MS, et al., Epidemiology and outcomes of acute respiratory failure in the United States, 2001 to 2009: a national survey. J Hosp Med, 2013. 8(2): 76-82.
27. Roussos C, Koutsoukou A. Respiratory failure. Eur Respir J 2003; 22: Suppl. 47, 3s–14s. DOI: 10.1183/09031936.03.00038503
28. Matsuno AK. Insuficiência respiratória aguda na criança. Medicina (Ribeirão Preto) 2012;45(2):168-84.
29. Fonseca JG, Oliveira AMLS; Ferreira AR. Avaliação e manejo inicial da insuficiência respiratória aguda na criança. Rev Med Minas Gerais. 2013; 23(2):196-203.
30. Weiner D, Fleisher GR, Wiley JF. Causes of acute respiratory distress in children. 2020. Disponível em <https://www.uptodate.com/contents/causes-ofacute-respiratory-distress-in-children>. Acessem em: 29 maio 2020.

31. Hayashi FK, Ayres PPMR, Morais AM, Sousa MLA, Barbas CSV, Costa ELV, Caruso P, Ferreira JC. Impacto de um estágio em UTI respiratória no conhecimento e confiança no manejo da ventilação mecânica entre residentes . J Bras Pneumol. 2020;46(5):e20190108
32. Kelly FE, Fong K, Hirsch N, Nolan JP. Intensive care medicine is 60 years old: the history and future of the intensive care unit. Clin Med (Lond). 2014;14(4):376-9. <https://doi.org/10.7861/clinmedicine.14-4-376>
33. Lassen HC. A preliminary report on the 1952 epidemic of poliomyelitis in Copenhagen with special reference to the treatment of acute respiratory insufficiency. Lancet. 1953;1(6749):37-41. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(53\)92530-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(53)92530-6)
34. Esteban A, Frutos-Vivar F, Muriel A, Ferguson ND, Peñuelas O, Abaira V, et al. Evolution of mortality over time in patients receiving mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med. 2013;188(2):220-30. <https://doi.org/10.1164/rccm.201212-2169OC>
35. Pham T, Brochard LJ, Slutsky AS. Mechanical Ventilation: State of the rt. Mayo Clin Proc. 2017;92(9):1382-1400. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.05.004>
36. Engström C-G. Treatment of severe cases of respiratory paralysis by the Engström universal respirator. Br Med J. 1954;2(4889):666-9.
37. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. Lancet. 1967;2(7511):319-23
38. Ingelstedt S, Jonson B, Nordström L, Olsson SG. A servocontrolled ventilator measuring expired minute volume airway flow and pressure. Acta Anaesthesiol Scand Suppl. 1972; 47:7-27.
39. Lucangelo U, Bernabè F, Blanch L. Respiratory Mechanics Derived From Signals in the Ventilator Circuit. Respir Care. 2005;50 (1): 55-65.
40. Pinheiro BV, Holanda MA. Novas Modalidades de Ventilação Mecânica. In Carvalho CRR. Ventilação mecânica volume II - Avançado. CBMI 2000;9:311-51.
41. Li X, Ma X. Acute respiratory failure in COVID-19: is it "typical" ARDS? Crit Care. 2020;24(1):198. Published 2020 May 6. doi:10.1186/s13054-020-02911-9
42. Hess DR. Recruitment Maneuvers and PEEP Titration. Respir Care. 2015 Nov;60(11):1688-704. DOI:10.4187/respcare.04409.
43. Zareifopoulos N, Lagadinou M, Karela A, Karantzogiannis G, Velissaris D. Intubation and mechanical ventilation of patients with COVID-19: what should we tell them? Monaldi Arch Chest Dis. 2020;90(1):10.4081/monaldi.2020.1296.
44. Vasconcelos RS, Sales RP, Melo LHP et al. Influences of duration of inspiratory effort, respiratory mechanics and ventilator type on asynchrony with pressure support and proportional assist ventilation. Respir Care. 2017;62:550-7.
45. Sanborn WG. Monitoring respiratory mechanics during mechanical ventilation: where do



the signals come from? *Respir Care*. 2005;50(1):28-52.

46. Ruiz Ferrón F, Serrano Simón JM. La monitorización convencional no es suficiente para valorar el esfuerzo respiratorio durante la ventilación asistida. *Med Intensiva*. 2019;43(4):197-206. doi: 10.1016/j.medin.2018.02.015.

47. Rosa FK, Roese CA, Savi A, Dias AS, Monteiro MB. Comportamento da Mecânica Pulmonar após a Aplicação de Protocolo de Fisioterapia Respiratória e Aspiração Traqueal em Pacientes com Ventilação Mecânica Invasiva. *Rev. Bras. Ter. Intensiva* [online]. 2007;19(2):170-5.

48. Hess DR, Medoff BD, Fessler MB. Pulmonary mechanics and graphics during positive pressure ventilation. *Int Anesthesiol Clin*. 1999;37(3):15-34.

49. Lucangelo U, Bernabè F, Blanch L. Lung mechanics at the bedside: make it simple. *Curr Opin Crit Care*. 2007;13(1):64-72.

50. Mechanical Ventilation Committee of the Brazilian Intensive Care Medicine Association; Commission of Intensive Therapy of the Brazilian Thoracic Society. Brazilian recommendations of mechanical ventilation 2013. Part I. *J Bras Pneumol*. 2014;40(4):327-63. DOI:10.1590/s1806-37132014000400002

51. Jonkman AH, de Vries HJ, Heunks LMA. Physiology of the Respiratory Drive in ICU Patients: Implications for Diagnosis and Treatment. *Crit Care*. 2020 Mar 24;24(1):104.

52. Talias I, Brochard L, Goligher EC. Is my patient's respiratory drive (too) high? *Intensive Care Med*. 2018;44:1936-9.

53. De Vries H, Jonkman A, Shi ZH, Spoelstra-De Man A, Heunks L. Assessing breathing effort in mechanical ventilation: physiology and clinical implications. *Ann Transl Med*. 2018;6:387.

54. Brower RG, Matthay MA, Morris A, et al; Acute Respiratory Distress Syndrome Network: Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342:1301-8.

55. Rolim JFC, De Moraes NHL, Junior JRJ. Variáveis hemodinâmicas, hemogasométricas e respiratórias em pacientes cardiopatas submetidos ao teste de respiração espontânea. *Fisioter. Mov*. 2011 24 (4): 673-82. <https://doi.org/10.1590/S0103-51502011000400011>

56. Moreault O, Lacasse Y, Bussièrès JS; Calculating Ideal Body Weight: Keep It Simple. *Anesthesiology*. 2017; 127:203-4. doi: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001687>

57. Ruiz RM, Bigatello L, Hess D. Mechanical Ventilation. In: *Critical Care Handbook of the Massachusetts General Hospital*, editor Lippincott Williams & Wilkins. 2000:80-98.

58. Chiumello D; Pelosi P; Calvi E; Bigatello LM; Gattinoni L. Different modes of assisted ventilation in patients with acute respiratory failure. *Eur Respir J*. 2002; 20(4): 925-33.

59. Calfee CS, Matthay MA. Recent advances in mechanical ventilation. *Am J Med.* 2005;118(6):584-91.
60. Santanilla JI, Daniel B, Yeow ME. Mechanical ventilation. *Emerg Med Clin North Am.* 2008 26(3):849-62.
61. Branson RD, Blakeman TC, Robinson BRH. Asynchrony and dyspnea. *Respir Care.* 2013;58(6):973-86.
62. Sasson CSH. Triggering of the ventilator in patient-ventilator interactions. *Respir Care* 2011;56(1):39-48.
63. Leung P, Jubran A, Tobin MJ. Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea. *Am J Respir Crit Care Me* 1997;155(6):1940-8.
64. Holanda MA. Monitorização da Mecânica Respiratória durante a Ventilação Mecânica. Disponível em: [xlung.net/manual-de-vm/monitorizacao-da-mecanica-respiratoria](http://xlung.net/manual-de-vm/monitorizacao-da-mecanica-respiratoria). Acesso em: 17 de junho de 2020.
65. Smith JR, Cross TJ, Van Iterson EH, Johnson BD, Olson TP. Resistive and elastic work of breathing in older and younger adults during exercise. *J Appl Physiol.*2018;125(1):190-7.
66. Walter JM, Corbridge TC, Singer BD. Invasive Mechanical Ventilation. *South Med J.* 2018;111(12):746-53.
67. Alviar CL, Miller PE, McAreavey D, et al. Positive Pressure Ventilation in the Cardiac Intensive Care Unit. *J Am Coll Cardiol.* 2018;72(13):1532-53.
68. Gage A, Higgins A, Lee R, Panhwar MS, Kalra A. Reacquainting Cardiology With Mechanical Ventilation in Response to the COVID-19 Pandemic [published online ahead of print, 2020 Mar 27]. *JACC Case Rep.* 2020;10.1016/j.jaccas.2020.03.007.
69. Groß M, Pohl M, Summ O, et al. Beatmung in neurologischen Organisationseinheiten in Deutschland [Mechanical ventilation in neurological organizational units in Germany]. *Nervenarzt.* 2019;90(10):1037-44.
70. Hedenstierna G. Oxygen and anesthesia: what lung do we deliver to the post-operative ward? *Acta Anaesthesiol Scand.* 2012;56(6):675-85.
71. Cury JL, Brunetto AF, Aydos RD. Efeitos negativos da insuficiência renal crônica sobre a função pulmonar e a capacidade funcional. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14(2):91-8. DOI: 10.1590/S1413-35552010005000008.
72. Schmidt MFS, Amaral ACKB, Fan E, Rubenfeld GD. Driving pressure and hospital mortality in patients without ARDS: A cohort study. *Chest.* 2018;153(1):46-54.
73. Azeredo LM et al. The Integrative weaning index in elderly ICU subjects. *Resp Care.* 2017;62(3):333-9. DOI:10.4187/respcare.04524.
74. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute

respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372: 747-55.

75. Henderson WR, Chen L, Amato MBP, Brochard LJ. Fifty years of research in ARDS. Respiratory mechanics in acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196(7):822-33. doi: 10.1164/rccm.201612-2495CI.

76. Fausino EA. Mecânica pulmonar de pacientes em suporte ventilatório na unidade de terapia intensiva: conceitos e monitorização. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva.* 2007;19(2):161-9.

77. Rackley CR. Monitoring during mechanical ventilation. *Respiratory Care.* 2020;65(6):832-846. DOI:10.4187/respcare.07812

78. Trindade LM, Lopes LC, Cipriano GF, Vendrame LS, Andrade Junior A. Alveolar recruitment in pulmonary contusion: case report and literature review. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2009;21(1):104-8.

79. Neves VC, Koliski A, Giraldo DJ. Alveolar recruitment maneuver in mechanic ventilation pediatric intensive care unit children. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2009;21(4):453-60.

80. Matos GFJ, Stanzani F, Passos RH et al. How large is the lung recruitability in early acute respiratory distress syndrome: a prospective case series of patients monitored by computed tomography. *Critical Care.* 2012;16(1).

81. Barbas CS, Matos GF, Amato MB, Carvalho CRR. Goal-oriented respiratory management for critically ill patients with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Res Pract.* 2012; 2012(7511):952168.

82. Carmona F. Ventilação mecânica em crianças. *Medicina (Ribeirão Preto).* 2012;45(2):185-96.

83. Tilelli JA. Ventilator considerations. In: Baren JM, Rothrock SG, Brennan J, Brown L, editors. *Pediatric emergency medicine.* Philadelphia: Elsevier; 2008. p. 1177-83.

84. Guttman J, Eberhard L, Fabry B, Bertschmann W, Zeravik J, Adolph M, Eckart J, Wolff G. Time constant/volume relationship of passive expiration in mechanically ventilated ARDS patients. *Eur. Resp. J.* 1995;8:114–120. doi: 10.1183/09031936.95.08010114.

85. Eissa NT, Ranieri VM, Corbeil C, et al. Analysis of the behavior of the respiratory system in ARDS patients: effects of flow, volume and time. *J Appl Physiol.* 1991;70: 2719-2729.

86. Hoppin FG, Hildebrandt J. Mechanical properties of the lung. In: West JB, ed. *Bioengineering aspects of the lung. Lung Biology in Health and Disease.* New York, Dekker. 1977; 83-162. v. 3,

87. Vassiliou MP, Petri L, Amygdalou A et al. Linear and non-linear analysis of pressure and flow during mechanical ventilation. *Intensive Care Med.* 2000; 26:1057-64.

88. Lucangelo U, Bernabe F, Blanch L. Respiratory mechanics derived from signals in the ventilator circuit. *Respir Care.* 2005;50 (1): 55-65.

89. Porto EF CA, Leite JRO, Miranda SV LA, Kumpel C. Análise comparativa da complacência do sistema respiratório em três diferentes posições no leito (lateral, sentada e dorsal) em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva prolongada. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2008;(20):213-9.
90. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986; 1: 307-10.
91. Silva HFP, Cavalleiro GST, Fernandes LMB, Pereira LP, Almeida MS2, Pereira PB et al. Estudo epidemiológico na unidade de terapia intensiva do Hospital Escola Luiz Gioseffi Jannuzzi – Valença - RJ. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*. 2018; 24(2):26-32.
92. Nascimento MSM, Nunes EM, De Medeiros RC, De Souza WIM, Filho LFS, Alves ESRC. Perfil epidemiológico de pacientes em unidade de terapia intensiva adulto de um hospital regional paraibano. *Temas em Saúde*. 2018;18(1). ISSN 2447-2131
93. De Castro RR, Barbosa NB, Alves T, Najberg E. Perfil das internações em unidades de terapia intensiva adulto na cidade de Anápolis - Goiás - 2012. *Revista de Gestão em Sistemas de Saúde – RGSS*. 2016;5(2).
94. Barberis L, Manno E, Guerin C. Effect of end-inspiratory pause duration on plateau pressure in mechanically ventilated patients. *Intensive Care Med*. 2003; 29:130-4.
95. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int*. 2002;7(2):100-8.
96. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GP, Lorenzi-Filho G, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 1998;338:347-54. <https://doi.org/10.1056/NEJM199802053380602>.
97. Aguirre-Bermeo H, Morán I, Bottiroli M et al. End-inspiratory pause prolongation in acute respiratory distress syndrome patients: effects on gas exchange and mechanics. *Ann Intensive Care*. 2016;6(1):81. doi:10.1186/s13613-016-0183-z
98. Aström E, Uttman L, Niklason L et al. Pattern of inspiratory gas delivery affects CO<sub>2</sub> elimination in health and after acute lung injury. *Intensive Care Med*. 2008;34:377-84.
99. Menezes Junior JN et al. Reprodutibilidade das mensurações da mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica invasiva. *Rev. bras. ter. intensiva* [online]. 2020;32(3):398-404. <https://doi.org/10.5935/0103-507x.20200068>.

# APÊNDICES

**APÊNDICE A** – Termo de consentimento livre e esclarecido.

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

#### **“COMPARAÇÃO DA MECÂNICA RESPIRATÓRIA EM PACIENTES SOB VENTILAÇÃO MECÂNICA EM DIFERENTES TEMPOS DE PAUSA INSPIRATÓRIA”**

O (a) senhor (a) está sendo convidado (a) autorizar a participação do seu familiar nesta pesquisa que tem como finalidade comparar os valores da mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica. O presente estudo será realizado pelos fisioterapeutas plantonistas e pelos residentes do programa de Fisioterapia em Terapia Intensiva Emergência do Hospital Geral Roberto Santos em Salvador - Bahia tendo como pesquisador principal do estudo o pesquisador doutor Bruno Prata Martinez.

Os pesquisadores garantem que os instrumentos de avaliação utilizados apresentam riscos mínimos e que seu familiar será acompanhado pelo fisioterapeuta durante toda a avaliação, devido ao risco de instabilidade hemodinâmica durante o período de recrutamento alveolar, bem como o risco de lesão pulmonar pela pressão positiva. Entretanto, a equipe de pesquisa irá monitorizar as variáveis cardiovasculares e respiratórias visando a segurança do paciente durante a realização da medida. Não será realizado qualquer procedimento cirúrgico e durante os testes. Em caso de ocorrência de alguma alteração, o paciente terá todo o suporte da equipe médica da unidade. Os procedimentos realizados são realizados de forma rotineira na prática diária da unidade, desde que o paciente apresente estabilidade cardiovascular e respiratória.

O (a) senhor (a) tem o direito de perguntar e tirar todas as dúvidas sobre a pesquisa envolvendo seu familiar, bem como sobre os riscos, os benefícios e o que achar necessário. Sempre que quiser, poderá solicitar informações para os pesquisadores e se necessário, procurar o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos (HGRS) ou dos demais centros envolvidos.

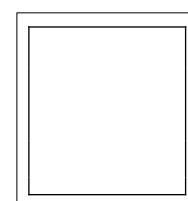
Os procedimentos nesta pesquisa obedecem aos critérios da ética em pesquisa com seres humanos conforme a resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Não existirá nenhum tipo de despesa para participação do seu familiar nessa pesquisa, bem como nada será pago para participação. Todas as informações e materiais coletados neste estudo são

confidenciais, assim como a identidade dos participantes e somente os pesquisadores terão conhecimento dos dados.

É garantida ao (à) senhor (a) em qualquer momento a retirada do termo de consentimento e permissão para saída do seu familiar do estudo. Será fornecido uma cópia de igual teor a este termo de consentimento livre e esclarecido

Eu, \_\_\_\_\_,  
RG N° \_\_\_\_\_, declaro ter sido informado (a) e manifesto meu consentimento para participação do meu familiar, de forma voluntária nesta pesquisa.

Salvador, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.



Impressão  
datisloscópica do  
polegar direito.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do participante

\_\_\_\_\_  
Assinatura do fisioterapeuta

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador  
(Bruno Prata Martinez)

#### INFORMAÇÕES

Bruno Prata Martinez – [brunopmartinez@hotmail.com](mailto:brunopmartinez@hotmail.com) / tel=71 99918-3776

Em caso de dúvida ou denúncia contactar o Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos do Hospital Geral Roberto Santos (HGRS) – 1ª Travessa do Saboeiro, s/n - Cabula, Salvador - BA, 41180-780 – Salvador-BA.

**TEL: (71) 3117-7519**

**APÊNDICE B – Instrumento de coleta.**

**INSTRUMENTO DE COLETA**

**Ficha de avaliação**

Nome: \_\_\_\_\_

Número de registro no hospital: \_\_\_\_\_

Hospital: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Sexo:  Masculino  Feminino

Motivo da internação hospitalar: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Dia da intubação orotraqueal: \_\_\_\_\_

Comorbidades: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_ Peso ideal: \_\_\_\_\_ Circunferência abdominal: \_\_\_\_\_

Data da avaliação: \_\_\_\_\_

	0,5 Segundo	2,0 Segundo
Pressão de Pico		
Pressão de Platô		
Complacência Estática		
Pressão Resistiva		
SpO2		
PASistólica		
PADiastólica		
PAMédia		
Frequência cardíaca		



**APÊNDICE C** – Artigo elaborado em coautoria, tratando do objeto desta pesquisa, intitulado: *Reprodutibilidade das mensurações da mecânica respiratória invasiva*.

## ARTIGO ORIGINAL

José da Natividade Menezes Júnior<sup>1</sup>, Ludmilla Mota Silva<sup>2</sup>, Leonardo José Moraes Santos<sup>2</sup>, Helena França Correia<sup>2</sup>, Wende Lopes<sup>2</sup>, Virginia Eugênia Pinheiro e Silva<sup>4</sup>, Jorge Luis Motta dos Anjos<sup>5</sup>, Bruno Prata Martinez<sup>3,4,5</sup>

1. Hospital Geral Roberto Santos - Salvador (BA), Brasil.

2. Programa de Pós-Graduação em Processos Interativos de Órgãos e Sistemas, Universidade Federal da Bahia - Salvador (BA), Brasil.

3. Universidade do Estado da Bahia - Salvador (BA), Brasil.

4. Hospital Universitário Professor Edgard Santos - Salvador (BA), Brasil.

5. Programa de Pós-Graduação em Medicina e Saúde, Universidade Federal da Bahia - Salvador (BA), Brasil.

**Conflitos de interesse:** Nenhum.

Submetido em 19 de setembro de 2019  
Aceito em 1 de março de 2020

### Autor correspondente:

Bruno Prata Martinez  
Universidade Federal da Bahia  
Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n - Canela  
CEP: 40231-300 - Salvador (BA), Brasil  
E-mail: brunoprata@ufba.br

**Editor responsável:** Leandro Utino Taniguchi  
DOI: 10.5935/0103-507X.202000068

## Reprodutibilidade das mensurações da mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica invasiva

*Reproducibility of respiratory mechanics measurements in patients on invasive mechanical ventilation*

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a reprodutibilidade intra e interexaminador das mensurações da resistência e das complacências estática e dinâmica do sistema respiratório em pacientes sob ventilação mecânica.

**Métodos:** Trata-se de estudo analítico realizado com indivíduos com idade  $\geq 18$  anos, em ventilação mecânica invasiva, que não tinham diagnóstico clínico de doença do aparelho respiratório e/ou anormalidade de caixa torácica. Foram realizadas três aferições da mecânica respiratória com intervalo de 1 minuto entre elas. A primeira e a terceira aferições foram realizadas pelo avaliador A e a segunda aferição, pelo avaliador B. A comparação dos valores de resistência e complacências estática e dinâmica do sistema respiratório foi calculada por meio do coeficiente de correlação intraclass.

**Resultados:** Foram realizadas 198 aferições da mecânica respiratória em 66 pacientes sob ventilação mecânica, com idade média de  $52,6 \pm 18,6$  anos, índice de massa corporal médio de  $21,6 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$ , predomínio do perfil cirúrgico (61,5%) e sexo feminino (53,8%). Foram obtidos valores médios das três aferições para resistência do sistema respiratório (A1:  $15,7 \pm 6,8 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ ; B1:  $15,7 \pm 6,4 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$  e A2:

$15,9 \pm 6,2 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ ), para complacência estática do sistema respiratório (A1:  $42,1 \pm 13,7 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ; B1:  $42,4 \pm 14,6 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$  e A2:  $42,2 \pm 14,5 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ) e para complacência dinâmica do sistema respiratório (A1:  $21,3 \pm 7,3 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ; B1:  $21,4 \pm 7,5 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$  e A2:  $21,3 \pm 6,2 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ). Também foram encontrados valores do coeficiente de correlação intraclass para resistência do sistema respiratório (R = 0,882 e p = 0,001; R = 0,949 e p = 0,001 - interexaminadores A1 versus B e B versus A2, respectivamente; R = 0,932 e p = 0,001 - intraexaminador); complacência estática do sistema respiratório (R = 0,951 e p = 0,001; R = 0,958 e p = 0,001 - interexaminadores A1 versus B e B versus A2, respectivamente; R = 0,965 e p = 0,001 - intraexaminador) e complacência dinâmica do sistema respiratório (R = 0,957 e p = 0,001; R = 0,946 e p = 0,001 - interexaminadores A1 versus B e B versus A2 respectivamente; R = 0,926 e p = 0,001 - intraexaminador).

**Conclusão:** A mensuração de mecânica respiratória apresenta boa reprodutibilidade intra e interexaminador para as aferições de resistência e complacências estática e dinâmica do sistema respiratório em pacientes ventilados.

**Descritores:** Mecânica respiratória; Respiração artificial; Reprodutibilidade dos testes

### INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica (VM) é um recurso frequentemente utilizado no cuidado com o paciente crítico, no intuito de promover repouso da musculatura respiratória e permitir adequada oferta tecidual de oxigênio. Embora essencial para a sobrevivência, esse suporte não está isento de riscos, e deve-se ter atenção à monitorização dos



parâmetros de mecânica respiratória, já que alterações desses parâmetros podem aumentar o risco de lesão pulmonar induzida pela VM. Atualmente, há uma preocupação crescente quanto à chamada lesão pulmonar induzida pela VM, gerada pelo estresse mecânico, que é imposto ao parênquima pulmonar e pode gerar consequências tanto no nível pulmonar quanto no sistêmico.<sup>(1,2)</sup>

O entendimento sobre a mecânica respiratória permite utilizar os parâmetros avaliados como norteadores para os ajustes da VM no intuito de reduzir a lesão a ela associada,<sup>(1)</sup> além de auxiliar na indicação e na avaliação de intervenções fisioterapêuticas.<sup>(3)</sup>

A lesão pulmonar induzida pelo ventilador é uma forma de lesão iatrogênica causada pela manutenção inadequada da ventilação, especialmente em pacientes com mecânica respiratória comprometida. Esse processo leva à liberação de mediadores inflamatórios e gera perpetuação da dependência do suporte ventilatório.<sup>(3)</sup> Com o intuito de minimizar esses riscos, foram desenvolvidas estratégias de ventilação, com o objetivo de prevenção da lesão pulmonar. A monitorização e a análise do sistema respiratório fornecem subsídios para entender a dinâmica ventilatória e, assim, otimizar o suporte ventilatório.<sup>(4,5)</sup>

A mecânica pulmonar refere-se ao estudo das forças que agem sobre o sistema respiratório. As medidas utilizadas são a complacência e a resistência.<sup>(6)</sup> A complacência está associada com a capacidade de distensibilidade pulmonar e é resultado da variação de volume dividido pela variação de pressão. A resistência está relacionada com a condução de ar, sendo influenciada por fatores como presença de secreção em vias aéreas e estreitamento destas. O acompanhamento dessas variáveis permite a comparação longitudinal dos dados ao longo do período durante o qual o paciente permanece em VM.<sup>(1,4,7)</sup> Para isso, deve haver boa reprodutibilidade entre os avaliadores, com a finalidade de conferir significância clínica ao manejo de pacientes críticos.

Apesar de ser um parâmetro relevante para monitorização da impedância do sistema respiratório, não há estudos que descrevam a reprodutibilidade das mensurações da mecânica respiratória: resistência ( $R_{aw}$ ) e complacências estática ( $C_{est\ sr}$ ) e dinâmica ( $C_{dyn\ sr}$ ) do sistema respiratório. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a reprodutibilidade intra e interexaminador das mensurações da  $R_{aw}$ ,  $C_{est\ sr}$  e  $C_{dyn\ sr}$  em pacientes sob VM.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo analítico, realizado nas unidades de terapia intensiva (UTI) de um hospital

público de grande porte na cidade de Salvador (BA). Foram incluídos participantes com idade  $\geq 18$  anos, em uso de VM invasiva, em modos assistido-controlados, sedados e sem interação com o ventilador mecânico (totalmente entregues ao ventilador) visualizada pela análise gráfica das curvas de fluxo *versus* tempo e pressão *versus* tempo, hemodinâmica estável caracterizada por ausência ou necessidade de baixas doses de drogas vasoativas ou inotrópicas (até 0,3mg/kg), sem fraturas recentes (caixa torácica, coluna vertebral e quadril) e que não tivessem diagnóstico clínico de doença do aparelho respiratório e/ou anormalidades de caixa torácica. Foram excluídos aqueles que apresentaram alteração da pressão arterial média maior que 20% em relação à avaliação basal, pressão arterial sistólica (PAS)  $< 90$ mmHg visualizada por mensuração da pressão arterial de forma invasiva e queda de saturação de oxigênio ( $SpO_2$ )  $< 90\%$  durante as mensurações.

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos, sob CAAE 57895516.8.1001.5028. Após a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido pelo familiar e/ou responsável, foram realizadas três aferições da mecânica respiratória por dois avaliadores, com intervalo de 1 minuto entre as mesmas. A primeira e a terceira mensurações foram realizadas pelo avaliador A e a segunda, pelo avaliador B.

A avaliação da mecânica do sistema respiratório foi realizada por meio do método de interrupção do fluxo ao final da inspiração, sendo necessários o uso do modo ventilatório a volume e o tempo de pausa inspiratória de 0,5 segundos.<sup>(7)</sup> Os valores usados para essas mensurações foram volumes correntes (VC) de 6mL/kg de peso ideal, fluxo de 40 - 60L/minuto, em torno de 10% do VC e frequência respiratória de 15 incursões por minuto.<sup>(7)</sup>

O valor de  $C_{est\ sr}$  foi obtido pela fórmula ( $C_{est\ sr} = VC / P_{platô} - \text{pressão positiva expiratória final (PEEP)}$ ), ao passo que, para a avaliação da  $C_{dyn\ sr}$ , foi utilizada a fórmula ( $C_{dyn\ sr} = VC / P_{pico} - PEEP$ ). Os valores de  $R_{aw}$  foram avaliados pela fórmula  $R_{va} = (P_{pico} - P_{platô}) / \text{fluxo (L)}$ .

As comorbidades descritas na tabela 1 referem-se a hipertensão arterial sistêmica, *diabetes mellitus*, insuficiência renal crônica, dislipidemia, síndrome da imunodeficiência adquirida, acidente vascular encefálico prévio, fibrilação atrial e doença arterial obstrutiva crônica.

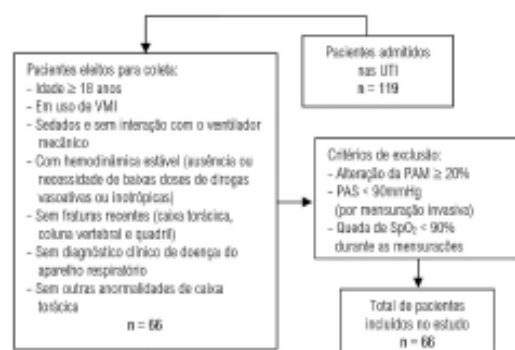
Foi utilizado o *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS)*, versão 22.0, para *Windows*, para análise e tabulação dos dados. A normalidade dos dados foi mensurada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação dos valores de  $R_{aw}$ ,  $C_{est\ sr}$  e  $C_{dyn\ sr}$  entre as três aferições foi calculada pelo coeficiente de correlação

intraclasse (CCI), sendo considerado significância estatística valor de  $p < 0,05$ .

O CCI é uma ferramenta utilizada para mensurar a confiabilidade de medidas. Quanto mais próximo o CCI estiver de 1, maior é a correlação.<sup>(8)</sup> Ele pode ser classificado como de razoável reprodutibilidade se entre 0,4 e 0,59, boa reprodutibilidade se entre 0,6 e 0,74 e excelente reprodutibilidade se acima de 0,74.<sup>(9)</sup>

## RESULTADOS

Foram realizadas 198 aferições da mecânica respiratória em 66 pacientes sob VM incluídos no estudo (Figura 1). Destes, 53,8% eram do sexo feminino, com idade média de  $52,6 \pm 18,6$  anos, índice de massa corporal (IMC) médio de  $21,6 \pm 2,1 \text{ kg/m}^2$ , predomínio de perfil cirúrgico (59,1%) e das cirurgias neurológicas, conforme dados descritos na tabela 1.



**Figura 1** - Fluxograma do recrutamento dos pacientes do presente estudo. UTI - unidade de terapia intensiva; VM - ventilação mecânica invasiva; PAM - pressão arterial média; PAS - pressão arterial sistólica; SpO<sub>2</sub> - saturação de oxigênio.

Foram encontrados para Cest sr (A1:  $42,1 \pm 13,7$ ; A2:  $42,2 \pm 14,5$  e B:  $42,4 \pm 14,6 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ), Cdyn sr (A1:  $21,3 \pm 7,3$ ; A2:  $21,3 \pm 6,2$  e B:  $21,4 \pm 7,5 \text{ mL/cmH}_2\text{O}$ ) e Raw (A1:  $15,7 \pm 6,8$ ; A2:  $15,9 \pm 6,2$  e B:  $15,7 \pm 6,4 \text{ cmH}_2\text{O/L/s}$ ). Na análise do CCI, foi observado excelente reprodutibilidade, conforme indicado nas figuras 2 a 4. Os seguintes valores do CCI foram encontrados para Raw interexaminadores (A1 x B:  $R = 0,882$  e  $p = 0,001$ ); (B x A2:  $R = 0,949$  e  $p = 0,001$ ); para Raw intraexaminador, foram encontrados (A1 x A2:  $R = 0,932$  e  $p = 0,001$ ); para Cest sr interexaminadores (A1 x B:  $R = 0,951$  e  $p = 0,001$ ) e (B x A2:  $R = 0,958$  e  $p = 0,001$ ); para Cest sr intraexaminador (A1 x A2:  $R = 0,965$  e  $p = 0,001$ ); para Cdyn sr interexaminadores (A1 x B:  $R = 0,957$  e  $p = 0,001$ ); (B x A2:  $R = 0,946$  e  $p = 0,001$ ) e para Cdyn intraexaminador (A1 x A2:  $R = 0,926$  e  $p = 0,001$ ).

**Tabela 1** - Dados clínicos e demográficos dos pacientes incluídos

Variáveis	n (%)	Média e DP
Idade		$52,6 \pm 18,6$
IMC ( $\text{kg/m}^2$ )		$21,6 \pm 2,1$
Sexo		
Masculino	31 (46,2)	
Feminino	35 (53,8)	
Perfil admissional		
Clínico	27 (40,9)	
Cirúrgico	39 (59,1)	
Motivo da internação na UTI		
Pós-operatório de cirurgias neurológicas	27 (40,9)	
Doenças neurológicas	18 (27,3)	
Pós-operatório de cirurgias abdominais	8 (12,1)	
Sepses	5 (7,5)	
Pós-operatório de cirurgias vasculares	3 (4,5)	
Insuficiências renais	2 (3)	
Insuficiências hepáticas	1 (1,5)	
Neoplasias	1 (1,5)	
Complicações pós-parto	1 (1,5)	
Presença de comorbidades	33 (50)	

DP - desvio padrão; IMC - índice de massa corporal; UTI - unidade de terapia intensiva.

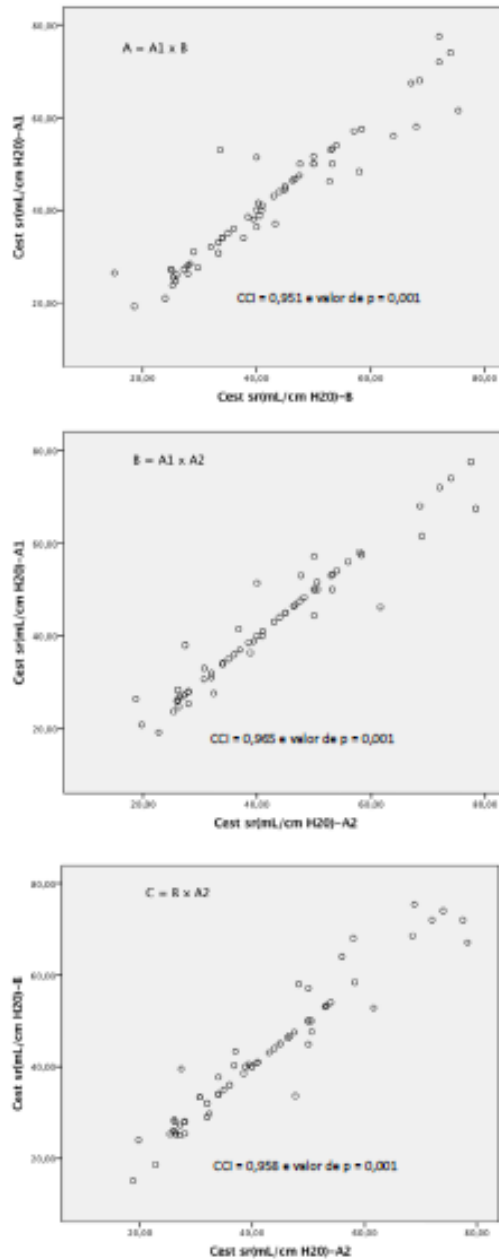
## DISCUSSÃO

O presente estudo identificou uma boa reprodutibilidade e precisão intra e interexaminador para aferições da mecânica pulmonar em pacientes mecanicamente ventilados, o que reforça a confiabilidade dessa medida na prática clínica diária para o diagnóstico e o acompanhamento longitudinal das alterações de impedância do sistema respiratório.

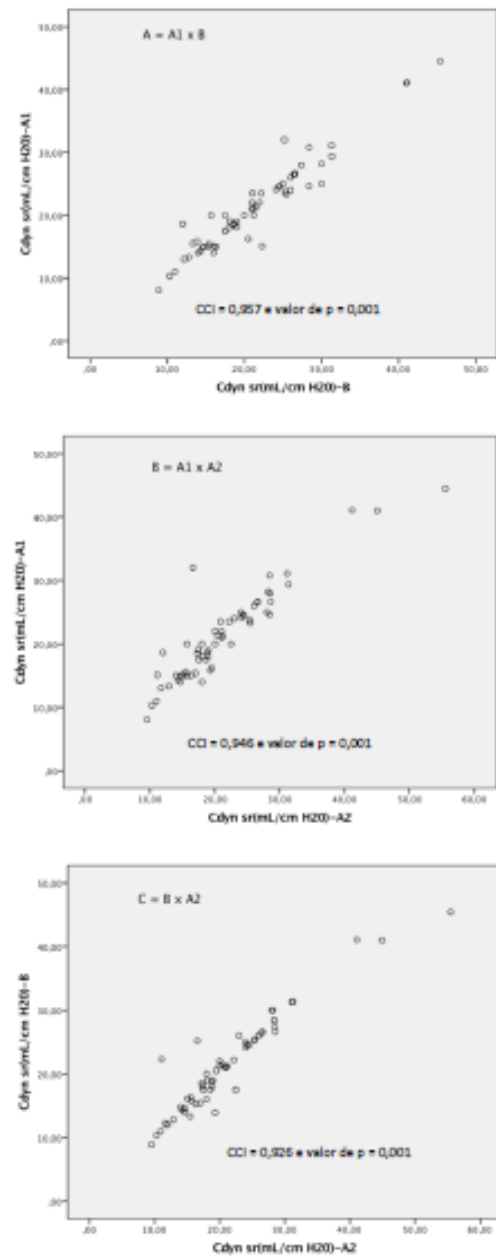
Um aspecto relevante do estudo é que não houve diferença significativa, do ponto de vista clínico, para as três mensurações de mecânica respiratória para Cest sr, Cdyn sr e Raw, o que pode reforçar a necessidade de apenas uma medida – e não três, como comumente realizada. Isso agrega valor à assistência da equipe, já que reduz o tempo necessário para aferição dessas medidas.

Os métodos utilizados para realização da medida de mecânica respiratória podem ser dinâmicos ou estáticos. Na medida dinâmica, o fluxo não é interrompido, ou seja, o próprio algoritmo do ventilador mecânico oferece o resultado, com base das curvas obtidas, associando-as à equação do movimento.<sup>(10)</sup> No presente estudo, foi utilizada a monitorização estática, a qual é a forma mais utilizada na prática clínica,<sup>(10)</sup> na qual o fluxo é interrompido e se obtém, de forma direta, o valor da complacência pulmonar, além da Raw. Outro ponto a





**Figura 2** - Análise dos coeficientes de correlação intraclassa entre as mensurações da complacência estática do sistema respiratório para os intervaladores (A = A1 x B e C = B x A2) e os intra-avaliadores (B = A1 x A2), com n = 66. CCI - coeficiente de correlação intraclassa; Cest sr - complacência estática do sistema respiratório.



**Figura 3** - Análise dos coeficientes de correlação intraclassa entre as mensurações da complacência dinâmica do sistema respiratório para os intervaladores (A = A1 x B e C = B x A2) e os intra-avaliadores (B = A1 x A2). CCI - coeficiente de correlação intraclassa; Cdyn sr - complacência dinâmica do sistema respiratório.

Já está bem estabelecida a aplicabilidade da mensuração estática da mecânica respiratória na realização da estratégia para prevenção de lesão induzida pela VM, principalmente em pacientes com *síndrome do desconforto respiratório agudo*.<sup>(17)</sup> Essa estratégia visa reduzir o biotrauma, no qual há resposta inflamatória gerada por forças biofísicas aplicadas ao parênquima pulmonar e que está associada à hiperdistensão e à abertura e ao fechamento cíclico dos alvéolos. Para tanto, recomenda-se utilização de VC, pressão de distensão < 15cmH<sub>2</sub>O e manutenção da pressão de platô < 30cmH<sub>2</sub>O.<sup>(4,37)</sup>

Este foi o primeiro estudo que se propôs a avaliar a reprodutibilidade inter e intraexaminador das mensurações da mecânica pulmonar, sendo que a excelente confiabilidade encontrada por meio dos valores obtidos do CCI (> 0,75) asseguram que há uniformidade entre as avaliações. Além disso, o método utilizado para realização da mensuração é o mais acessível e comum na prática clínica.

Uma das limitações encontradas nesse estudo foi a necessidade de o paciente estar totalmente sedado para

mensuração da mecânica, o que limitou um maior tamanho amostral, pois, para a mensuração mais acurada, há necessidade de ausência do esforço muscular respiratório do paciente. Esse fator também é algo que influencia no uso das mensurações da mecânica respiratória de forma mais rotineira na prática diária, já que, cada vez mais, os pacientes encontram-se sem sedação e participando da VM. No presente estudo, não houve solicitação para aumento de sedação e nem foi realizada hiperventilação alveolar para inibição de *drive* respiratório e posterior aferição da mecânica. Outra limitação é que foram usados diferentes ventiladores mecânicos, o que pode ter interferido nos valores obtidos.

## CONCLUSÃO

A mensuração da mecânica respiratória apresentou boa reprodutibilidade intra e interexaminador para as aferições de resistência e das complacências estática e dinâmica do sistema respiratório em pacientes sob ventilação mecânica invasiva.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the intra- and interexaminer reproducibility of measurements of the resistance and static and dynamic compliance of the respiratory system in patients on mechanical ventilation.

**Methods:** This was an analytical study conducted with individuals aged  $\geq 18$  years who were on invasive mechanical ventilation and had no clinical diagnosis of respiratory system disease and/or chest abnormality. Three measurements of respiratory mechanics were performed with a 1-minute interval between them. The first and third measurements were performed by examiner A, the second by examiner B. The values for the resistance and static and dynamic compliance of the respiratory system were compared using the intraclass correlation coefficient.

**Results:** A total of 198 measurements of respiratory mechanics were performed for 66 patients on mechanical ventilation. The patients had a mean age of  $52.6 \pm 18.6$  years and a mean body mass index of  $21.6 \pm 2.1$ kg/m<sup>2</sup>; a surgical profile (61.5%) and female sex (53.8%) were predominant. Mean values were obtained for the three measurements of respiratory system resistance (A1:  $15.7 \pm 6.8$ cmH<sub>2</sub>O/L/s;

B1:  $15.7 \pm 6.4$ cmH<sub>2</sub>O/L/s and A2:  $15.9 \pm 6.2$ cmH<sub>2</sub>O/L/s), respiratory system static compliance (A1:  $42.1 \pm 13.7$ mL/cmH<sub>2</sub>O; B1:  $42.4 \pm 14.6$ mL/cmH<sub>2</sub>O and A2:  $42.2 \pm 14.5$ mL/cmH<sub>2</sub>O) and respiratory system dynamic compliance (A1:  $21.3 \pm 7.3$ mL/cmH<sub>2</sub>O; B1:  $21.4 \pm 7.5$ mL/cmH<sub>2</sub>O and A2:  $21.3 \pm 6.2$ mL/cmH<sub>2</sub>O). The intraclass correlation coefficient was also calculated for respiratory system resistance (R = 0.882 and p = 0.001; R = 0.949 and p = 0.001 - interexaminer A1 versus B and B versus A2, respectively; R = 0.932 and p = 0.001 - intraexaminer); respiratory system static compliance (R = 0.951 and p = 0.001; R = 0.958 and p = 0.001 - interexaminer A1 versus B and B versus A2, respectively; R = 0.965 and p = 0.001 - intraexaminer) and respiratory system dynamic compliance (R = 0.957 and p = 0.001; R = 0.946 and p = 0.001 - interexaminer A1 versus B and B versus A2, respectively; R = 0.926 and p = 0.001 - intraexaminer).

**Conclusion:** The measurements of resistance and static and dynamic compliance of the respiratory system show good intra- and interexaminer reproducibility for ventilated patients.

**Keywords:** Respiratory mechanics; Respiration, artificial; Reproducibility of results

## REFERÊNCIAS

1. García-Prieto E, Amado-Rodríguez L, Albalceta GM; por el grupo de Insuficiencia Respiratoria Aguda de la SEMICYUC. [Monitorization of respiratory mechanics in the ventilated patient]. *Med Intensiva*. 2014;38(1):49-55.
2. Faustino EA. Mecânica pulmonar de pacientes em suporte ventilatório na unidade de terapia intensiva. Conceitos e monitorização. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2007;19(2):161-9.
3. Goligher EC, Brochard LJ, Field WD, Fan E, Szarek D, Slutsky AS, et al. Diaphragmatic myotrauma: a mediator of prolonged ventilation and poor patient outcomes in acute respiratory failure. *Lancet Respir Med*. 2019;7(1):90-8.

4. Goldwasser R, Farias A, Freitas EE, Saddy F, Amado V, Okamoto V. Desmame e Interrupção da ventilação mecânica. *J Bras Pneumol*. 2007;33(Supl 2):129-36.
5. Fernandes CR. A importância da pressão pleural na avaliação da mecânica respiratória. *Rev Bras Anestesiol*. 2006;56(3):287-303.
6. Kock KS, Maurici R. Respiratory mechanics, ventilator-associated pneumonia and outcomes in intensive care unit. *World J Crit Care Med*. 2018;7(1):24-30.
7. Hess DR. Respiratory mechanics in the mechanically ventilated patients. *Respir Care*. 2014;59(11):1773-94.
8. Vituri DW, Évora YD. Fidedignidade de indicadores de qualidade do cuidado de enfermagem: testando a concordância e confiabilidade Interavaliadores. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2014;22(2):234-40.
9. Fiels JJ. Reliability of measurement. In: Fiels JJ. *The design and analysis of clinical experiments*. New York (USA): John Wiley; 1999. p. 1-31.
10. Lucangelo U, Bernabè F, Blanch L. Respiratory mechanics derived from signals in the ventilator circuit. *Respir Care*. 2005;50(1):55-65; discussion 65-7.
11. Henderson WR, Sheel AW. Pulmonary mechanics during mechanical ventilation. *Respir Physiol Neurobiol*. 2012;180(2-3):162-72.
12. Daoud EG, Katigbak R, Dittochian M. Accuracy of the ventilator automated displayed respiratory mechanics in passive and active breathing conditions: a bench study. *Respir Care*. 2019;64(12):1555-60.
13. Lucangelo U, Bernabè F, Blanch L. Lung mechanics at the bedside: make it simple. *Curr Opin Crit Care*. 2007;13(1):64-72.
14. Lu Q, Rouby JJ. Measurement of pressure-volume curves in patients on mechanical ventilation. Methods and significance. *Minerva Anestesiol*. 2000;66(5):367-75.
15. Arral JM, Gamero A, Saóil M, Chatburn RL. Parameters for simulation of adult subjects during mechanical ventilation. *Respir Care*. 2018;63(2):158-68.
16. Matic I, Pavlic F, Sakic-Zdravcevic K, Danic D, Jurjevic M. Pulmonary compliance values provide prognosis in mechanically ventilated patients—a randomized prospective study. *Coll Antropol*. 2007;31(3):829-36.
17. Mauri T, Lazzari M, Bellani G, Zanella A, Grasselli G. Respiratory mechanics to understand ARDS and guide mechanical ventilation. *Physiol Meas*. 2017;38(12):R280-H303.

# **ANEXOS**

## ANEXO A – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Geral Roberto Santos.

HOSPITAL GERAL ROBERTO  
SANTOS - BA



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DA EMENDA**

**Título da Pesquisa:** Valores de normalidade de mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica

**Pesquisador:** Bruno Prata Martinez

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 57895516.8.1001.5028

**Instituição Proponente:** Hospital Geral Roberto Santos - BA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 3.496.478

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um estudo multicêntrico de corte transversal a ser realizado nas unidades de terapia intensiva de 8 hospitais do Brasil: hospital Geral Roberto Santos (Salvador-Bahia), hospital do Subúrbio (Salvador-Bahia), hospital de Base do Distrito Federal (Distrito Federal-Brasília), hospital Universitário Doutor Washigton Antônio de Barros (Petrolina-Pernambuco), hospital Geral do Estado Doutor Osvaldo Brandão Vilela (Maceió-Alagoas), hospital Primavera (Aracaju-SE), hospital Metropolitano Sul Dom Hélder Câmara (Recife-Pernambuco), hospital Santa Casa de Misericórdia (Porto Alegre-Rio Grande do Sul) no período entre outubro de 2016 a setembro de 2020, conforme aprovação dos comitês de ética referentes a cada hospital.

**Objetivo da Pesquisa:**

Descrever os valores de normalidade da mecânica respiratória (Resistência das vias aéreas, auto-PEEP, Complacência estática e dinâmica do sistema respiratório) em pacientes sob ventilação mecânica.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O estudo fala que os participantes podem ter risco de hipotensão arterial e barotrauma durante a realização da homogeneização pulmonar antes da mensuração da mecânica. Entretanto, os níveis de pressão utilizados são considerados baixos. Os fisioterapeutas pesquisadores darão suporte durante toda a coleta, contudo em caso de alguma complicação ocorrida durante o recrutamento.

**Endereço:** Estrada do Saboeiro, s/nº  
**Bairro:** Estrada do Saboeiro **CEP:** 41.180-000  
**UF:** BA **Município:** SALVADOR  
**Telefone:** (71)3117-7519 **Fax:** (71)3387-3429 **E-mail:** cep.hgrs.ba@gmail.com



HOSPITAL GERAL ROBERTO  
SANTOS - BA



Continuação do Parecer: 3.496.478

o médico intensivista será comunicado e envolvido no tratamento do paciente.

Como benefício o estudo poderá fornecer bases científicas dos valores de normalidade sobre a mecânica respiratória em pacientes sob ventilação mecânica, já que essa informação não existe na literatura. Desta forma, essa informação poderá contribuir para confecção do diagnóstico de alteração de função respiratória pelos profissionais de saúde que atuam nas unidades de terapia. Também poderá ter a aplicabilidade de utilização de uma equação preditiva, caso os dados coletados apresentem uma distribuição que permita a construção dessa fórmula.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

É de grande relevância para a comunidade científica, de abrangência em oito instituições, assim terá um número expressivo de participantes, possibilitando confirmar ou refutar a hipótese do estudo. Nesta emenda solicita a inclusão dos seguintes objetivos: Comparar a medida de pressão transpulmonar a mecânica respiratória pelo método quasiestático em uma subamostra da população. • Descrever as constantes de tempo quando utilizados tempos

de pausa inspiratória durante as medidas de mecânica ventilatória; Avaliar a confiabilidade intra e inter examinador das medidas de mecânica respiratória (complacência estática do sistema respiratório, complacência dinâmica do sistema respiratório e resistência das vias aéreas). Além disso, solicita a adição dos pesquisadores Helena França Correia, José da Natividade Júnior, Leonardo José Moraes Correia no presente

estudo, bem como prolongar o período de coleta de dados até setembro de 2022. Justifica informando que não irá expor o paciente a outros riscos. A solicitação da

inclusão dos três pesquisadores tem o intuito de fortalecer o estudo com a experiência e contribuição na coleta de dados e escrita do artigo. Já o prolongamento do tempo de coleta visa aumentar o tamanho amostral do estudo para que os dados obtidos tenham maior precisão e poder no momento da descrição dos resultados.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A emenda solicita a inclusão dos seguintes objetivos: Comparar a medida de pressão transpulmonar a mecânica respiratória pelo método quasiestático em uma subamostra da população. • Descrever as constantes de tempo quando utilizados tempos

de pausa inspiratória durante as medidas de mecânica ventilatória; Avaliar a confiabilidade intra e inter examinador das medidas de mecânica respiratória (complacência estática do sistema respiratório, complacência dinâmica do sistema respiratório e resistência das vias aéreas). Além disso, gostaria de solicitar a adição dos pesquisadores Helena França Correia, José da Natividade

Endereço: Estrada do Sabeiro, s/nº  
 Bairro: Estrada do Sabeiro CEP: 41.180-000  
 UF: BA Município: SALVADOR  
 Telefone: (71)3117-7519 Fax: (71)3387-3429 E-mail: cep.hgrs.ba@gmail.com

HOSPITAL GERAL ROBERTO  
SANTOS - BA



Continuação do Parecer: 3.496.478

Júnior, Leonardo José Morais Correia no presente estudo, bem como prolongar o período de coleta de dados até setembro de 2022.

**Recomendações:**

Por tratar-se de estudo multicêntrico, convém apresentar parecer dos demais CEPs para realização da pesquisa nos outros centros.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovada a emenda. Ressalta-se que este CEP mantém a aprovação de execução da pesquisa apenas neste centro, Hospital Geral Roberto Santos.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_1038313_E2.pdf	12/06/2019 11:48:22		Aceito
Outros	ProjetoNormalidadecomEmenda.doc	12/06/2019 11:43:45	Bruno Prata Martinez	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoMecanica.doc	11/11/2018 13:18:19	Bruno Prata Martinez	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	11/11/2018 13:12:47	Bruno Prata Martinez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CartaHSuburbio.pdf	11/11/2018 13:11:56	Bruno Prata Martinez	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	15/07/2018 16:10:54	Bruno Prata Martinez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CartaPetro.pdf	28/06/2018 13:52:22	Bruno Prata Martinez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CartaRecife.pdf	28/06/2018 13:51:54	Bruno Prata Martinez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	cartaSE.pdf	28/06/2018 13:50:12	Bruno Prata Martinez	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CartadeAL.pdf	28/06/2018 13:49:05	Bruno Prata Martinez	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

Endereço: Estrada do Saboeiro, s/nº  
 Bairro: Estrada do Saboeiro CEP: 41.180-000  
 UF: BA Município: SALVADOR  
 Telefone: (71)3117-7519 Fax: (71)3387-3429 E-mail: cep.hgrs.ba@gmail.com

HOSPITAL GERAL ROBERTO  
SANTOS - BA



Continuação do Parecer: 3.496.478

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SALVADOR, 08 de Agosto de 2019

---

Assinado por:

**MARIA DO ESPIRITO SANTO DA SILVA**  
(Coordenador(a))

Endereço: Estrada do Saboeiro, s/nº

Bairro: Estrada do Saboeiro

CEP: 41.180-000

UF: BA

Município: SALVADOR

Telefone: (71)3117-7519

Fax: (71)3387-3429

E-mail: cep.hgrs.ba@gmail.com