



Universidade Federal de Pernambuco

Centro de Ciências da Saúde

Departamento de Fisioterapia

Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Nível Mestrado

SÓSTYNIS JOSÉ DE ALBUQUERQUE SILVA

**COMPORTAMENTO DA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR EM OBESOS  
PRÉ E PÓS CIRURGIA BARIÁTRICA AVALIADOS ATRAVÉS DA  
ESPIROMETRIA E TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

RECIFE – 2016

**SÓSTYNIS JOSÉ DE ALBUQUERQUE SILVA**

**COMPORTAMENTO DA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR EM OBESOS  
PRÉ E PÓS CIRURGIA BARIÁTRICA AVALIADOS PELA ESPIROMETRIA E  
TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Fisioterapia

**Linha de Pesquisa:**

Instrumentação e intervenção fisioterapêutica.

**Orientadoras:**

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Armèle de Fátima Dornelas de Andrade e

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniella Cunha Brandão

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

S586c Silva, Sóstynis José de Albuquerque.  
Comportamento da função e ventilação pulmonar em obesos pré e pós cirurgia bariátrica avaliados pela espirometria e tomografia de impedância elétrica / Sóstynis José de Albuquerque Silva. – 2016.  
119 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Armèle Dornelas de Andrade.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. Recife, 2016.  
Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Obesidade. 2. Espirometria. 3. Cirurgia bariátrica. 4. Impedância elétrica. 5. Medidas de volume pulmonar. I. Andrade, Armèle Dornelas de (Orientadora). II. Título.

615.8 CDD (23.ed.) UFPE (CCS2017-292)

*“COMPORTAMENTO DA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR EM OBESOS PRÉ E PÓS CIRURGIA BARIÁTRICA AVALIADOS PELA ESPIROMETRIA E TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA”*

SÓSTYNIS JOSÉ DE ALBUQUERQUE SILVA

APROVADO EM: 27/09/2016

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. ARMÈLE DORNELAS DE ANDRADE

COORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. DANIELLA CUNHA BRANDÃO

COMISSÃO EXAMINADORA:

---

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup> SHIRLEY LIMA CAMPOS – FISIOTERAPIA / UFPE

---

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup> ANNA MYRNA JAGUARIBE DE LIMA – MORFOLOGIA E FISIOLOGIA ANIMAL / UFRPE

---

PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup> JACQUELINE DE MELO BARCELAR – HC / UFPE

Visto e permitida à impressão

---

Coordenadora do PPGFISIOTERAPIA/DEFISIO/UFPE

*À minha tia Sandra Maria de Albuquerque Moura*

*(In Memoriam)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, centro da minha vida, que em sua gradeza, cuida, protege, direciona e me livra de qualquer laço, mal(dito), mal(feito) e mal(intencionado).

À toda minha família, pai José Ordônio da Silva, tios, primos, avós, e em especial à minha mãe Solange Maria de Albuquerque Silva, guerreira, que nunca me deixou faltar as forças para seguir meu caminho e à Dona Deda Josefa Anna de Albuquerque, minha avó materna, poço de experiência e exemplo de vida, os braços onde sempre serei acolhido com o mais puro dos sentimentos, o Amor.

À Sandra Albuquerque (in memoriam), a qual dedico esta dissertação, hoje meu anjo da guarda, que além de tia, foi ombro, colo amigo, inspiradora da minha carreira como Fisioterapeuta, mais especificamente na área de Fisioterapia Respiratória.

À professora Armèle Dornelas, minha orientadora, pela competência como pesquisadora e por acreditar em meu potencial e favorecer meios propícios para meu desenvolvimento acadêmico, pessoal e profissional.

À professora Daniella Cunha Brandão, minha co-orientadora, pela participação ativa em toda minha caminhada acadêmica, onde me mostrou desde cedo os primeiros passos da pesquisa científica, desvendando os caminhos da ciência.

À professora Shirley Campos, docente do Departamento de Fisioterapia-UFPE, por toda paciência e compreensão em nossos encontros e discussões, não só por compartilhar seus sábios conhecimentos a respeito da fisioterapia respiratória, como também os ensinamentos no âmbito pessoal e social, que levarei para toda a vida, meu muito obrigado.

À todos que fazem parte da família Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar- LACAP, pelo aprendizado, compreensão, trabalho em equipe e ajuda mútua na execução da pesquisa.

À todos os professores do Departamento de Fisioterapia da UFPE pela contribuição que de forma direta ou indireta foi prestada para realização desse trabalho.

À todos os professores e preceptores, que fizeram parte da minha jornada acadêmica, exemplos de seriedade e peças fundamentais na minha jornada enquanto aluno e eterno aprendiz.

À Antonio Christian Evangelista, competente médico anesthesiologista, colega pesquisador e que esteve comigo em todas as etapas da pesquisa, sempre me apoiando com paciência e compreensão.

À Catarina Rattes, pesquisadora do LACAP, inserida em diversos contextos da minha vida, pela disponibilidade nos treinamentos e inserção no LACAP, onde sempre prestou assistência, acolhimento e atenção.

À meu amigo Alexandre Magno, pelo ombro nos momentos de choro, pela compreensão nos momentos difíceis, pela palavra amiga nos momentos de adversidades e pela companhia nos momentos de alegria.

À Marcos Jonathan, que fez parte de um momento especial de minha vida, me auxiliando quando possível, com sua solidariedade, compaheiro, amigo e irmão.

À minha amiga Nívea Sandelly, fisioterapeuta, que também esteve ao meu lado no momentos bons e não tão bons dessa minha jornada.

À Thaíse Gabrielly, um dos resquícios da minha graduação em Biomedicina, que vida a fez questão de manter, hoje amiga e colo compartilhado para as turbulências que o mundo nos traz.

À João Bosco, aprendiz budista, aquele amigo que a vida nos apresenta para mudar sua forma de ver o mundo, desconfio que nosso vínculo transcende o físico, obrigado por todos os momentos de reflexões que de forma direta contrubuíram para minha maturação espiritual, pessoal e profissional.

À todos os colegas da turma do mestrado, onde juntos compartilhamos expectativas, desafios, apreensões e conquistas.

Àos meus amigos concebidos pelo mestrado, que tiveram os laços estreitados no LACAP: Amanda Couto, Adília Karoline, Peterson Filipe e Sandra Fluhr, aos quais sou grato por toda participação nas coletas de dados, divisão das apressões e enfrentamento dos obstáculos encontrados em todas as etapas da pesquisa e

participação em discussões, hoje tenho a convicção que a minha caminhada não seria a mesma sem vocês, levarei-os sempre comigo.

À toda coordenação do Programa de Pós graduação em Fisioterapia, em especial à secretária Niége Melo, pela força dada desde o ato de inscrição no processo seletivo, e por todo cobrança e encorajamento nessa jornada que está apenas iniciando.

À toda equipe que integra o serviço de Cirurgia geral, Bloco Cirúrgico e Ambulatório de Obesidade do Hospital das Clínicas da UFPE, pelo apoio e assistência prestados.

Aos meus pacientes, voluntários, anônimos, que participaram da minha pesquisa, saibam que foram essências à realização desse sonho que tem como objetivo à melhora de nossos serviços prestados enquanto profissionais de saúde.

À todos os seres animados e inanimados, vibrações, energias e conspirações que favoreceram essa caminhada, me iluminando e sendo guia na tomada de decisões em busca de meu crescimento enquanto, fisioterapeuta, pesquisador, ser humano e espírito.

À todos os desconhecidos, expectadores e figurantes que fizeram e fazem parte da minha vida, torcendo pelo meu crescimento, alimentando as esperanças, me fazendo acreditar que de alguma forma eu estava sendo inspiração para eles.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém ainda pensou  
sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

## RESUMO

A obesidade é uma doença multifatorial de prevalência crescente e vem adquirindo proporções epidêmicas em todo o mundo, sendo um dos principais problemas da saúde pública modernos. O sistema respiratório é particularmente acometido, desenvolvendo uma síndrome restritiva com a diminuição da expansibilidade pulmonar devido a resistência da parede torácica e elevação diafragmática, levando a redução nos volumes pulmonares, especialmente o VRE. Constitui-se consenso que a abordagem clínica geralmente é ineficaz e a cirurgia bariátrica se apresenta como melhor opção de tratamento. A cirurgia bariátrica é atualmente a única modalidade terapêutica a oferecer perda de peso maciça e mantida ao longo do tempo a pacientes obesos mórbidos. Esta dissertação apresenta dois artigos originais. O primeiro foi um estudo transversal que teve como objetivo avaliar o efeito da obesidade na função e ventilação pulmonar regional de mulheres obesas mórbidas avaliadas através tomografia de impedância elétrica, tivemos como resultado que indivíduos obesos apresentam espirometria e FMR próximas à de indivíduos eutróficos e que o  $\Delta Z$  é reduzida nos obesos, sendo a distribuição do ventilação pulmonar semelhante ao indivíduo eutrófico com maior contribuição da região direita no indivíduo obeso. O segundo foi um estudo quase experimental que teve como objetivo avaliar o impacto da cirurgia bariátrica na função e ventilação pulmonar regional de obesos mórbidos através da espirometria e tomografia de impedância elétrica. Encontramos como resultados que a cirurgia bariátrica traz prejuízos à função pulmonar e à PIMax, e parece não exercer influência sobre a Ventilação pulmonar total e regional ( $\Delta Z$  e VC) e a PEMax de obesos mórbidos, e que a distribuição da ventilação pulmonar apresenta-se semelhante no período pré e pós operatório. Constituem-se como um dos primeiros trabalhos desenvolvidos buscando elucidar o comportamento da ventilação pulmonar do obeso, afim de guiar adequadamente a terapêutica no pré e pós operatório de cirurgia bariátrica a fim de melhorar a funcionalidade do sistema respiratório desses pacientes.

Palavras-chave: Obesidade. Cirurgia Bariátrica. Espirometria. Impedância elétrica. Medidas de volume pulmonary.

## ABSTRACT

This study aimed to compare the function and regional lung ventilation with obese women and eutrophic individuals by spirometry and electrical impedance tomography and to evaluate the impact of bariatric surgery in the distribution of ventilation before and after surgery. **METHODS:** This is a cross-sectional study in which were included 10 morbidly obese women (BMI  $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup>) and 11 eutrophic women (BMI between 18.5 -24.9 kg/m<sup>2</sup>) matched by age. This is an almost experimental study was to assess the forced spirometry and monitoring a quiet breathing with the Electrical Impedance Tomography (EIT) in the pre and 1 day after bariatric surgery. Another study was experimental study to assess the forced spirometry and monitoring a quiet breathing with the Electrical Impedance Tomography (EIT) in the pre and 1 day after bariatric surgery. Statistical analysis was performed using SigmaPlot software, and applied the Shapiro-Wilk test for normality, the t test for parametric data and the Mann-Whitney test for nonparametric, was adopted as statistically significant p-value  $< 0.05$ . **RESULTS:** We observed reductions in the total impedance variations ( $\Delta Z$  total) and regional ( $\Delta Z$  left and  $\Delta Z$  lower) of the obese group compared to the eutrophic. Significant reductions were found between the groups for the contribution (%) of right and left ( $p < 0,01$ ) regions. Despite the right region further contribute to ventilation in both groups, it was observed that in obese this contribution is even greater when compared to eutrophic with consequent reduction in the left region contribution for these individuals. **CONCLUSION:** It was observed that the obese women do not show differences in spirometry and RMS compared to eutrophic ones and that the ventilation of obese women is reduced, being the distribution of ventilation more contributed by the right lung, as well as in eutrophic women. It follows that bariatric laparoscopic surgery causes significant reduction in pulmonary function but with maintenance of baseline ventilation and that the distribution of ventilation is greater in the right lung in relation to the left and greater in the posterior region compared to the anterior region preoperatively and postoperatively.

**Keywords:** Obesity. Bariatric surgery. Pulmonary Function. Electrical impedance. Pulmonary volume measurements.

## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

<b>Tabela 1.</b> Características Antropométricas	75
<b>Tabela 2.</b> Dados de Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória	76
<b>Tabela 3.</b> Dados da Ventilação Pulmonar (Tomografia de Impedância Elétrica)	77
<b>Tabela 4.</b> Dados da Distribuição Regional da Ventilação Pulmonar obtidos através Tomografia de Impedância Elétrica	78
<b>Tabela 5.</b> Dados da análise da Homogeneidade/Heterogeneidade da ventilação pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica	81
<b>Tabela 6.</b> Dados referente a análise da sincronia ventilatória entre os Pulmões direito e esquerdo e regiões anterior e posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica	82

### Artigo 2

<b>Tabela 1.</b> Características Antropométricas	70
<b>Tabela 2.</b> Dados de Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória	70
<b>Tabela 3.</b> Dados da Ventilação Pulmonar (Tomografia de Impedância Elétrica)	73
<b>Tabela 4.</b> Dados da Distribuição Regional da Ventilação Pulmonar e Centro da ventilação (CoV) obtidos através Tomografia de Impedância Elétrica	123
<b>Tabela 5.</b> Dados referente a análise da sincronia ventilatória entre os Pulmões direito e esquerdo e regiões anterior e posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica	100

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BGA	Bandagem Gástrica Ajustável
ATS	<i>American Thoracic Society</i>
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CT	Circunferência do Tórax
CP	Circunferência de Pescoço
CC	Circunferência de Cintura
CQ	Circunferência de Quadril
CPT	Capacidade Pulmonar Total
CRF	Capacidade Residual Funcional
CV	Capacidade Vital
CVF	Capacidade Vital Forçada
DPO	Dia de Pós-Operatório
EPAP	<i>Expiratory Positive Airway Pressure</i>
ERS	<i>European Respiratory Society</i>
FEF25-75%	Fluxo Expiratório Forçado em 25-75% da Capacidade Vital Forçada
FR	Frequência Respiratória
GLL	Gastrectomia Lateral Laparoscópica
HC	Hospital das Clínicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de Massa Corpórea
MIEFE	Média de Impedância no Final da Expiração
MIEFI	Media de Impedância no Final da Inspiração
NIH	<i>National Institutes of Health</i>
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PeMax	Pressão Expiratória Máxima

PFE	Pico de Fluxo Expiratório
PiMax	Pressão Inspiratória Máxima
POF	Pesquisa de Orçamento Familiar
PO	Pós-Operatório
RCQ	Relação Cintura Quadril
ROI	Região de Interesse
RYGB	<i>Bypass</i> Gástrico em Y de Roux
SBPT	Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia
SPO <sub>2</sub>	Saturação Periférica de Oxigênio
SPSS	<i>Statistical Program Social Sciences</i>
TC	Tomografia Computadorizada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TIE	Tomografia de Impedância Elétrica
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
VC	Volume Corrente
VEF <sub>1</sub> /CVF	Relação do Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo pela Capacidade Vital Forçada
VEF1	Volume Expiratório Forçado no 1º segundo
VGB	Bandagem Gastroplástica Vertical
VR	Volume Residual
VRE	Volume de Reserva Expiratório
VRE/CPT	Relação Volume de Reserva Expiratório pela Capacidade Pulmonar Total
VRI	Volume de Reserva Inspiratório
VVM	Ventilação Voluntária Máxima
Z	Impedância Elétrica
ΔZ	Varição de Impedância Elétrica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
1 1 REVISÃO DA LITERATURA .....	16
1 1 1 <b>Obesidade</b> .....	19
1 1 2 <b>Obesidade e Sistema Respiratório</b> .....	21
1 1 3 <b>Cirurgia Bariátrica</b> .....	25
1 1 4 <b>Complicações Pulmonares no Pós Operatório</b> .....	28
1 1 5 <b>Instrumentos de Avaliação</b> .....	29
1 1 6 <b>Tomografia de Impedância Elétrica</b> .....	29
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	33
<b>3 HIPÓTESE</b> .....	34
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	35
4 1 OBJETIVO GERAL .....	35
4 2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	35
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	36
5 1 LOCAL E DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	35
5 2 POPULAÇÃO DO ESTUDO .....	36
5 3 CÁLCULO AMOSTRAL .....	37
5 4 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS .....	38
<b>5 4 1 Espirometria</b> .....	<b>38</b>
<b>5 4 2 Manovacuometria</b> .....	<b>39</b>
<b>5 4 3 Tomografia de Impedância Elétrica</b> .....	<b>42</b>
5 5 MEDIDAS DE DESFECHO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	48
5 6 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	50
<b>6 ASPECTOS ÉTICOS</b> .....	<b>51</b>
<b>7 RESULTADOS</b> .....	<b>52</b>
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>53</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>62</b>
APÊNDICE 1 (TCLE)	62
APÊNDICE 2 (ARTIGO 1)	66
APÊNDICE 3 (ARTIGO 2)	93
<b>ANEXOS</b>	<b>118</b>
ANEXO A (PARECER APROVAÇÃO COMITÊ ÉTICA)	118

## 1. INTRODUÇÃO

A obesidade é considerada uma epidemia e afeta mais de 300 milhões de pessoas em todo o mundo. No Brasil, 40% da população está acima do peso e cerca de 10% dos gastos de saúde pública estão relacionados à obesidade. São vários os fatores que interferem na mecânica respiratória do obeso, resultando em hipoventilação pulmonar. O excesso de tecido adiposo promove uma compressão mecânica sobre o diafragma, pulmões e caixa torácica, levando à restrição da mecânica pulmonar, provocando diminuição da complacência do sistema respiratório e aumento do trabalho respiratório, do consumo de oxigênio e do custo energético da respiração. Essa restrição está diretamente relacionada ao IMC.

A gordura armazenada na cavidade abdominal restringe a expansibilidade e reduz os volumes pulmonares. A disfunção diafragmática temporária, por longos períodos em decúbito dorsal horizontal, a dor e o uso de bloqueador neuromuscular também contribuem para redução da capacidade residual funcional, capacidade vital forçada e pressão parcial de oxigênio, devido à hipoventilação, causada pelo aumento da frequência respiratória, pela ausência de suspiros durante a anestesia e período pós-operatório imediato. Até o momento, a cirurgia bariátrica tem se mostrado ser o tratamento mais eficaz, confiável e duradouro, já que proporciona perda de peso e, na maioria dos casos, resolve completamente os problemas de saúde pulmonar nos obesos mórbidos.

Significativos avanços têm sido alcançados no tratamento farmacológico da obesidade mórbida, no entanto, a cirurgia bariátrica é considerada mais eficaz para esses pacientes e é capaz de resolver boa parte das comorbidades causadas pela obesidade. Os critérios estabelecidos para indicação de cirurgia bariátrica são: IMC > 40 kg/m<sup>2</sup> ou com IMC ≥ 35 kg/m<sup>2</sup> quando associado a outras comorbidades. Existem diversas técnicas cirúrgicas: bypass gástrico com Y de Roux, bandagem gástrica vertical, bandagem gástrica ajustável por via laparoscópica e switch duodenal. Comparativamente, a mortalidade é de 0,5% a 1% para as cirurgias abertas versus 0,1% a 0,5% para as cirurgias laparoscópicas, respectivamente.

As cirurgias abdominais realizadas com incisão acima da cicatriz umbilical têm incidência de complicação pulmonar maior que as realizadas com incisões

baixas, apesar da falta de padronização e consistência das definições das afecções consideradas complicações respiratórias. Isso ocorre pela perda da integridade da musculatura abdominal e conseqüente diminuição da força de contração, levando a alterações tóraco-abdominais por dor ou inibição reflexa. A principal redução relatada é a do volume corrente, relacionada a fatores como distúrbios do sono e altos valores de IMC. Uma das complicações mais incidente é a atelectasia, bastante comum e relacionada à presença de apneia obstrutiva do sono, ao tipo de anestesia utilizada e tempo de duração. Outra complicação respiratória comum após cirurgia bariátrica aberta é a pneumonia. Sua frequência é proporcional aos valores de IMC, assim como o risco de embolia pulmonar, que, além da relação com o IMC, também está associada à presença de distúrbio do sono, hipertensão arterial sistêmica e idade avançada.

Neste contexto foi elaborada esta dissertação, a qual faz parte da linha de pesquisa de Instrumentação e Intervenção Fisioterapêutica desenvolvida no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia da UFPE, tendo como resultados os estudos: (i) “Avaliação da função e ventilação pulmonar regional de mulheres obesas mórbidas através tomografia de impedância elétrica” e (ii) “Impacto da cirurgia bariátrica na função e ventilação pulmonar regional de obesos mórbidos avaliados pela tomografia de impedância elétrica”, com o objetivo de avaliar através da Tomografia de Impedância Elétrica, o comportamento da ventilação pulmonar do obeso, sua distribuição regional e heterogeneidade e o impacto da cirurgia bariátrica na fisiologia do sistema respiratório. Torna-se, dessa forma, um dos primeiros trabalhos desenvolvidos em nosso grupo buscando elucidar o comportamento da ventilação pulmonar de obesos, com a finalidade de guiar adequadamente a terapêutica no pré e pós-operatório de cirurgia bariátrica e de melhorar a funcionalidade do sistema respiratório desses pacientes.

Dessa forma, de acordo com as normas vigentes do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Fisioterapia da UFPE para elaboração desta dissertação, o presente exemplar apresenta os resultados obtidos através de dois artigos originais que serão submetidos aos seguintes periódicos:

- (i) “Avaliação da função e ventilação pulmonar regional de mulheres obesas mórbidas através tomografia de impedância elétrica”, será

submetido ao periódico ***Internacional Journal of Obesity*** (Qualis **A1** para área 21 da CAPES com Fator de Impacto: **5.004**) e;

- (ii) “Impacto da cirurgia bariátrica na função e ventilação pulmonar regional de obesos mórbidos avaliados pela tomografia de impedância elétrica”, que será enviado para periódico ***Obesity Surgery*** (Qualis **B1** para área 21 da CAPES com Fator de Impacto: **3.747**).

## 1.1 REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1.1 OBESIDADE

A obesidade é uma doença crônica não transmissível de caráter multifatorial, considerada uma epidemia global, envolvendo questões biológicas, ecológicas, econômicas, sociais, culturais e políticas, enfrentados por países em desenvolvimento ou recentemente industrializados, sendo o quinto principal fator de risco de morte no mundo (OMS, 2015; ABESO, 2010).

Existem mais de 1.6 bilhões de adultos acima do peso no mundo e, desses, 400 milhões são obesos. Estimando-se que atualmente, o número de obesos exceda a 700 milhões, o que caracteriza a obesidade como um problema de saúde pública para o Brasil e o mundo (CHAI et al., 2014).

A prevalência da obesidade duplicou em todo o mundo entre 1980 e 2014. Em 2010, a prevalência de obesidade em mulheres brasileiras foi de 24,5% (Brasil) (OMS, 2010). Colocando o Brasil no 77º lugar no *ranking* mundial de países em casos de obesidade, com frequência de aproximadamente 50% da população acima do peso, sendo desses 14% obesos e 0,64% obesos mórbidos, correspondendo a 609 mil obesos mórbidos no país (WHO, 2014; ABESO, 2010).

Segundo dados do Ministério da Saúde, 2014, 39% dos adultos com 18 anos ou mais (38% de homens e 40% de mulheres) estavam acima do peso, destes cerca de 13% (11% de homens e 15% das mulheres) eram obesos (MS, 2014). Outro dado importante é o número de crianças e adolescentes obesos, em torno de 11% e, destes, 60% a 85% se tornarão adultos obesos (MUST et al., 1992). Sendo considerada no país a terceira doença nutricional, apenas superada pela anemia e desnutrição. O último relatório da Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF para o biênio 2008-2009 (IBGE), a quantidade de pessoas acima do peso triplicou nos últimos 35 anos (ABESO, 2010).

Quanto às diferenças de sexo e idade, pode-se observar que as prevalências de obesidade são semelhantes nos dois sexos até os 40 anos, a partir da qual as mulheres passam a apresentar prevalência duas vezes mais elevadas que os homens (COSTA et al., 2009). No panorama mundial as mulheres representam um

grupo com uma alta prevalência de obesidade e sobrepeso, estima-se que aproximadamente 37,5 % das mulheres sul-americanas adultas apresentem-se obesas (MS, 2014).

É caracterizada pelo acúmulo excessivo de gordura corporal em consequência do balanço energético positivo, acarretando repercussões à saúde, com impacto considerável na qualidade de vida e morbi-mortalidade desses pacientes (COSTA et al., 2009), sendo a taxa de mortalidade 12 vezes maior em indivíduos obesos mórbidos do que em pessoas com peso normal dentro da faixa etária de 25 e 40 anos (ESKINAZIA et al., 2010). Esse excesso de peso promove alterações metabólicas e estruturais que tornam o indivíduo obeso mais susceptível a diversas doenças, alterações metabólicas, afecções pulmonares e apnéia obstrutiva do sono, doenças renais, biliares e certos tipos de neoplasias (MALFORT, et al, 2016). Pode estar interrelacionado direta ou indiretamente com doenças cardiovasculares, diabetes mellitus, dislipidemia, doenças osteomusculares e neoplásicas (CHAI et al., 2014).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) são considerados com peso normal indivíduos com índice de massa corpórea (IMC), que é calculado pela medida da razão do peso pela altura elevado ao quadrado entre 18,5 a 29,4 Kg/m<sup>2</sup>, sobrepesos/pré-obesos com IMC entre 25 a 29,9 Kg/m<sup>2</sup> e obesos acima de 30 Kg/m<sup>2</sup> e classificado em Grau I, IMC de 30 a 34,9 Kg/m<sup>2</sup>; Grau II, IMC entre 35 a 39,9 Kg/m<sup>2</sup> e obesidade Grau III ou mórbida para IMC acima de 40 kg/m<sup>2</sup> (WHO, 2000).

O excesso de gordura corporal também pode ser classificado de acordo com a de distribuição regional da gordura. A obesidade tipo andróide é conhecida como obesidade central, caracterizada pelo acúmulo de gordura na região do tronco, particularmente na região intra abdominal. Em contraste a obesidade tipo ginóide é conhecida com obesidade periférica, sendo caracterizada pelo acúmulo de gordura abaixo da cintura, na região glúteo-femural. Segundo alguns autores a obesidade andróide é mais prejudicial, com maiores riscos a saúde, associada à doenças cardiovasculares e diabetes tipo II (DESPRÉS et al, 1990; WOOD, 1995).

Ainda sobre a classificação da obesidade, a relação cintura quadril (RCQ), representada pelo quociente circunferência da cintura (CC) / circunferência do quadril (CQ), é considerada um referencial para se caracterizar o tipo de obesidade

(andróide ou ginóide), pois permite uma análise da adiposidade regional do segmento superior e inferior. Quando esta relação for maior ou igual a 1, fica caracterizada a obesidade andróide, enquanto valores inferiores caracterizam a obesidade tipo ginóide. (ASHWELL et al, 1985)

## **1.2 OBESIDADE E SISTEMA RESPIRATÓRIO**

Em pessoas obesas, o excesso de gordura na cavidade abdominal e no tórax limitam os dois principais movimentos inspiratórios: contração diafragmática impulsionando o conteúdo abdominal para baixo e para frente, e o aumento do diâmetro torácico por meio da movimentação das costelas, levando ao comprometimento da função pulmonar e de todo sistema respiratório (RASSLAN et al., 2009). Esse mecanismo está prejudicado, pelo excesso de adiposidade torácica e abdominal que dificulta a ação da musculatura respiratória. Ou seja, esse maior depósito de gordura na região abdominal gera maior resistência à contração diafragmática, prejudicando a mecânica ventilatória. (BRAZALLE DJ, PRETTO JJ, SCHACHTER LM, 2015)

O tecido adiposo pode ser considerado um órgão endócrino e parácrino, que produz grande número de citocinas e mediadores bioativos, gerando, em indivíduos obesos, um estado pró-inflamatório, que está associado a alterações no desenvolvimento pulmonar, atopia, hiperresponsividade brônquica e risco aumentado para asma (MARSEGLIA, et al, 2014)

A gordura torácica e abdominal têm efeitos diretos sobre o movimento descendente do diafragma e sobre as propriedades da parede torácica, enquanto a gordura nos quadris e coxas exerce menor efeito mecânico direto nos pulmões. Contudo, a gordura abdominal, medida pela circunferência da cintura e pela relação cintura-quadril, e a gordura torácica ou superior, são associadas a reduções nos volumes pulmonares. (RASSLAN, 2011)

Cullen e Formel, em 1962, descreveram as alterações respiratórias em obesos pela diminuição da elasticidade pulmonar frente a resistência a parede torácica, elevação diafragmática e dificuldade de expansibilidade perante a resistência ao fluxo aéreo e assim a diminuição do volume de reserva expiratório (VRE), chamada de

síndrome restritiva, devida ao acúmulo de gordura ao redor do tórax, reduzindo os volumes e capacidades respiratórias, principalmente VRE, a Capacidade Residual Funcional (CRF) e a Capacidade Pulmonar Total (CPT) (LUCE, 1980; MUSH, SAGNARD, 1997).

As repercussões funcionais respiratórias observadas em obesos, são diretamente proporcionais ao grau de obesidade, entre elas: aumento da resistência das pequenas vias aéreas, elevação da relação entre o volume residual e a capacidade pulmonar total (VR/CPT), redução das complacências pulmonar e torácica, redução da pressão arterial de oxigênio (PaO<sub>2</sub>), aumento da Diferença artério-alveolar de oxigênio (Da-AO<sub>2</sub>), hipoventilação alveolar e distúrbios do sono (MCCLEAN et al., 2008; JUBBER, 2004; VEALE, RABEC, LABAAN, 2008).

Pode ocorrer em obesos, obstrução das vias aéreas superiores devido à deposição de gordura ou à redução do tônus da musculatura faríngea (COLLINS et al, 1995). Outro ponto observado é a adiposidade visceral abdominal, a infiltração gordurosa no diafragma e na pleura e a hipertonia dos músculos do abdômen determinadas pela obesidade. Estas alterações estão associadas ao comprometimento respiratório devido à diminuição do desempenho muscular respiratório e da expansão torácica (LAZARUS et al., 1998; PIPER, GRUSTEIN, 2010; ZERAH, 1993;).

A literatura relata a existência de indivíduos extremamente obesos com espirometria, volumes pulmonares e gasometria normais (COLLINS et al., 1995). Percebendo-se então, que os mecanismos que levam a distúrbios da função pulmonar, em indivíduos obesos, ainda não estão completamente esclarecidos (JONES, NZEKWU, 2006; KESSLER, CHAOUAT, SCHINKEWITCH, 2001).

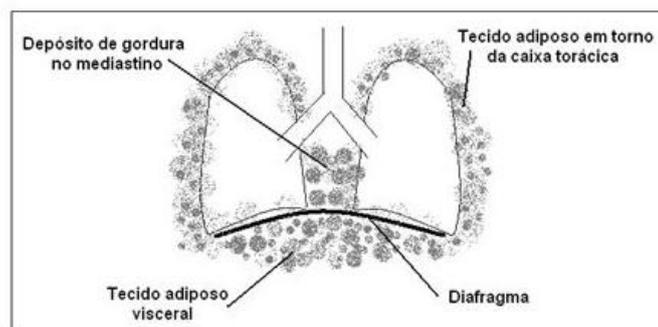


Figura 1. Esquema da localização do tecido adiposo e sua possível influência na expansão dos pulmões em indivíduos obesos

Sendo assim, qualquer condição que limite a expansibilidade torácica, invariavelmente afetará a CRF. Compreende-se CRF como a soma do VR com o VRE. Consequentemente, variações do VR ou do VRE implicam alterações da CRF, como demonstrado por ZERAH et al., JONES E NZEKWU, CEYLAN et al. e GABRIELSEN et al., onde observaram reduções da CRF em obesos. No entanto, Barreto salientou que a redução da CRF, como encontrado na obesidade e na gravidez, deve ser considerada, mas, por si só, não representa doença restritiva.

A redução da CPT dá-se provavelmente também pelo efeito mecânico do tecido adiposo. Uma redução na queda movimento do diafragma, devido ao aumento da massa abdominal, é uma provável causa de redução a CPT, limitando o espaço para o pulmão expandir. Outra explicação é a deposição de gordura no espaço subpleural, que pode reduzir diretamente o volume pulmonar, embora não exista evidência direta de qualquer associação entre a gordura subpleural com gordura corporal e volumes pulmonares. O volume corrente (VC) geralmente encontra-se reduzido na obesidade grave, e a respiração segue um padrão respiratório rápido e superficial. Este padrão respiratório é provável que seja uma resposta ao aumento da rigidez do sistema respiratório (SALOME, CM, KING GG, BEREND N, 2010; PARAMESWARAN K TODD DC, SOTH M, 2006).

Outro ponto a ser considerado nas alterações respiratórias relacionadas à obesidade é sobre a existência de uma heterogeneidade na distribuição da ventilação pulmonar. Estudos fisiológicos usando lavagem de nitrogênio sugerem que a heterogeneidade de ventilação pulmonar do obeso é normal ou próxima do normal, mesmo em obesidade extrema (DEMEDTS M, 1980). A heterogeneidade da distribuição de ventilação, medido pelo índice de depuração pulmonar, é normal nos obesos. No entanto, estudos utilizando técnicas de imagem revelam anormalidades na ventilação regional de alguns indivíduos obesos. (HEDENSTIERNA, SANTESSON J, NORLANDER O, 1976; HOLLEY HS, et al 1967)

Em um indivíduo não obeso na posição vertical, a distribuição da ventilação regional é maior na parte inferior do pulmão (zona dependente) e diminui em direção às zonas superiores. Em indivíduos obesos, esta distribuição pode estar invertida

(DEMEDTS M, 1980; HEDENSTIERNA, SANTESSON J, NORLANDER O, 1976; HOLLEY HS, et al 1967).

Holley et al, 1967. constataram que, em indivíduos obesos com reduções marcadas em VRE, a ventilação foi preferencialmente distribuída para as zonas superiores do pulmão, deixando as zonas dependentes, relativamente hipoventiladas. Demedts, 1980, encontrou que a ventilação regional nas zonas dependentes é reduzida em obesos.

Embora o mecanismo para esta hipoventilação e aprisionamento aéreo nas bases não seja claro, Demedts, 1980, sugere que seja devido a alterações intrínsecas das vias respiratórias que levam a fechar em maior pressão transpulmonar, sugerindo que limitações na parede do tórax e nos movimentos do diafragma alteraram a configuração dos pulmões e aumentam a retenção de ar em regiões dependentes (DEMEDTS M, 1980).

### **1.3 CIRURGIA BARIÁTRICA**

O aumento na prevalência de obesidade fez com que o número de cirurgias bariátricas realizadas pelo Sistema Único de Saúde (SUS) tenha aumentado em 45%, no período entre 2010 e 2013, de 4.489 para 6.4936 , as mulheres são a maior parte dessa estatística (MS, 2014).

O procedimento cirúrgico bariátrico é considerado um método efetivo de tratamento de obesidade refratária a outros tipos de tratamento, medicamentoso e dietético, de acordo com o consenso da conferência de 1996 da *National Institutes of Health (NIH)*, permanece como único tratamento eficiente de obesidade grave que leva à redução do peso a longo prazo. Sobretudo com pacientes nos quais o tratamento clínico em geral, que tem como base a restrição de ingestão de alimentos calóricos, não obteve sucesso (PENTIN, NASHELSKY, 2005), porém tem morbidade significativa, limitações cirúrgicas e está restrito a casos extremos (PRYSTOWSKY, 2002).

Os procedimentos cirúrgicos podem ser via laparotomia ou laparoscopia. A intervenção cirúrgica bariátrica, por via laparoscópica, é de difícil realização em pacientes com mais de 180 kg (BUCHWALD, 2004). Entretanto, o procedimento

laparoscópico parece apresentar melhor evolução clínica pós-operatória quando comparado ao procedimento aberto (NGUYEN et al., 2001; EZRI et al., 2004). Juvin em 1999 comparou o intra e o pós-operatório de gastroplastia convencional e laparoscópica em pacientes obesos e não evidenciou diferença significativa no tempo cirúrgico, porém os tempos de permanência na UTI e no hospital, bem como a necessidade de analgésicos foram maiores na técnica convencional. Além disso, o tempo de aceitação da dieta líquida e a deambulação foram mais precoces com a técnica laparoscópica (PAISANI, CHIAVENGATO, FAREZIN, 2005).

A via laparoscópica é a preferida porque esta associada a menores complicações na ferida operatória, dor, tempo de internação hospitalar e mais rápida recuperação pós-operatória, com a mesma eficácia da laparotomia (GREENWAY FL, 1996; O'BRIEN PE, et al, 2006; AGRISSANI L, LORENZO M, BORELLI V, 2007). Entretanto, a laparoscopia possui maior risco de complicações secundárias a dificuldade de realização da técnica, estenoses de anastomoses e obstrução intestinal pós-operatória (TALIEH J, KIRGAN D, FICHER BL, 1997; SURGEMAN HJ, STARKEY JV, BIRKENHAUER R, 1987)

Não há evidência científica para indicar uma técnica específica à população obesa em geral, devendo a escolha respeitar características do paciente e a experiência do cirurgião (ABESO, 2010).

As técnicas cirúrgicas dividem-se em 3 grandes grupos: cirurgias restritivas, cirurgias disabsortivas e cirurgias mistas.

## **Restritivas**

### **Banda Gástrica Ajustável (BGA)**

Trata-se de técnica ajustável, realizada por via laparoscópica, reversível e que pode apresentar bons resultados quando o paciente é bem selecionado pela equipe multidisciplinar. Nesse procedimento, uma cinta é posicionada em volta do estômago, com uma porção interna de silicone que pode ser ajustada por meio de injeções periódicas de soro fisiológico num portal suturado no subcutâneo, sobre a musculatura abdominal. Apresenta melhor resultado de perda e manutenção de peso que a mudança de estilo de vida isolada e baixa mortalidade (0,1%),

embora a perda de peso seja menor que na derivação gástrica em Y de Roux (DGYR). A perda do excesso de peso é de aproximadamente 50% e tende a ser gradual (BROLIN RE, et al, 2002; DE MARIA EJ, 2007; TATARANNI PA et al, 1996).

#### Balão Intragástrico (BIG)

Trata-se de um procedimento endoscópico, e não de uma cirurgia propriamente dita. Pode ser utilizado como método auxiliar para perda de peso no pré-operatório. Só se pode utilizar o balão por até seis meses e, se houver necessidade de recolocá-lo, deve-se aguardar um intervalo de 30 dias. Apesar de ser um procedimento de baixo risco, em geral cursa com reganho de peso após a retirada (GABRIEL SG, et al, 2005; PORIES WJ et al, 1992).

#### **Mista predominantemente Restritiva**

##### Derivação Gástrica em Y de Roux (DGYR)

É a técnica mais realizada atualmente, caracterizada pela criação de uma pequena câmara ou bolsa gástrica junto à pequena curvatura e pela exclusão do restante do estômago, incluindo todo o fundo e o antro gástrico, o duodeno e a porção inicial do jejuno. Como efeito principal, leva à saciedade mais precocemente, associada a efeitos causados pela reconstrução do trânsito em Y de Roux. O peso final atingido após DGYR é menor que o das técnicas puramente restritivas, sendo a perda do excesso de peso de aproximadamente 70%. Deve-se garantir reposição de complexo vitamínico-mineral e de vitamina B12, bem como monitoramento dos níveis séricos de ferro, cálcio e vitamina D. Há técnicas que utilizam um anel de contenção para reduzir o esvaziamento da pequena câmara gástrica (as mais conhecidas são as de Capella e Fobi) (MAGGARD MA, et al, 2005; BUCHWALD H, et al, 2004).

#### **Mista predominantemente Disabsortiva**

##### Derivação Biliopancreática (DBP) Com Gastrectomia Horizontal - Scopinaro

Neste procedimento, caracterizado por gastrectomia horizontal, exclusão de todo o jejuno e parte do íleo (2,5 m) e criação de uma alça intestinal comum de 50 cm, a perda de peso pós-operatória é secundária principalmente à disabsorção lipídica e calórica. Por isso, essa técnica possui maior incidência de desnutrição e deficiência de vitaminas lipossolúveis. A perda do excesso de peso oscila em torno

de 80% (HIGA KD, BOONE KB, HO T, 2000; ABELL TL, MINOCHA A, 2006; VIRGI A, MURR MM, 2006).

#### Derivação Biliopancreática com Duodenal Switch (DBP/DS)

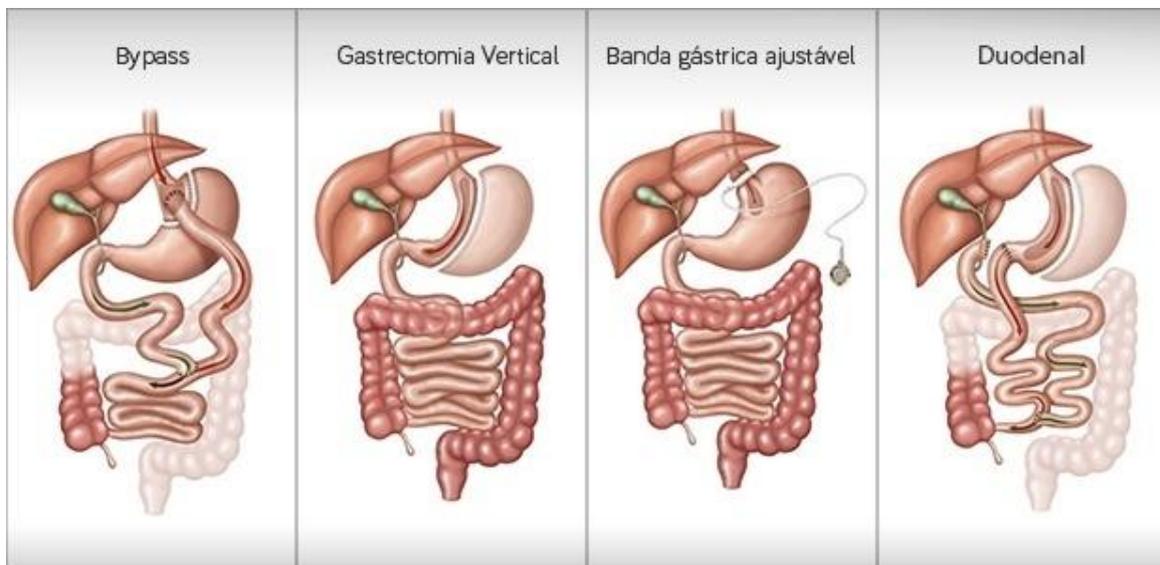
Esta é uma derivação da técnica anterior, em que se realizam gastrectomia vertical subtotal com preservação do piloro e anastomose entre o íleo e a primeira porção do duodeno, a alça intestinal comum é mantida mais longa (75 cm), para minimizar efeitos colaterais decorrentes da disabsorção acelerada. A perda de peso oscila em torno de 75% a 80%, comparável à da DGYR (VAN DE BERGHE G, et al, 2001-2006).

Em 1988 Hess e Marceau introduziram uma técnica chamada de Gastrectomia Lateral Laparoscópica (GLL), futuramente chamada de *Sleeve*, como uma alternativa à pacientes de alto risco que seriam submetidos ao bypass, sendo a primeira etapa do processo de tratamento da obesidade (MARQUEZ et al., 2010; TILL et al., 2008). Desde então a técnica veio ganhando popularidade, com bons resultados evidenciados por vários estudos.

Baltasar et al, em 2002, realizaram a primeira GLL como técnica única no combate à obesidade (FARRELL et al., 2011; MARQUEZ et al., 2010). A técnica do tipo restritiva, produz uma redução do estômago para 60-100 ml, conduzindo a uma eficaz redução de peso, com saciedade precoce e diminuição do apetite, destaca-se pela rapidez e segurança do procedimento, sem a necessidade de nenhuma anastomose, diminuindo taxas de complicações, como fugas e hemorragias (ABU-JAISH, ROSENTHAL, 2010; AKKARY, DUFFY, BELL, 2008; SKREKAS et al., 2008).

Como vantagens são encontradas a preservação da função gástrica, podendo ser realizada na maioria dos obesos e requer um curto tempo de internamento. Não são necessários ajustes como na BGA. Uma vez que não existem sequelas de má absorção pode ser utilizado em pacientes com doença inflamatória do intestino ou no pacientes com anemia crônica. As desvantagens incluem potencial complicações da linha de grampeamento relativamente longa e a irreversibilidade dos resultados (ABESO, 2010).

Devido a baixa complexidade da técnica, as cirurgias duram entre 1 a 2 horas com uma permanência hospitalar de cerca de 3 a 4 dias, conduzindo a uma redução nas complicações e custos associados (RUBIN et al 2008; KOCKERLING, SCHUG-PASS, 2009). Como desvantagem ainda são encontradas a ausência de estudos a longo prazo, guidelines específicos para a GLL e a irreversibilidade do procedimento (SHI et al., 2010; GAGNER et al., 2009; ZIEGLER et al., 2010).



**Figura 2:** Tipos de Cirurgia bariátrica

#### 1.4 COMPLICAÇÕES PULMONARES NO PÓS OPERATÓRIO

A associação entre cirurgias abdominais e a incidência de complicações respiratórias encontra-se bem documentada nas bases de dados (MANZANO et al., 2008; MECHANICK et al., 2009; NETO, THOMSON, CARDOSO, 2005; GASTALDI et al., 2008; OVEREND et al., 2001; WEINDLER, KIEFER, 2001) e suas principais manifestações são: Atelectasia (DUGGAN, KAVANAGH, 2005), pneumonia (PEREIRA et al., 1999), disfunção respiratória (WEINDLER, KIEFER, 2001) e derrame pleural (FISHER, MAJUNDAR, MCALISTAR, 2002). O pós-operatório imediato pode transcorrer com hipoventilação, devido ao efeito residual do anestésico, e a respiração profunda pode ser prejudicada em função da dor na incisão. A taxa de prevalência das complicações respiratórias nas cirurgias do

abdômen superior varia entre 17 e 88% (AROUZULLAH, CONDE, LAWRENCE, 2003).

Um dos mecanismos básicos envolvidos nas alterações respiratórias é a falta de insuflação pulmonar adequada que decorre de um padrão respiratório monótono e superficial (HIGA, BOONE, TIENCHIN, 2000), restrição prolongada no leito e disfunção diafragmática temporária (FORT, ROSENAL, CLERGUE, WHITELOW, 1993). O clearance mucociliar também está comprometido no pós-operatório, contribuindo para a diminuição da eficácia da tosse e aumento dos riscos associados à retenção de secreções (BUCHWALD, 2001). Em função da redução da atividade diafragmática há redução da CRF, dos volumes de reserva inspiratório (VRI) e VRE da capacidade vital (CV) e dos fluxos expiratórios (FORD et al., 1983; EBEO et al., 2002).

## **1.6 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO**

A função pulmonar pode ser avaliada pela determinação dos volumes e capacidades pulmonares, a qual oferece informações para a caracterização do estado fisiopatológico do processo pulmonar-ventilatório. As técnicas mais acuradas para determinar os volumes pulmonares são a espirometria e a pletismografia. A espirometria como um meio de quantificar a função pulmonar no pós-operatório é limitada, uma vez que seus melhores resultados não podem ser alcançados após a cirurgia abdominal, e também não se deve esperar valores elevados, uma vez que os pacientes não são capazes de executar um esforço moderado para atingir a capacidade pulmonar total ou produzir uma expiração forçada máxima, devido a dor e a disfunção muscular respiratória temporária decorrentes do efeito residual de anestésicos e bloqueadores neuromusculares.

### **1.6.1 Tomografia de Impedância Elétrica**

A TIE é uma tecnologia recente aplicada na saúde, que consiste na relação entre o gradiente de tensão gerado em um circuito elétrico e a corrente elétrica resultante neste circuito (VICTORINO et al., 2004). Sendo a impedância, a combinação de resistência e reatância, medida em ohms e é representado pela símbolo **Z**. Reatância é o componente da impedância que não é atribuível à pura resistência; é a soma dos pontos resultantes para a oposição total que um circuito oferece ao fluxo de corrente alternada ou de qualquer outra variável atual para uma determinada frequência. Isso significa que quanto mais resistente, ou menos

condutor um circuito, um material, ou menos um tecido é, maior será o valor de sua impedância.

Deste modo, diante de uma corrente elétrica aplicada de mesma intensidade no tecido biológico, quanto maior a dificuldade, impedância, para a passagem da corrente, maior será o gradiente de tensão gerado. Assim, numericamente a impedância elétrica é a diferença de voltagem entre dois pontos de injeção de corrente, dividido pela intensidade da corrente resultante (TANAKA et al.,2008).

É possível aferir a impedância elétrica de um tecido ou estrutura. Onde pares de eletrodos são distribuídos em linha e em contato com a superfície da pele. Desta forma, uma corrente elétrica de baixa amperagem são direcionadas por meio dos eletrodos, e geram um gradiente de tensão na superfície. Criando um fluxo de elétrons no interior do sistema, a corrente elétrica é transformada em imagem, imagem dinâmica, referente àquela seção transversa. Esta é a base da tomografia de impedância elétrica (TIE). O valor de cada pixel representa alterações percentuais em impedância tecidual local, da referência ao momento atual.

A avaliação do sistema respiratório é facilitada pela grande variação de impedância, gerada pela entrada e saída de ar no parênquima pulmonar (LEONHARDT; LACHMANN, 2012). Normalmente, com uma frequência de 10 KHz, a impedância elétrica da superfície torácica é de 2 a 4  $\Omega$ m, e a do pulmão é em média de 10 $\Omega$ m. Quando o alvéolo é insuflado, existe um estiramento dos septos, tornando-os mais delgados, aumentando a resistência a passagem a corrente elétrica (COSTA E. et al., 2009). Harris et al, Encontraram aumento de mais de 300% na impedância do parênquima (7,2 – 23,6  $\Omega$ m) em indivíduos saudáveis, enquanto que a do tórax permanecia constante.

As propriedades biológicas do tórax tornam a TIE um dispositivo de monitorização por imagem do sistema respiratório interessante, oferecendo informações sobre a ventilação pulmonar regional de modo não invasivo e livre de radiação ionizante (COSTA,E. L et al., 2009).

Para compreensão da imagem obtida, entende-se que com a entrada de ar nos pulmões ocorre um aumento na impeditividade, pela característica do ar como isolante elétrico, o que é traduzido como um sinal positivo, em contrapartida, quando

há saída do ar dos pulmões, ocorre diminuição dessa impeditividade, e um decréscimo desse sinal (TANAKA, GALIZIA, ORTEGA, 2008).

Além da monitorização por imagem de modo dinâmico e online, a TIE gera um sinal gráfico (pletismograma) da variação de impedância ( $\Delta Z$ ) em todos os pixels em uma imagem.

A TIE gera um sinal pletismográfico global contra o tempo a partir da soma ou média dos valores de todos os pixels em uma imagem. Este sinal pletismográfico correlaciona-se linearmente com as mudanças no conteúdo de ar no parênquima vistas pela tomografia computadorizada. (VICTORINO, et al 2004)

Para aquisição de dados, são posicionados eletrodos em uma secção do tórax, onde há emissão de corrente elétrica de baixa amplitude e alta frequência. Em geral pares de eletrodos alternam a função de injetar a corrente elétrica, de modo rotacional, enquanto os demais eletrodos medem o potencial elétrico gerado (COSTA; AMATO, 2013).

As imagens são geradas por um algoritmo de reconstrução, que se baseia em uma matriz derivada de uma imagem tridimensional de elementos finitos do tórax, convertendo os sinais captados em uma imagem referente à ventilação pulmonar da secção transversal (COSTA et al., 2008).

Até momento atual da evolução tecnológica, a TIE não é capaz de gerar uma imagem com detalhamento e visualização das estruturas anatômicas devido a sua baixa resolução espacial. Porém, esta ferramenta possui alta resolução temporal, possibilitando o estudo do comportamento dinâmico da distribuição do ar no pulmões em tempo real e com baixo custo. (LEONHARDT; LACHMANN, 2012; COSTA E L et al., 2009).

Adler et al, 1997) foram os primeiros a estudar a acurácia da TIE nas mudanças de volumes pulmonares. Cães anestesiados tiveram os pulmões insuflados a partir da CRF, de modo incremental, até 1000ml. Foi encontrado um forte coeficiente de correlação na regressão linear entre a variação de impedância e o volume de ar insuflado ( $r^2=0,997$ ).

De forma semelhante, utilizando como referência a lavagem de nitrogênio, Hinz et al, 2003, observaram boa correlação ( $r^2=0,95$ ) entre a mudança do volume

pulmonar ao final da expiração e da impedancia elétrica ao final da expiração, com pressão positiva ao final da expiração (PEEP) de 0, 5, 10 e 15 cmH<sub>2</sub>O.

Estas comparações foram realizadas utilizando a tomografia computadorizada (TC) (FRERICHS et al., 2002). O volume pulmonar foi gradualmente elevado de 200 a 600 ml em etapas de 100 ml em diferentes níveis de PEEP. A correlação entre as alterações na densidade pulmonar e a TIE foi de 0,75 para região ventral e 0,93 para região dorsal.

Outros estudos descrevem resultados semelhantes quanto à acurácia da TIE em identificar alterações volumétricas (VICTORINO et al 2004; GRIVANS et al, 2011; MARQUES et al., 2006), fortalecendo o uso desta ferramenta para estimar as mudanças ventilatórias durante as terapias respiratórias.

A partir deste conceito e da possibilidade de poder selecionar várias regiões de interesse no mesmo pulmão, a TIE pode ser aplicada para avaliar regionalmente os pulmões, por curvas pletismográficas regionais e realizar comparações entre os dois pulmões em um mesmo paciente.

## 2 JUSTIFICATIVA

De acordo com a literatura, existe um comprometimento da função respiratória do obeso. Tais alterações respiratórias são agravadas após a cirurgia abdominal, aumentando o risco de complicações pulmonares, sendo estas as principais causas de morbidade e mortalidade pós-operatória, que afeta 25-50% dos pacientes. Além disso, estas complicações podem levar a um aumento do desconforto do paciente, comprometimento da sua qualidade de vida, a um maior tempo de internação e aumento dos custos com saúde.

O paciente obeso pós cirúrgico necessita de cuidados específicos, principalmente os que envolvem o restabelecimento da função respiratória, para isso é imprescindível uma abordagem multidisciplinar, envolvendo um programa de fisioterapia respiratória, no qual incluam recursos que recuperem e atenuem os prejuízos causados pelo procedimento cirúrgico e anestesia na função respiratória.

Contudo, para uma terapêutica adequada e individualizada, faz-se necessário maior aprofundamento nos conhecimentos da fisiologia respiratória desta população e o uso de recursos tecnológicos não invasivos, que nos proporcionem um entendimento mais amplo a respeito do comportamento do sistema respiratório no indivíduo obeso pré e pós-cirúrgico.

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de aprofundar os conhecimentos sobre a relação da obesidade e o sistema respiratório, além de elucidar o impacto da cirurgia bariátrica no comportamento da função e ventilação pulmonar. Os resultados contribuem para o avanço científico da fisioterapia, promovendo subsídios para guiar uma terapêutica mais segura e precisa no atendimento pré e pós-operatório dessa população, visando proporcionar uma assistência de qualidade, minimizando o surgimento de complicações respiratórias.

## **HIPÓTESES**

I- A ventilação pulmonar encontra-se reduzida em obesos mórbidos quando comparados à eutróficos.

II- A cirurgia bariátrica acarreta prejuízos na função pulmonar, e força muscular respiratória, com diminuição da ventilação pulmonar regional em obesos.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GERAL

- Comparar a função e ventilação pulmonar e força muscular respiratória entre indivíduos eutróficos e obesos pré e pós cirurgia bariátrica.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

#### Estudo I

- Avaliar a ventilação pulmonar, função pulmonar e força muscular respiratória em indivíduos saudáveis e obesos candidatos a cirurgia bariátrica.
  - Ventilação Pulmonar Regional;
  - Distribuição da ventilação regional nas regiões anterior e posterior;
  - Distribuição da ventilação regional nos pulmões direito e esquerdo;
  - Centro de Ventilação (CoV);
  - Homogeneidade da ventilação pulmonar;
  - Sincronia ventilatória;
  - Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1);
  - Capacidade vital forçada (CVF);
  - Pico de fluxo expiratório (PFE);
  - Relação VEF1/ CVF;
  - Fluxo expiratório forçado entre 25% e 75% (FEF25%-75%);
  - Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx);
  - Pressão Expiratória Máxima (PEMáx);

#### Estudo II

- Avaliar o impacto da cirurgia bariátrica sobre as variáveis de ventilação pulmonar, função pulmonar e força muscular respiratória.
  - Ventilação Pulmonar Regional;
  - Distribuição da ventilação regional nas regiões dependentes e não dependentes da gravidade;
  - Distribuição da ventilação regional nos pulmões direito e esquerdo;

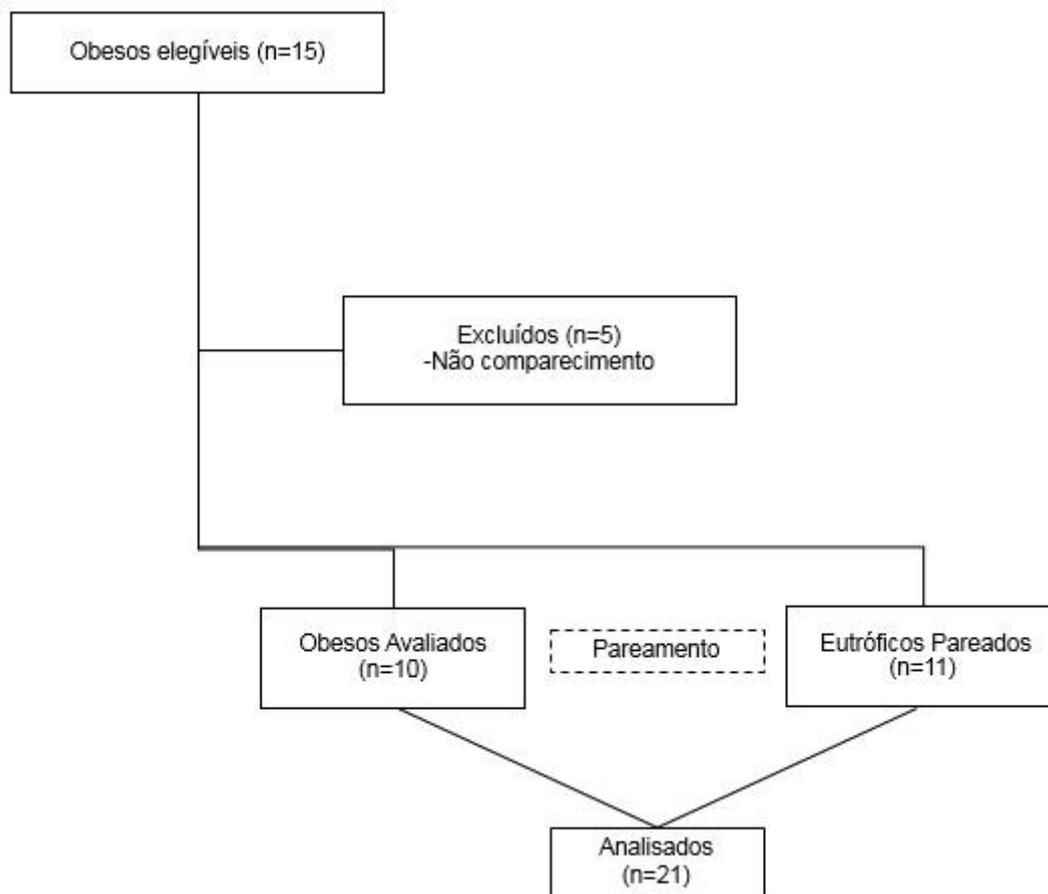
- Centro de Ventilação (CoV);
- Sincronia ventilatória;
- Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1);
- Capacidade vital forçada (CVF);
- Pico de fluxo expiratório (PFE);
- Relação VEF1/ CVF;
- Fluxo expiratório forçado entre 25% e 75% (FEF25%-75%);
- Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx);
- Pressão Expiratória Máxima (PEMáx).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### Local e Delineamento dos Estudos

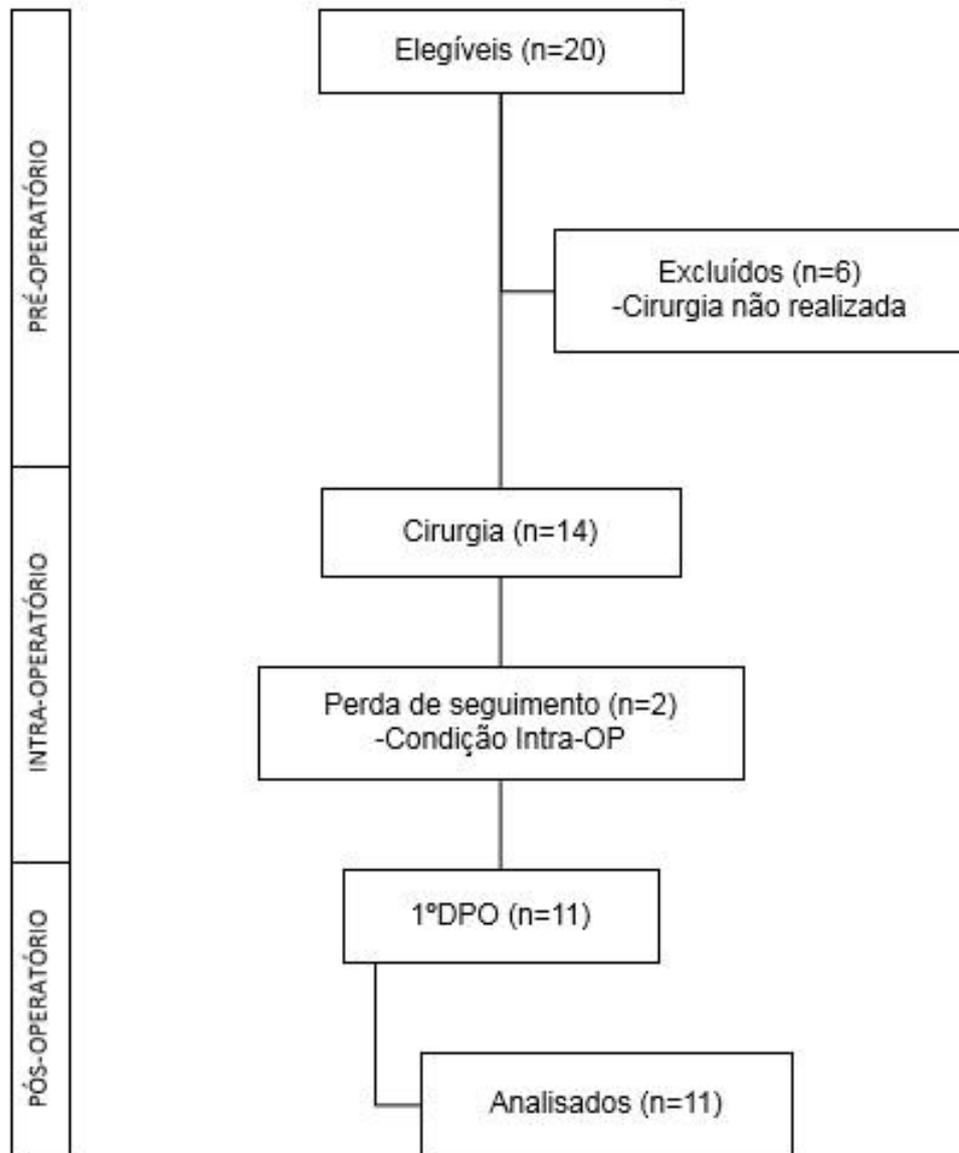
A presente pesquisa foi realizada no Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Pernambuco (HC/UFPE) e no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE, no período de abril de 2015 a abril de 2016, sendo composta por dois estudos:

**Estudo 1:** estudo transversal, que comparou o comportamento da função pulmonar e ventilação pulmonar regional e força muscular respiratória entre obesos candidatos à cirurgia bariátrica e indivíduos eutróficos. Vide Fluxograma (Figura 3)



**Figura 3** - Fluxograma do Estudo 1

**Estudo 2:** estudo quase experimental, que avaliou os efeitos da cirurgia bariátrica videolaparoscópica sobre a função e ventilação pulmonar regional e força muscular respiratória. Vide Fluxograma (Figura 4)



**Figura 4** - Fluxograma do Estudo 2

### 4.3 População / Amostra

A amostra de ambos os estudos foi composta por indivíduos saudáveis com IMC dentro da normalidade e obesos pré e pós-operatório de cirurgia bariátrica, provenientes dos Ambulatório de Obesidade do HC/UFPE.

Foram incluídos indivíduos que se encontravam na fila de espera para realização da cirurgia bariátrica com avaliação da indicação cirúrgica feita pela equipe multiprofissional do Serviço de Cirurgia Bariátrica do HC/UFPE.

Os voluntários candidatos à cirurgia que apresentaram pneumopatias graves; portadores de insuficiência cardíaca congestiva (NYHA classe III ou IV); doença arterial coronariana, foram excluídos.

Quanto aos indivíduos eutróficos, os mesmos foram pareados pela idade e considerados saudáveis, àqueles que não apresentassem comorbidades respiratórias, ou a espirometria com características de padrão respiratório obstrutivo e ou restritivo i.e., volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ) e Capacidade Vital Forçada (CVF) abaixo de 80% do predito e relação  $VEF_1$ /Capacidade vital Forçada  $\leq 0,7$ ; os que apresentassem histórico de cirurgia torácica ou abdominal recente; instabilidade hemodinâmica definida como frequência cardíaca maior que 150 batimentos por minutos, ou pressão sistólica menor que 90 mmHg; foram excluídos do estudo.

#### **4.3.1. Cálculo amostral**

##### **Estudo 1:**

O tamanho amostral foi calculado através de um estudo piloto envolvendo 5 indivíduos em cada grupo, utilizando a diferença de média e desvio padrão da variável  $\Delta Z$  Total do grupo Obesidade ( $13,42 \pm 1,63$ ) e Grupo Saudável ( $21,87 \pm 3,89$ ), o cálculo foi realizado através do software Gpower, com um nível de significância de 95% e um poder de estudo de 95%, obtendo um tamanho da amostra de 8 indivíduos.

##### **Estudo 2:**

O tamanho amostral foi calculado através de um estudo piloto envolvendo 5 indivíduos, utilizando a diferença de média e desvio padrão da variável  $\Delta Z$  Total do pré ( $14,53 \pm 4,75$ ) e pós-operatório ( $8,30 \pm 0,75$ ), o cálculo foi realizado através do software Gpower, com um nível de significância de 95% e um poder de estudo de 95%, obtendo um tamanho da amostra de 9 indivíduos.

#### 4.5 Instrumentos de Avaliação

Os instrumentos de avaliação foram divididos em dois momentos distintos: 1) Avaliação antropométrica e clínica; 2) Avaliação da função pulmonar e 3) Avaliação da ventilação pulmonar através da TIE. No primeiro dia foi sempre realizada avaliação clínica, antropométrica e da função pulmonar.

Inicialmente, em ambos os estudos, os voluntários foram submetidos a uma avaliação clínica que constou de anamnese e avaliação antropométrica: peso corpóreo, altura, circunferência de quadril, circunferência da cintura e pescoço, e logo após foi dado início às avaliações da ventilação, função pulmonar e pressões respiratórias máximas

#### 5.9. PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

Participaram do estudo três pesquisadores independentes, sendo o pesquisador 1 responsável pela etapa de triagem e captação dos pacientes; o pesquisador 2 responsável pela avaliação e realização dos testes de função pulmonar; e o pesquisador 3 responsável pela análise dos dados da tomografia de impedância elétrica e análise estatística.

#### Avaliação da Função Respiratória

A avaliação de função pulmonar constou de espirometria e manovacuometria.

##### 4.7.1 Espirometria

Foi realizada através do espirômetro *Micro Medical Microloop MK8* (Kent, Inglaterra) (Figura 9), no qual foram mensurados: capacidade vital lenta (CVL), capacidade inspiratória (CI), volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), capacidade vital forçada (CVF), pico de fluxo expiratório (PFE) e a relação do volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada ( $VEF_1/CVF$ ). A espirometria foi realizada com os voluntários na posição sentada, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal. Foram realizadas pelo menos três manobras de capacidade vital forçada (CVF) e de capacidade vital lenta (CVL), de acordo com os critérios de reprodutibilidade e aceitabilidade da *American Thoracic Society-ATS* (MILLER et al., 2005) e as diretrizes para teste da função pulmonar (PEREIRA, 2007), em que foi

considerada a variação de 0,2 L entre os testes e a média das três medidas realizadas (MOORE, 2012). Os valores espirométricos foram expressos como média e porcentagem do valor predito normal para a população brasileira. Sendo considerada uma espirometria com características de padrão respiratório obstrutivo e ou restritivo o  $VEF_1$  e a CVF abaixo de 80% do predito e relação  $VEF_1$ /Capacidade vital Forçada  $\leq 0,7$  (DUARTE; PEREIRA; RODRIGUES, 2006).



**Figura 5** - Espirômetro Micromedical Microloop MK8 (Fonte: Acervo do laboratório)

#### 4.7.2 Manovacuometria

Foi utilizado o manovacuômetro digital MV-300 (Globalmed, São Paulo, Brasil) para mensuração da pressão inspiratória ( $PI_{m\acute{a}x}$ ) e expiratória máxima ( $PE_{m\acute{a}x}$ ) (Figura 10). Os voluntários foram posicionados sentados, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal e foram orientados para realizarem a manobra de  $PI_{m\acute{a}x}$  a partir do Volume Residual (VR), realizando uma inspiração máxima e sustentada, e a manobra de  $PE_{m\acute{a}x}$  a partir da Capacidade Pulmonar Total (CPT), realizando uma expiração máxima. Foram realizadas um mínimo 5 manobras para cada medida, com intervalos de um minuto entre elas, com reprodutibilidade de 5-10% entre as manobras (NEDER et al., 1999). Para registro dos dados fora adotada a melhor entre as cinco manobras.

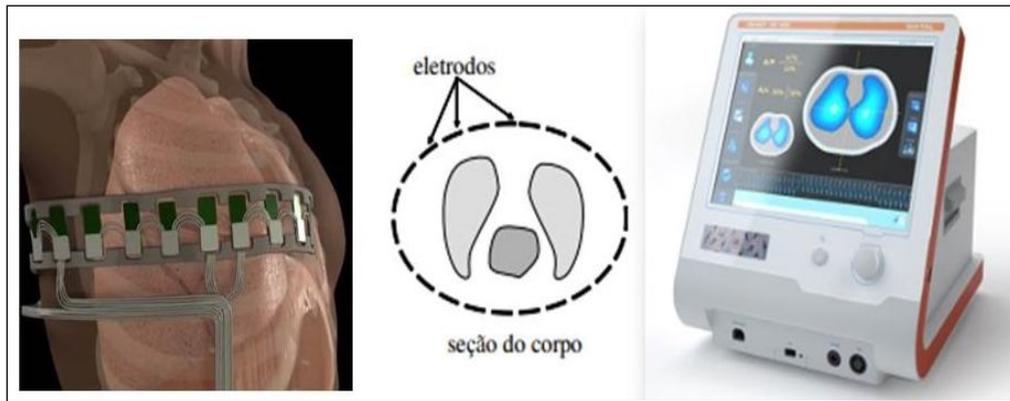


**Figura 6** – Manovacuômetro Globalmed MVD 300 (Fonte: Acervo do laboratório)

### 5.9.2 Tomografia de Impedância Elétrica

A TIE avaliou o comportamento da ventilação pulmonar regional, através da medida da variação de impedância elétrica ( $\Delta Z = \text{impedância inspiratória} - \text{impedância expiratória}$ ), a média de impedância elétrica ao final da expiração (MIEFE), a média de impedância elétrica ao final da inspiração (MIEFI) da distribuição da ventilação pulmonar regional nas regiões dependentes e não dependentes da gravidade, nos pulmões direito e esquerdo.

As imagens da TIE foram adquiridas usando um dispositivo de tomografia de impedância ENLIGHT (Dixtal, Brasil), capaz de produzir 50 imagens por segundo. Será fixado uma cinta com os 32 elétrodos circunferencialmente (igualmente espaçados) em torno do tórax do voluntário. O tamanho da cinta foi determinada pela hemiprimetria do tórax que variou 44 a 61 cm, sendo a cinta P de 44-49 cm, M de 50-55cm e G de 56-61cm, fixada logo abaixo do nível da axila (figura 3). Uma corrente elétrica de 5 mA foi injectada a 125 KHz por meio de um par de elétrodos, que se intercala em um padrão mantendo sempre um eletrodo não injetáveis interposto entre os eletrodos injetáveis (BAYFORD, TIZZARD, 2012).



**Figura 7** – Posicionamento da cinta com 32 eletrodos da tomografia de impedância elétrica ENLIGHTER (Dixtal, Brasil). Fonte: [www.timpel.com.br](http://www.timpel.com.br)

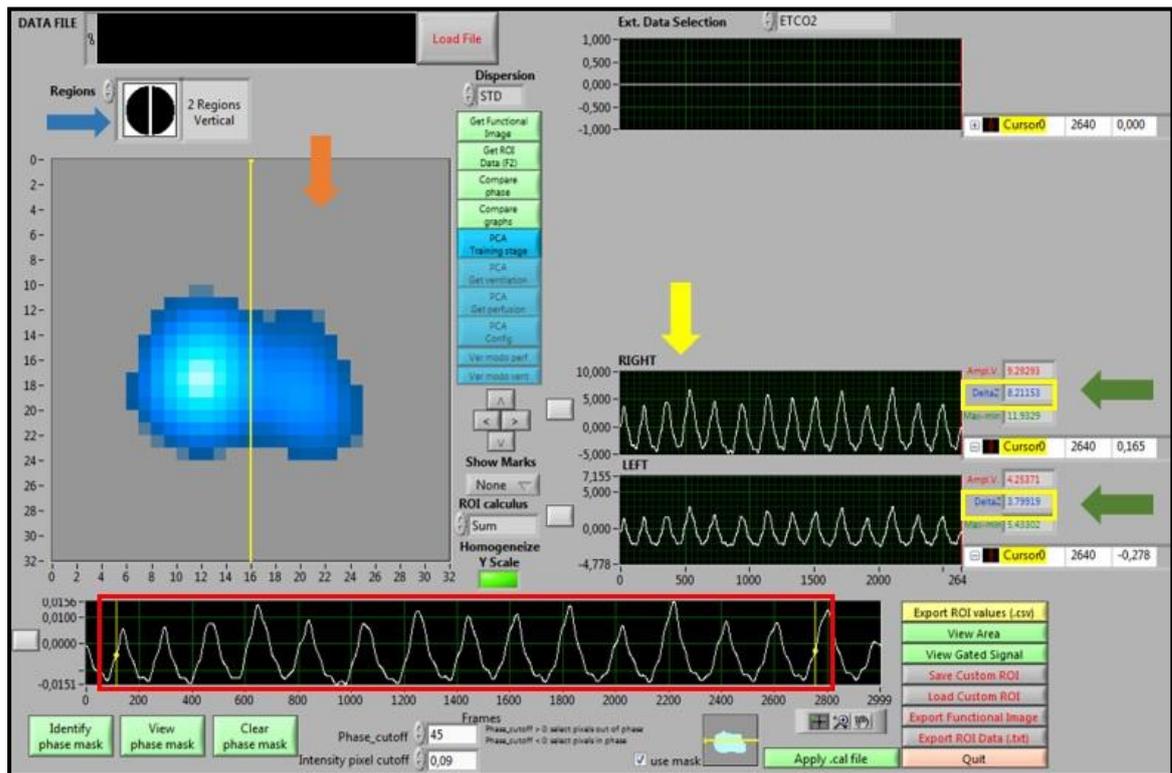
Os pacientes ficaram posicionados em sedestação com 90° flexão de membros inferiores, em uma poltrona com apoio lateral para os braços. Após 5 minutos do posicionamento, também foram avaliadas as seguintes variáveis cardiocirculatórias e respiratórias: pressão arterial sistólica (PAS), pressão arterial diastólica (PAD), frequência cardíaca (FC), frequência respiratória (FR) e a saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>).

### **Análise dos dados da TIE**

O software utilizado para análise das imagens foi o IET Main, versão 8.09, escrito na plataforma *LabView 7.1* (*National Instruments*, Austin, Estados Unidos da América, 2004).

Os voluntários foram submetidos à TIE em posição sentada, com braços apoiados. E era solicitado que realizassem respiração tranquila durante 5 minutos, da forma mais natural, tentando manter a frequência e amplitude dos movimentos respiratórios.

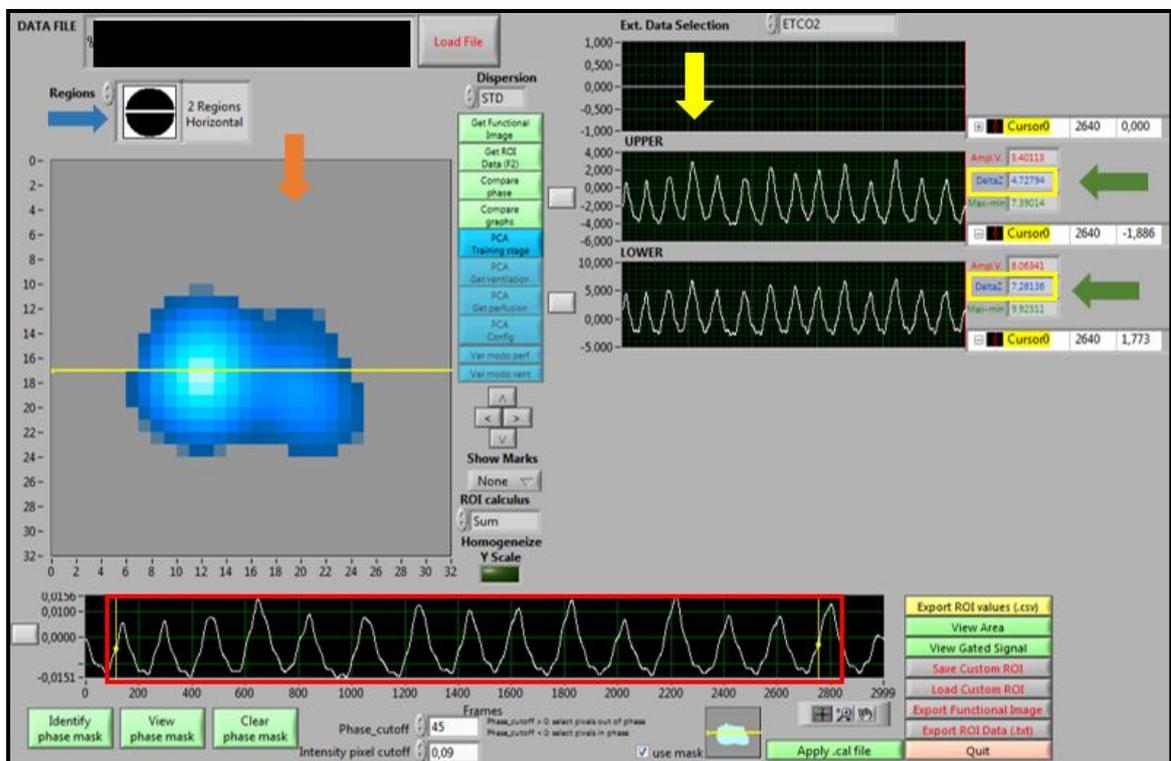
Dos 5 minutos coletados, era avaliado e selecionado um trecho de 3.000 frames, correspondente a um minuto de respiração, mais estável, com uma variação de impedância pequena e sem a presença de artefatos, de acordo com gráfico da pletismografia. Neste trecho selecionado eram escolhidas as regiões de interesse (ROIs) e o programa calculava a variação média de impedância ( $\Delta Z$ ) para cada ROI selecionada. (Figura 8)



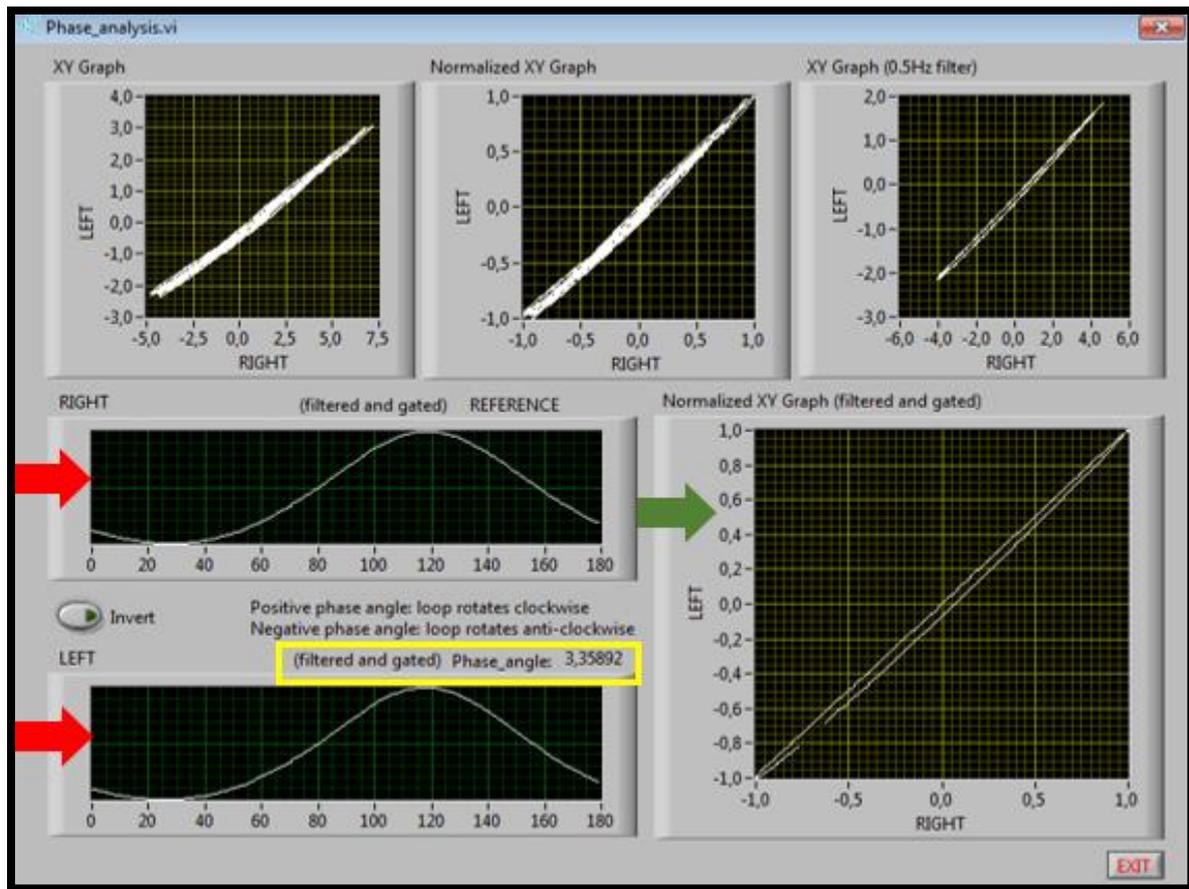
**Figura 8** – Tela do programa de análise da TIE mostrando a escolha do trecho para análise e o cálculo da média da variação de impedância ( $\Delta Z$ ) entre os pulmões direito e esquerdo. O quadrado vermelho sinaliza o trecho escolhido para análise (entre as barras amarelas). No mapa da ventilação (seta laranja) eram selecionadas as regiões de interesse (seta azul – divisão entre pulmão direito e esquerdo como ROI). O programa gerava então as curvas de pletismografia para cada ROI (setas verdes – pulmão direito e esquerdo) e calculava o  $\Delta Z$  (quadrado amarelo).

Para análise das ROI's anterior e posterior eram feitas demarcações em torno do eletrodo 16 no eixo horizontal, considerando toda área acima dele como anterior e abaixo como posterior (Figura 9). Para análise dos pulmões direito e Esquerdo eram feitas demarcações em torno do eletrodo 16 no eixo vertical, considerando toda área à sua direita como Pulmão direito e à esquerda como Pulmão esquerdo (Figura 8). Foram analisadas além da distribuição regional da ventilação, a sincronia

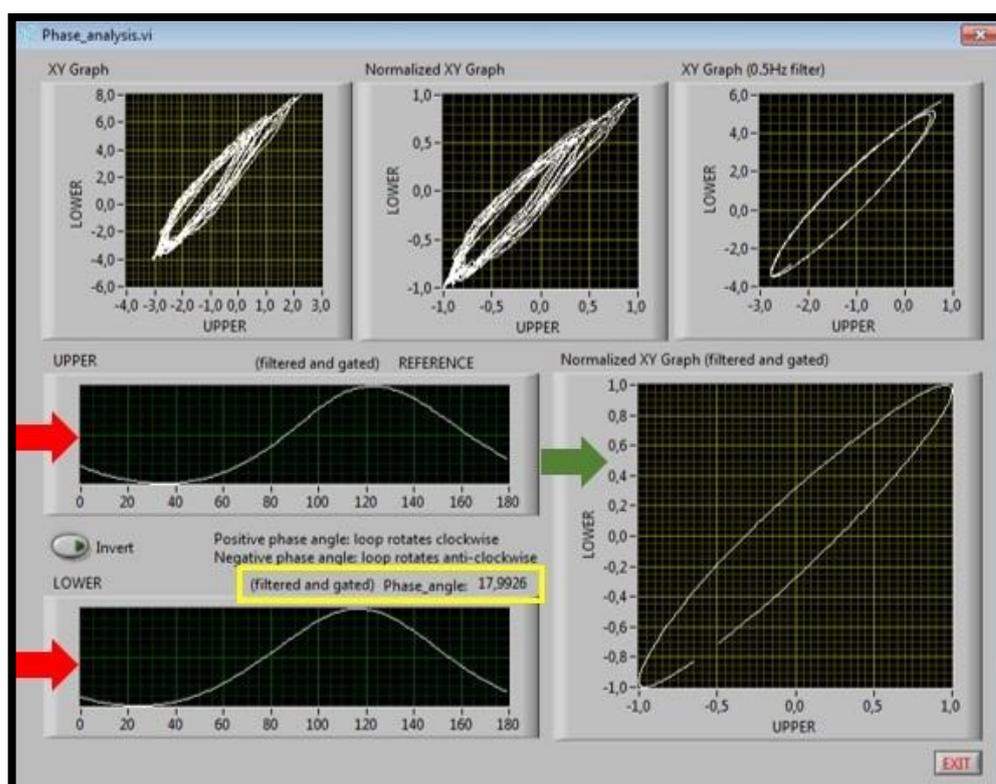
ventilatória entre pulmão direito e esquerdo e entre região anterior e posterior através da medida do ângulo fase (Figuras 10 e 11). Para avaliação da heterogeneidade da ventilação entre pulmão direito e esquerdo foi realizada a análise entre dois pixels de cada pulmão, a seleção dos pixels foi de acordo com a área de maior ventilação no pulmão direito e sua área correspondente no eixo x/y no pulmão esquerdo. (Figura 12). Também foi calculado o Centro da Ventilação (CoV), que demonstra a distribuição da ventilação entre as regiões anterior e posterior (Figura 13).



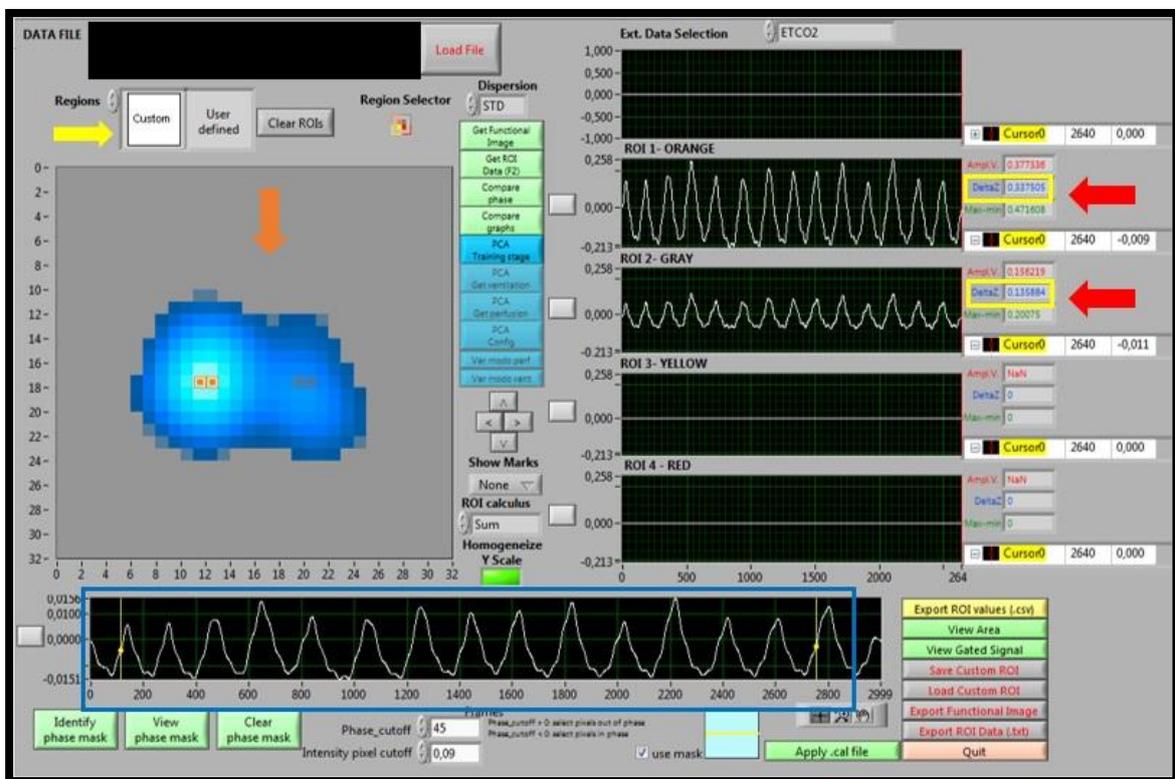
**Figura 9** - Tela do programa de análise da TIE mostrando a escolha do trecho para análise e o cálculo da média da variação de impedância ( $\Delta Z$ ) entre as regiões anterior (upper) e posterior (lower). O quadrado vermelho sinaliza o trecho escolhido para análise (entre as barras amarelas). No mapa da ventilação (seta laranja) eram selecionadas as regiões de interesse (seta azul – divisão entre região anterior e posterior como ROI). O programa gerava então as curvas de pletismografia para cada ROI (setas verdes – região anterior e posterior) e calculava o  $\Delta Z$  (quadrado amarelo).



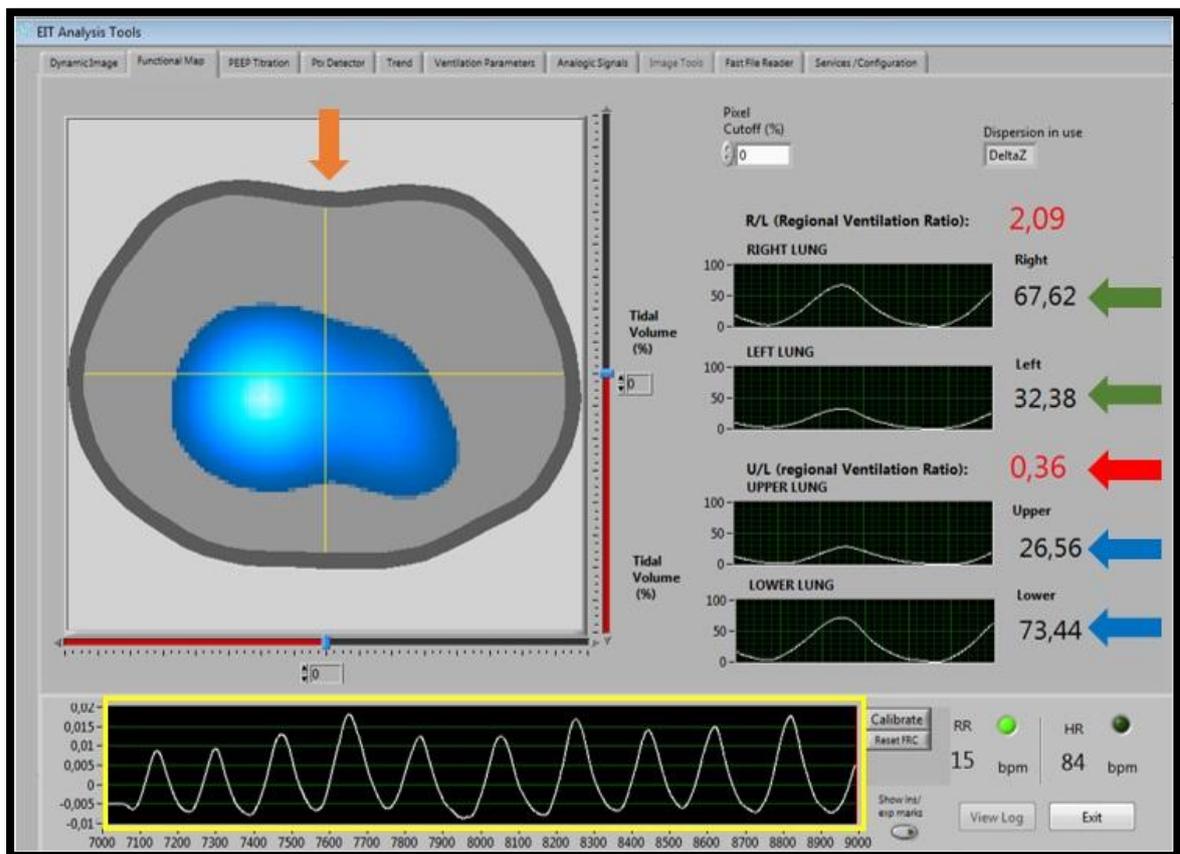
**Figura 10** – Geração do pletismograma das curvas do sinal das ROIs Direito e Esquerdo indicados nas setas vermelhas e cálculo do Ângulo fase (quadrado amarelo). A seta verde mostra a curva padronizada construída com os ROIs direito e esquerdo.



**Figura 11** – Geração do pletismograma das curvas do sinal das ROIs Anterior (upper) e Posterior (lower) indicados nas setas vermelhas e cálculo do Ângulo fase (quadrado amarelo). A seta verde mostra a curva padronizada construída com os ROIs anterior e posterior.



**Figura 12-** Análise da heterogeneidade entre o pulmão direito e esquerdo. Tela extraída do programa da TIE de um indivíduo obeso onde o quadrado azul sinaliza o trecho escolhido para análise (entre as barras amarelas). Foi feita a definição (seta amarela) e seleção da área de maior ventilação (maior  $\Delta Z$ ) correspondente ao ROI laranja e sua área equidistante correspondente ao pulmão contralateral (ROI cinza) dentro do mapa funcional (seta laranja). O programa gerava então as curvas de pletismografia para cada ROI (setas vermelhas – ROI laranja pulmão direito e ROI cinza pulmão esquerdo) e calculava o  $\Delta Z$  (quadrado amarelo).



**Figura 13- Distribuição regional da ventilação.** Tela copiada a partir da ferramenta mapa funcional do programa da TIE. Seta laranja: mapa da ventilação (média da variação de impedância). Quadrado amarelo indica o sinal pletismográfico no conjunto formado pelos dois pulmões. Setas verdes: Indica a contribuição na distribuição da ventilação de cada região. As setas verdes indicam a porcentagem da ventilação referente aos pulmões direito e esquerdo e suas respectivas curvas pletismográficas, as setas azuis indicam a porcentagem da ventilação referente aos regiões anterior e posterior e suas respectivas curvas pletismográficas, e a seta vermelha indica o razão da Região Anterior / Região Posterior.

## 5.11 MEDIDAS DE DESFECHO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

### 5.11.2 Variáveis dependentes

#### 5.11.2.1 Desfechos Primários

- **Ventilação pulmonar regional (Variação regional da impedância –  $\Delta z$ ):** variável quantitativa contínua expressa em unidades de impedância mensurada pela TIE;
- **Capacidade Vital Forçada (CVF):** variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- **Pico de Fluxo Expiratório (PFE),** variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- **Volume Expiratório Forçado no Primeiro segundo (VEF1),** variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) mensurada pela espirometria.
- **Relação VEF1/CVF,** variável quantitativa contínua expressa em mililitros (ml) e em porcentagem (%) mensurada pela espirometria.
- **Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75 % (FEF 25-75%):** variável quantitativa contínua expressa em mililitros por segundo (ml/s) mensurada pela espirometria.
- **Pressão Inspiratória Máxima e Pressão Expiratória Máxima (PiMáx e PeMáx)** variáveis quantitativas contínuas expressas em centímetros de água (cmH<sub>2</sub>O) mensurada pela manovacuometria.

#### 5.11.2.2 Desfechos Secundários

- **Distribuição Regional da Ventilação nos Pulmões Direito e Esquerdo (% Contribuição do Pulmão direito e Esquerdo na Ventilação total):** variável quantitativa contínua expressa em porcentagem de unidades impedância mensurada pela TIE;
- **Distribuição Regional da Ventilação nas regiões Anterior e Posterior (% Contribuição da Região Anterior e Posterior na Ventilação total):** variável quantitativa contínua expressa em porcentagem de unidades impedância mensurada pela TIE;
- **Centro da Ventilação (CoV):** variável quantitativa contínua expressa pela razão entre a variação de impedância da região anterior / variação de impedância total;
- **Ângulo Fase ( $\phi$ ):** variável quantitativa contínua expressa em graus mensurada pela TIE;

#### 5.11.3 Variáveis de controle

- **Sexo:** variável quantitativa discreta: masculino e feminino;
- **Idade:** variável contínua expressa em anos completos;
- **Altura:** variável quantitativa contínua medida em metros (m);
- **Peso predito:** variável quantitativa contínua medida em quilogramas (Kg);
- **Índice de Massa Corpórea (IMC):** variável quantitativa contínua medida em quilogramas por metro quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ );
- **Relação Cintura Quadril (RCQ):** variável quantitativa contínua medida em centímetros (cm);
- **Circunferência de Pescoço (CP):** variável quantitativa contínua medida em centímetros (cm);

## 5.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística foi utilizado o software SigmaPlot® versão 11.0 e o SPSS para Windows, version 20.0 – Statistical Package for the Social Science. Inicialmente as variáveis numéricas foram avaliadas quanto a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e os resultados apresentados de acordo com a normalidade através das médias ou mediana, desvio-padrão ou intervalo interquartil, p valor e Intervalos de Confiança (IC) 95%. Para a comparação entre os grupos **Artigo 1** (Obesas e Eutróficas) foi utilizado o teste *t de student* para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas. Para a comparação entre as fases **Artigo 2** (pré e pós-operatória) foram utilizados os testes t de Student para amostras pareadas ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas. Para análise da correlação foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r^2$ ) e p valor. Onde foi considerada correlação muito alta/forte ( $r^2=0,9 - 1$ ) alta/forte ( $r^2= 0,7 - 0,9$ ) moderada ( $r^2= 0,5 - 0,5$ ) e baixa/fraca ( $r^2= 0,3 - 0,5$ ) (MUKAKA, 2012). Para todos os testes foi considerado como valor de significância  $p < 0,05$ .

### 5.13 ASPECTOS ÉTICOS

Todos os participantes deste estudo e seus responsáveis foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos deste estudo, bem como os possíveis riscos e benefícios, obedecendo a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Este estudo encontra-se aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) sob o CAAE: 38032414.3.0000.5208 e registrado no [www.clinicaltrial.com.br](http://www.clinicaltrial.com.br) sob número NCT02577744.

Os riscos envolvidos na pesquisa foram mínimos uma vez trata-se de método de avaliação não-invasivo e livre de radiação. Os exames da função pulmonar e para avaliação da força respiratória foram realizados antes e depois da cirurgia. Ao realizar estes exames os voluntários poderiam ficar com um pouco de cansaço, mas como houve um intervalo entre as manobras, este risco foi minimizado. Os riscos envolvidos com a participação foram: desconforto na região da face pela pressão causada pela fixação da máscara. Foram obtidos os seguintes benefícios com a pesquisa: avaliação da função pulmonar e do padrão respiratório, auxílio na ampliação dos conhecimentos sobre métodos de avaliação das alterações respiratórias e adequação das técnicas terapêuticas e preventivas a fim de melhorar a qualidade de vida dos que possuem condições clínicas semelhantes, bem como saber se houve algum grau de comprometimento da respiração e essas informações permitirá que seja elaborado um protocolo de tratamento para diminuir tais alterações, melhorando a respiração e acelerando a recuperação no pós operatório, prevenindo as complicações pulmonares; além da sua contribuição para aumento dos conhecimentos sobre sua cirurgia a fim de melhorar a qualidade de sobrevivência de pessoas que realizem a cirurgia.

## **RESULTADOS**

Atendendo às normas vigentes do Programa de Pós-graduação *Strictu Sensu* em Fisioterapia da UFPE para elaboração da dissertação, este estudo resultou na elaboração de dois artigos originais, apresentados no Apêndice B e C, respectivamente:

### **ARTIGO 1**

Avaliação da função e ventilação pulmonar regional de mulheres obesas mórbidas através tomografia de impedância elétrica (Apêndice B).

### **ARTIGO 2**

Impacto da cirurgia bariátrica na função e ventilação pulmonar regional de obesos mórbidos avaliados pela tomografia de impedância elétrica (Apêndice C).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou que indivíduos obesos apresentam espirometria e FMR próximas à de indivíduos eutróficos e que a Ventilação Pulmonar apresenta-se sincrônica entre pulmão direito e esquerdo e entre região anterior e posterior, encontra-se também reduzida e heterogênea entre pulmão direito e esquerdo dos obesos comparado aos eutróficos, sendo a distribuição da ventilação pulmonar semelhante ao indivíduo eutrófico com maior contribuição da região direita em indivíduos obesos. Outro achado é que a cirurgia bariátrica traz prejuízos à função pulmonar e à PIMax, e parece não exercer influência sobre a Ventilação e sincronismo ventilatório e a PEMax de obesos mórbidos, com uma distribuição da ventilação pulmonar semelhante no período pré e pós operatório. Contudo, são necessários mais estudos envolvendo a TIE em indivíduos obesos no cenário cirúrgico, a fim de elucidarmos o comportamento da ventilação pulmonar e distribuição regional nesses indivíduos.

## REFERÊNCIAS

Organização Mundial da Saúde. Obesidade e sobrepeso. Who Global infobase. 2015.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigitel Brasil 2013: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília: Ministério da Saúde; 2014.

WHO. The World Report 2000. Geneva: WHO; 2000.

Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretrizes Brasileiras de Obesidade. 3ª ed.; 2009 / 2010

Eskinazia FMV, Marques APO, Leal MCC et al . Envelhecimento e a Epidemia da Obesidade. UNOPAR. Cient Ciênc Biol Saúde 2011;13(Esp): 295-298.

Costa ACC, Ivo ML, Cantero WB et al . Obesidade em pacientes candidatos a cirurgia bariátrica. Acta Paul Enferm 2009; 22(1):55-59.

Chai NC, Scher AI, Moghekar A, Bond DS, Peterlin BL. Obesity and Headache: Part I – A Systematic Review of the Epidemiology of Obesity and Headache. Headache. 2014; 54(2): 219–34.

Must A, Jacques PF, Dallal GE et al. Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. N Engl J Med, 1992;327:1350-55

Melo LC, Silva MAM, Calles, ACN. Obesidade e função pulmonar: uma revisão sistemática. Einstein. 2014;12:120-25.

Rasslan Z, Stirbulov R, Lima CAC, Saad Júnior. Função pulmonar e obesidade. Rev Bras Clin Med. 2009;7:36-39.

Jubber A.S. Respiratory complications of obesity. Int J Clin Pract. 2004; 58(6):573-580.

Veale D., Rabec C., Labaan J.P. Respiratory Complications of Obesity. Breath. 2008; 4(3):211-222.

McClellan, K.M.; Kee, F.; Young, I.S., et al. Obesity and the lung: Epidemiology. Thorax. 2008; 63:649-654.

Collins L.C., Hoberty P.D., Walker J.F., et al. The effects of body fat distribution on pulmonary function tests. Chest.1995; 107:1298-1302.

Lazarus R., Gore C.J., Booth M., Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilator function in adults. Am J Clin Nutr.1998; 68:35–41.

- Piper A.J., Grunstein R.R. Big breathing: the complex interaction of obesity, hypoventilation, weight loss, and respiratory function. *J Appl Physiol.* 2010;108:199-205.
- Jones R.L., Nzekwu M.M.U. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest.* 2006; 130:827-33.
- Zerah F., Harf A., Perlemuter L., et al. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest.*1993; 103:1470-1476.
- Kessler R., Chaouat A., Schinkewitch P. The obesity hypoventilation syndrome revisited. *Chest.* 2001; 120:369-76.
- Drenick EJ, Bale GS, Seltzer F et al. Excessive mortality and causes of death in morbidly obese men. *JAMA.* 1980;243:443-445.
- Postlethwait RW, Johnson WD. Complications following surgery for duodenal ulcer in obese patients. *Arch Surg,* 1972; 105:438-440.
- Pentin PL, Nashelsky J. What are the indications for bariatric surgery? *J Fam Pract.* 2005;54:633-634.
- Prystowsky JB. Surgical management of obesity. *Semin Gastrointest Dis.* 2002;13:133-142.
- Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E et al. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *JAMA.* 2004;292:1724-1737.
- Nguyen NT, Goldman C, Rosenquist CJ et al. Laparoscopic versus open gastric bypass: a randomized study of outcomes, quality of life, and costs. *Ann Surg.* 2001;234:279-291
- Ezri T, Muzikant G, Medalion B et al. Anesthesia for restrictive bariatric surgery (gastric bypass not included): laparoscopic vs open procedures. *Int J Obes Related Metab Disord.* 2004; 28:1157-1162.
- Provost DA, Jones DB. Minimally invasive surgery for the treatment of severe obesity. *Dallas Med J.* 1999;87:110-113.
- Juvin P, Marmuse JP, Delerme S et al. Postoperative course after conventional or laparoscopic gastroplasty in morbidly obese patients. *Eur J Anaesthesiol.* 1999;16:400-403.
- Paisani DM, Chiavegato LD, Faresin SM. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratória no pós-operatório de gastroplastia. *J Bras Pneumol.* 2005; 31(2): 125-32.
- Manzano RM, Carvalho CRF, Saraiva BM, Joaquim R, Vieira E. Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing

upper abdominal surgery: randomized clinical trial. *Sao Paulo Med J*. 2008;126(5):269-73.

Mechanick JI, Kushner RF, Sugerman HJ et al. American association of clinical endocrinologists, the obesity society, and american society for metabolic & bariatric surgery medical guidelines for clinical practice for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric surgery patient. *Obesity*.2009.17(1).

Neto LJ, Thomson JC, Cardoso JR. Complicações respiratórias no pós-operatório de cirurgias eletivas e de urgência e emergência em um Hospital Universitário. *J Bras Pneumol*. 2005;31(1):41-7.

Gastaldi AC, Magalhães CMB, Baraúna MA, Silva EMC, Souza HCD. Benefícios da cinesioterapia respiratória no pós-operatório de colecistectomia laparoscópica. *Rev Bras Fisioter*. São Carlos. 2008;12(2);100-6.

Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications. *Chest*. 2001;120:971-8.

Weindler J, Kiefer RT. The Efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001;119:1858-64.

Duggan M, Kavanagh BP. Pulmonary atelectasis: a pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology*. 2005;102(4):838-54.

Pereira EDB, Fernandes ALG, da Silva Anção M, de Araújo Pereres CA, Atallah NA, Faresin SM. Prospective assessment of the risk of postoperative pulmonary complications in patients submitted to upper abdominal surgery. *São Paulo Medical Journal*. 1999;4:151-60.

Fischer BW, Majumdar SR, McAlistar FA. Predicting pulmonary complications after nonthoracic surgery: a systematic review of blinded studies. *Am J Med*. 2002;112:219-25.

Arozullah AM, Conde MV, Lawrence VA. Preoperative evaluation for postoperative pulmonary complications. *Med Clinics North Am*. 2003;87:153-73.

Bendixen HH, Smith GM, Mead J. Pattern of ventilation in young adults. *J Appl Physiol*. 1964;19:195-8.

Alexander JI, Spence AA, Parika RK, Stuart B. The role of airway closure in postoperative hypoxaemia. *Br J Anaesth*. 1973;45:34-40.

Ford GT, Rosenal TW, Clergue FC, Whitelaw WA. Respiratory physiology in upper abdominal surgery. *Clin Chest Med*. 1993;14:237-52.

Forbes AR, Horrigan RW. Mucociliary flow in the trachea during anesthesia with enflurane, ether, nitrous oxide and morphine. *Anesthesiology*. 1977;46:319-21.

Ford GT, Whitelaw WA, Rosenal TW, Cruse PJ, Guenter CA. Diaphragm function after upper abdominal surgery in humans. *Am Rev Respir Dis*. 1983;127(4):431-6.

Weindler J, Kiefer RT- The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device-specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001;119:1858-64.

Thomas JA, McIntosh JM. Are incentive spirometry intermittent positive pressure breathing, and deep breathing exercise effective in the prevention of postoperative pulmonary complications after upper abdominal surgery? A systematic overview and meta-analysis. *Phys Ther*. 1994;74:3-10.

Pasquina P, Tramèr MR, Granier JM, Walder B. Respiratory physiotherapy to prevent pulmonary complications after abdominal surgery. A systematic review. *Chest*. 2006;130:1887-99.

Lawrence VA, Cornell JE, Smetana GW. Strategies to reduce postoperative pulmonary complications after noncardiothoracic surgery: systematic review for the American College of Physicians. *Ann Intern Med*. 2006;144:596-608.

Overend TJ, Anderson CM, Lucy SD, Bhatia C, Jonsson BI, Timmermans C. The effect of incentive spirometry on postoperative pulmonary complications: a systematic review. *Chest*. 2001;120(3):971-8.

Marini J.J., Rodriguez R.M., Lamb V.J. Involuntary Breath-Stacking. An alternative method for vital capacity estimation in poorly cooperative subjects. *Am Rev Respir Dis*. 1986;134:694-698.

Freitas FS, Silva LCR, Tavares LD, Barroso EF, Silva MC, Godói RL. Aplicação da Pressão Positiva Expiratória nas Vias Aéreas (EPAP): Existe um Consenso? *Fisioter Mov*. 2009;22(2):281-292.

Baker W.L., Lamb V.J., Marini J.J. Breath-Stacking increases the depth and duration of chest expansion by incentive spirometry. *Am Rev Respir Dis*. 1990;140(2):343-46.

Chiavegato L.D., Jardim JR., Faresin S.M., et al. Alterações funcionais na colecistectomia por via laparoscópica. *J pneumol*. 2000;26(2):69-6.

Paisani D.M., Chiavegato L.D., Faresin S.M. Volumes, capacidades pulmonares e força muscular respiratório no pós-operatório de gastroplastia. *J Bras Pneumol*. 2005; 31(2):125-32.

Lima BV, Vasconcelos EAL, Moraes NHL. Utilização da manobra de empilhamento em pacientes traqueostomizados após aspiração traqueal brônquica. XV Simpósio Internacional de Fisioterapia Respiratória. Porto Alegre (BR), 2010.

- Brito MF, Moreira GA, Pradella-Hallinan M, Tufik S. Empilhamento de ar e compressão torácica aumentam o pico de fluxo da tosse em pacientes com distrofia muscular de duchenne. *J Bras Pneumol.* 2009;35(10):973-9.
- Publio AZ, Tuzi DA, Passoni HC, Rocha SM. Estudo da pressão positiva expiratória e sua eficácia na atelectasia: uma revisão de literatura. *Fisioter Mov.* 2004;17(4):43-50.
- Dias CM, Plácido TR, Ferreira MFB, Guimarães FS, Menezes SLS. Incentive spirometry and breath-stacking: Effects on the inspiratory capacity of individuals submitted to abdominal surgery. *Revista Brasileira de Fisioterapia* 2008; 12: 94–99.
- Strider D, Turner D, Egloff MB, Burns SM, Truwit DJ. Stacked inspiratory spirometry reduces pulmonary shunt in patients after coronary artery bypass. *Chest* 1994; 106: 391–395.
- Sá Feitosa LA, Barbosa PA, Pessoa MF, Rodrigues-Machado MG, Andrade AD. Clinimetric properties of breath-stacking technique for assessment of inspiratory capacity. *Physiother Res Int.* 2012; 17(1):48-54.
- Freitas FS, Silva LCR, Tavares LD, Barroso EF, Silva MC, Godói RL. Aplicação da Pressão Positiva Expiratória nas Vias Aéreas (EPAP): Existe um Consenso? *Fisioter Mov.* 2009;22(2):281-292.
- Falk M, Kelstrup M, Andersen JB, Kinoshita T, Falk P, Stovring S et al. Improving the ketchup bottle method with positive expiratory pressure, PEP in cystic fibrosis. *Eur J Respir Dis.* 1984;65(6):423-32.
- Peruzzi W. The current status of PEEP. *Respir Care.* 1996;41:273-9.
- Joris JL, Sottiaux TM, Chiche JD, Desai CJ, Lamy ML. Effect of bi-level positive airway pressure (BiPAP) nasal ventilation on the postoperative pulmonary restrictive syndrome in obese patients undergoing gastroplasty. *Chest.* 1997; 111:665 -670.
- Neligan PJ, Malhotra G, Fraser M, Williams N et al. Noninvasive Ventilation Immediately After Extubation Improves Lung Function in Morbidly Obese Patients with Obstructive Sleep Apnea Undergoing Laparoscopic Bariatric Surgery. *Anesthesia & Analgesia* 2010;110:1360-5.
- Jensen C, Tegirian T, Lewis C, Yadegar J et al. Postoperative CPAP and BiPAP use can be safely omitted after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass. *Surgery for Obesity and Related Diseases* 2008; 4:512-4.
- Pessoa KC, Araújo GF, Pinheiro AN, Ramos MRS et al. Ventilação não invasiva no pós-operatório imediato de derivação gastrojejunal com bypass em Y de Roux. *Rev Bras Fisioter* 2010;14: 290-5.
- Ebeo CT, Benotti PN, Byrd RA. The effect of bi level positive airway pressure on postoperative pulmonary function following gastric surgery for obesity. *Respir Med.* 2002; 96:672 -676.

Bayford R, Tizzard A. Bioimpedance imaging: an overview of potential clinical applications. *Analyst*. 2012; 137:4635-4643.

Blankman P, Hasan D, Mourik MSV, Gommers D. Ventilation distribution measured with EIT at varying levels of pressure support and Neurally Adjusted Ventilatory Assist in patients with ALI. *Intensive Care Med*. 2013; 39:1057-1062.

Tanaka H; Ortega NRS, Galizia MS. Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. *Clinics*. 2008; v. 63, p. 363-70.

Erlandsson K, Odenstedt H, Lundin S, Stenqvist O. Positive end-expiratory pressure optimization using electric impedance tomography in morbidly obese patients during laparoscopic gastric bypass surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006; 50: 833–9.

American Thoracic Society, European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166, 518-624, 2002.

Diretrizes Brasileiras de Ventilação Mecânica da Associação de Medicina Intensiva Brasileira e Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Versão Eletrônica Oficial. 2013

Marquez, M.F.; Auza, M.F.; Lozano, R.B.; Morales, M; Díez, J.; Poujoulet, R.. Gastric Leak After Laparoscopic sleeve gastrectomy. *Obes Surg* 2010; 20:1306-1311.

Till, K.; Muensterer, O.; Keller, A. et al. Laparoscopic sleeve gastrectomy achieves substantial weight loss in an adolescent girl with morbid obesity. *Eur J Pediatr Surg* 2008; 18(1): 47-9.

Abu-Jaish, W.; Rosenthal, R. Sleeve gastrectomy: a new surgical approach for morbid obesity. *Expert rev. Gastroenterol. Hepatol*. 2010; 4(1), 101-119.

Shi, X.; Karmali, S.; Sharma, A. Riche, D. A Review of laparoscopic Sleeve Gastrectomy for Morbid Obesity. *Obes Surg* 2010; 20:1171-1177.

Kockerling, F.; Schug-Pass, C. Gastroscopically controlled Laparoscopic sleeve gastrectomy. *Obes Facts* 2009; 2 Suppl 1:15-8.

Akkary, E.; Duffy, A.; Bell, R. Deciphering the sleeve: Technique, Indications, Efficacy, and Safety of Sleeve Gastrectomy. *Obes Surg* 2008; 18:1323-1329.

Skrekas, G.; Lapatsanis, D.; Stafyla, V.; Papalambros, A. One Year After Laparoscopic Tight Sleeve Gastrectomy: Technique and Outcome. *Obes Surg* 2008; 18:810-813.

Rubin, M.; Yehoshua, R.; Stein, M. et al. Laparoscopic Sleeve Gastrectomy with Minimal Morbidity Early Results in 120 Morbidly Obese Patients. *Obes Surg* 2008; 18:1567-1570.

Gagner, M.; Deitel, M.; Kalberer, T.; Erickson, A.; Crosby, R. The Second International Consensus Summit for Sleeve Gastrectomy. *Surg Obes Relat Dis*. 2009;5 476-485.

Arias, E.; Martinez, P.; LI, V.; Szomstein, S; Rosenthal, R. Mid-term Follow-up after Sleeve Gastrectomy as a Final Approach for Morbid Obesity. *Obes Surg* 2009; 19:544-548.

Zerah F, Harf A, Perlemuter L, Lorino H, Lorino AM, Atlan G. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest*. 1993;103(5):1470-6.

Jones RL, Nzekwu MU. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest*. 2006;130(3):827-33.

Ceylan E, Cömlekiçi A, Akkoçlu A, Ceylan C, İtil O, Ergör G, et al. The effects of body fat distribution on pulmonary function tests in overweight and obese. *South Med J*. 2009;102(1):30-5.

Gabrielsen AM, Lund MB, Kongerund J, Viken KE, Roislien J, Hjelmessaeth J. The relationship between anthropometric measures, blood gases, and lung function in morbidly obese white subjects. *Obes Surg*. 2011;21(4):485-91.

Barreto SS. Volumes pulmonares. *J Pneumol*. 2008;28(supl.3):S83-S94.

Greenway FL. Surgery for obesity. *Endocrinol Metab Clin North Am* 1996;25:1005-27.

O'Brien PE, Dixon JB, Laurie C, et al. Treatment of mild to moderate obesity with laparoscopic adjustable gastric banding or an intensive medical program: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2006;144:625-33.

Angrisani L, Lorenzo M, Borelli V. Laparoscopic adjustable gastric banding versus Roux-en-Y gastric bypass: 5-year results of a prospective randomized trial (with discussion). *Surg Obes Relat Dis* 2007;3:127-33.

Talieh J, Kirgan D, Ficher BL. Gastric bypass form morbid obesity: a standard surgical technique by consensus. *Obes Surg* 1997;1:517-26.

Surgeman HJ, Starkey JV, Birkenhauer R. A randomized prospective trial of gastric bypass versus vertical banded gastroplasty for morbid obesity and their effects on sweets versus non-sweets eaters. *Ann Surg* 1987;205:613-24.

Brolin RE, LaMarca LD, Kenler HA, Cody RP. Malabsortive gastric bypass in patients with superobesity. *J Gastrointest Surg* 2002;6:195-203.

Tataranni PA, Mingrone G, Raguso CA, et al. Twenty-four-hour energy and nutrient balance in weight stable postobese patients after biliopancreatic diversion. *Nutrition* 1996;12:239-44.

De Maria EJ. Bariatric surgery for morbid obesity. *N Engl J Med* 2007;356(21):2176-83.

Gabriel SG, Karaindros CA, Papaioannou MA, et al. Biliopancreatic diversion with duodenal switch combined with laparoscopic adjustable gastric banding. *Obes Surg* 2005;15:517-22.

Pories WJ, MacDonald Jr KG, Morgan EJ, et al. Surgical treatment of obesity and its effects on diabetes: 10-year follow-up. *Am J Clin Nutr* 1992;55(suppl 2):582S-585S

Maggard MA, Shugarman LR, Suttorp M, et al. Meta-analysis: surgical treatment of obesity. *Ann Intern Med*. 2005;142:547-59.

Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, et al. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis (published corrections appears in JAMA 2005;293:1728). JAMA 2004;292:1724-37

Higa KD, Boone KB, Ho T. Complications of the laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: 1,040 patients - What have we learned? *Obes Surg* 2000;10:509-13.

Abell TL, Minocha A. Gastrointestinal complications of bariatric surgery: diagnosis and therapy. *Am J Med Sci.* 2006;331(4):214-8.

Virji A, Murr MM. Caring for patients after bariatric surgery. *Am Fam Physician* 2006; 73(8):1403-8.

van de Berghe G, Wouters P, Weekers F, et al. Intensive insulin therapy in critical ill patients. *N Engl J Med* 2001;345:1359-67.

van de Berghe G, Wilmer A, Hermans G, et al. Intensive insulin therapy in the medical ICU. *N Engl J Med* 2006;354:449-61.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PERNAMBUCO

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa **“EFEITO AGUDO DA EPAP E VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA SOBRE A FUNÇÃO PULMONAR E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE PACIENTES SUBMETIDOS A CIRURGIA BARIÁTRICA AVALIADOS PELA ESPIROMETRIA E TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA: UM ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO”** que é de responsabilidade do pesquisador: Sóstynis José de Albuquerque Silva. Endereço profissional: Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 – Cidade Universitária – Recife-PE. Email: [sostynis@bol.com.br](mailto:sostynis@bol.com.br), Fone: (81) 2126-8496 (81) 999750784 – inclusive ligações à cobrar. Esta pesquisa está sob a orientação da Profa. Armele Dornelas de Andrade – e-mail: [armedornelas@hotmail.com](mailto:armedornelas@hotmail.com).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que o/a senhor/a não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que o/a senhor/a esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, caso aceite em fazer parte do estudo, rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o (a) Sr. (a) não será penalizado (a) de forma alguma. Também garantimos que o (a) Senhor (a) tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade.

Essa pesquisa procura comparar os efeitos da aplicação das técnicas de EPAP e VNI sobre a ventilação pulmonar e mecânica respiratória em pacientes

submetidos à cirurgia bariátrica videolaparoscópica. Caso decida aceitar o convite, você poderá ser selecionado de acordo com um sorteio computadorizado para ser submetido(a) ao(s) seguinte(s) procedimentos: técnicas de expansão pulmonar, a saber, EPAP e Ventilação Não Invasiva; Avaliação pela Tomografia de Impedância Elétrica, Avaliação da Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória. Os riscos envolvidos com sua participação são mínimos e o senhor(a) estará sempre acompanhada de um médico familiarizado com as técnicas a serem utilizadas o que poderá reduzir eventuais desconfortos. A chamada tomografia de impedância elétrica trata-se de um exame indolor, onde será colocada uma cinta na região do seu peitoral de forma confortável. O risco deste exame é mínimo uma vez trata-se de método não-invasivo e livre de radiação. Os exames da função pulmonar e para avaliação da força respiratória será realizado antes e depois da cirurgia. Para realização destes exames que também serão feitos de forma não-invasiva, será colocado um bocal na sua boca e solicitado ao senhor(a) que respire profundamente neste bocal que está acoplado a um aparelho para registrar como o ar está entrando e saindo dos seus pulmões. Ao realizar estes exames o senhor poderá ficar com um pouco de cansaço, mas como haverá um intervalado entre as manobras, este risco será minimizado. Os riscos envolvidos com sua participação são: desconforto na região da face pela pressão causada pela fixação da máscara para a realização das técnicas e a possibilidade da existência de efeitos relacionados a variáveis hemodinâmicas do sistema cardiocirculatório e respiratório, que serão minimizados através das seguintes providências: participação de equipe qualificada, adequação da máscara à face do paciente, e caso for necessário, interrupção ou suspensão do procedimento. Além disso, o senhor estará sendo acompanhado por um médico experiente e especializado nesta área.

Você terá os seguintes benefícios ao participar da pesquisa: melhora das trocas gasosas e do padrão respiratório, podendo se tornar menos superficial após a realização das técnicas de expansão pulmonar, auxílio na ampliação do conhecimento sobre métodos de avaliação das alterações respiratórias e adequação das técnicas terapêuticas e preventivas a fim de melhorar a qualidade de vida dos que possuem condições clínicas semelhante, bem como saber se houve algum grau de comprometimento da sua respiração e essas informações permitirá que seja elaborado um protocolo de tratamento para diminuir tais alterações, melhorando sua

respiração e acelerando a recuperação no pós operatório, prevenindo as complicações pulmonares; além da sua contribuição para aumento dos conhecimentos sobre sua cirurgia a fim de melhorar a qualidade de sobrevivência de pessoas que realizem a mesma cirurgia.

As informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados coletados estarão serão arquivados em papel e meio digital (computador pessoal) após 5 anos de realização da pesquisa e ficarão sob a responsabilidade da orientadora, **no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal do Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rêgo, 1235 – Cidade Universitária – Recife-PE ou pelo telefone (81) 2126-8496 e (81) 999750784 (inclusive ligações à cobrar).**

Dúvidas a respeito da ética dessa pesquisa poderão ser questionadas ao Comitê de Ética em Pesquisa (Av. da Engenharia s/n – 1º Andar, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600 ou pelo telefone (81) 2126-8588.

Sóstynis José de Albuquerque Silva

---

**Pesquisador responsável**

Assinatura

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu,....., abaixo assinado, tendo recebido todos os esclarecimentos acima citados, e ciente dos meus direitos, declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa, como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa **“EFEITO AGUDO DA EPAP E VENTILAÇÃO NÃO INVASIVA SOBRE A FUNÇÃO PULMONAR E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE PACIENTES SUBMETIDOS A CIRURGIA BARIÁTRICA AVALIADOS PELA ESPIROMETRIA E TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA: UM ENSAIO CLÍNICO CONTROLADO RANDOMIZADO”**, bem como

autorizo toda documentação necessária, a divulgação e a publicação em periódicos, revistas bem como apresentação em congressos, workshop e quaisquer eventos de caráter científico.

Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de meu acompanhamento/assistência/tratamento).

Recife, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

---

**Participante da Pesquisa**

Assinatura

---

---

**Testemunha 1**

Assinatura

---

---

**Testemunha 2**

Assinatura

## **Apêndice B: Artigo 1**

### **AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE OBESAS MÓRBIDAS ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

Albuquerque S<sup>1</sup>, Brandão DC<sup>1</sup>, Gonçalves ACE<sup>2</sup>, Couto A<sup>1</sup>, Morais CCA<sup>1</sup>,  
Rattes C<sup>1</sup>, Campos SL<sup>1</sup>, Dornelas de Andrade A<sup>1</sup>

1 Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Fisioterapia –  
Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar – Recife - Brasil

2 Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho– Campus de Botucatu  
– Departamento de Anestesiologia – São Paulo - Brasil

Correspondência do Autor:

Armèle Dornelas de Andrade

[armeledornelas@yahoo.com](mailto:armeledornelas@yahoo.com)

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n. Cidade Universitária

CEP: 50740-560 – Recife – PE (BRA)

Fonte de Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e  
Tecnológico – CNPq (PVE-400801/2013-2) e Fundação de Amparo à Ciência e  
Tecnologia – FACEPE (APQ- 0234-4.08/13)

**Artigo Original**

## AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE OBESAS MÓRBIDAS ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

SÓSTYNIS ALBUQUERQUE<sup>1</sup>, DANIELA CUNHA BRANDÃO<sup>1</sup>, ANTONIO CHRISTIAN EVANGELISTA GONÇALVES<sup>2</sup>, AMANDA COUTO<sup>1</sup>, CAIO MORAIS<sup>1</sup>, CATARINA RATTES<sup>1</sup>, SHIRLEY CAMPOS<sup>1</sup>, ARMELE DORNELAS DE ANDRADE<sup>1</sup>

1 Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Fisioterapia – Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar – Recife - Brasil

2 Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho– Campus de Botucatu – Departamento de Anestesiologia – São Paulo - Brasil

Correspondência do Autor:

Armèle Dornelas de Andrade

[armeledornelas@yahoo.com](mailto:armeledornelas@yahoo.com)

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n. Cidade Universitária

CEP: 50740-560 – Recife – PE (BRA)

**Palavras chaves:** Obesidade; Função pulmonar, Impedância elétrica; Medidas de volume pulmonar

## Resumo

**Introdução:** O excesso de adiposidade torácica e abdominal em obesos pode levar a alterações na mecânica do sistema respiratório. Dentre elas: reduções dos volumes e capacidades pulmonares, aumento da resistência das pequenas vias aéreas, redução das complacências pulmonar e torácica, redução da pressão arterial de oxigênio, aumento da diferença artério-alveolar de oxigênio, hipoventilação alveolar e distúrbios do sono. Desta forma, o estudo teve como objetivo comparar a função e ventilação pulmonar regional de mulheres obesas com indivíduos eutróficos através da espirometria e tomografia de impedância elétrica. **Métodos:** Trata-se de um estudo transversal em que foram incluídas 10 obesas mórbidas ( $\text{IMC} \geq 40 \text{ kg/m}^2$ ) e 11 mulheres eutróficas ( $\text{IMC}$  entre  $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$ ) pareados pela idade. A ventilação pulmonar foi avaliada através da monitorização de uma respiração tranquila com a tomografia de impedância elétrica, além de testes de função pulmonar e avaliação da Força muscular respiratória (FMR). **Resultados:** Foram observadas reduções na ventilação pulmonar total e regional de obesas mórbidas, e uma maior contribuição da região direita comparado com a esquerda de obesas em relação às eutróficas. Não foram encontradas diferenças na porcentagem de distribuição em relação à região Anterior x Posterior, nas variáveis espirométricas (VEF1, CVF, PFE, VEF1/CVF, FEF 25-75%) e de Força muscular respiratória (PiMax e PeMax). **Conclusão:** Foi observado que as obesas não apresentam diferenças na espirometria e FMR comparado às eutróficas e que a ventilação pulmonar das obesas é reduzida, sendo a distribuição do ventilação com maior contribuição do pulmão direito, assim como nas eutróficas.

**Palavras chaves:** Obesidade; Função pulmonar, Impedância elétrica; Medidas de volume pulmonar

## Introdução

O excesso de gordura abdominal e torácica em pacientes obesos pode levar a limitações dos dois principais movimentos inspiratórios: contração diafragmática e movimentação das costelas, o que pode atuar como um componente restritivo reduzindo os volumes e capacidades pulmonares, levando ao comprometimento da função pulmonar e de todo sistema respiratório (RASSLAN et al., 2009; MELO LC, SILVA MAM, CALLES ACN, 2014).

As repercussões funcionais respiratórias (JUBER, 2004; VEALE, RABEC, LABAAN, 2008) observadas em obesos, são diretamente proporcionais ao grau de obesidade, entre elas: redução do VRE, aumento da resistência das pequenas vias aéreas, elevação da relação entre o volume residual e a capacidade pulmonar total (VR/CPT), redução das complacências pulmonar e torácica, redução da pressão arterial de oxigênio, aumento da diferença artério-alveolar de oxigênio, hipoventilação alveolar e distúrbios do sono (MCCLEAN et al., 2008). Também pode ser observado nestes indivíduos a presença de obstrução das vias aéreas superiores devido à deposição de gordura ou à redução do tônus da musculatura faríngea (COLLINS et al, 1995).

Além disso, a presença da adiposidade visceral abdominal leva à infiltração gordurosa no diafragma e pleura bem como a hipertonia dos músculos do abdômen. A associação destes fatores contribuem com a diminuição do desempenho muscular respiratório e da expansão torácica (LAZARUS et al., 1998; PIPER, GRUSTEIN, 2010; ZERAH, 1993).

Entretanto, apesar das adaptações anatomo-fisiológicas decorrentes da obesidade, a literatura é controversa a respeito das repercussões clínicas, principalmente na função pulmonar nesta população. (COLLINS et al., 1995). Diante disso, tem-se estudado nos últimos anos, o papel da adiposidade sobre a função respiratória; percebendo-se então, que os mecanismos que levam a distúrbios da função pulmonar ainda não estão completamente esclarecidos, não havendo consenso quanto aos mecanismos fisiológicos que levam às alterações respiratórias (JONES, NZEKWU, 2006; KESSLER, CHAOUAT, SCHINKEWITCH, 2001).

O presente estudo teve como objetivo comparar a função e ventilação pulmonar de indivíduos obesos com eutróficos através da espirometria e tomografia de impedância elétrica.

## **Materiais e Métodos**

### **Desenho do Estudo e Participantes**

Trata-se de um estudo do tipo transversal envolvendo mulheres obesas e eutróficas. Os participantes foram selecionados por conveniência no Ambulatório de Obesidade do Hospital das Clínicas-Recife PE, no período de Abril/2015 a Março/2016. O presente estudo atendeu aos termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução nº 466/12) para pesquisa com seres humanos e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da UFPE sob o protocolo CAAE 38032414.3.0000.5208, e registrado no *clinicaltrial.gov* sob número NCT0257774. Todas as voluntárias foram devidamente informadas sobre os objetivos, os métodos, os riscos e os benefícios do estudo e participaram voluntariamente de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O tamanho amostral foi calculado através de um estudo piloto envolvendo 5 indivíduos em cada grupo, utilizando a diferença de média e desvio padrão da variável de Variação de Impedância Total ( $\Delta Z$  Total) do grupo Obesidade ( $13,42 \pm 1,63$ ) e Grupo Saudável ( $21,87 \pm 3,89$ ), o cálculo foi realizado através do software Gpower (FAUL et al, 2007), com um nível de significância de 95% e um poder de estudo de 95%, sendo necessários 8 indivíduos obesos e 8 indivíduos eutróficos, entretanto, contando com possíveis perdas de seguimento da amostra, optamos em aumentar a amostra para 10 obesos e 11 eutróficos.

### **Critérios de inclusão e Exclusão**

Foram incluídas mulheres com obesidade mórbida ( $IMC \geq 40 \text{ kg/m}^2$ ) candidatas à cirurgia bariátrica do Ambulatório de Obesidade do HC/UFPE. Foram excluídas as voluntárias super obesas ( $IMC < 50 \text{ kg/m}^2$ ), portadores de pneumopatias graves, insuficiência cardíaca congestiva (NYHA classe III ou IV) e/ou doença arterial coronariana.

Foram considerados para o grupo controle, mulheres eutróficas, saudáveis de mesmo sexo, pareados pelo idade com o grupo de mulheres obesas.

### **Procedimentos (Protocolo)**

Foram realizadas as avaliações as pacientes através de Anamnese e aplicação dos critérios de elegibilidade, Coleta de dados antropométricos, Espirometria, teste de Força Muscular Respiratória, Monitorização da respiração tranquila com a Tomógrafo de Impedância Elétrica, bem como sua concordância em participação do estudo e assinatura do TCLE.

### **Dados Antropométricos**

Dados referentes ao peso e altura foram coletados no próprio ambulatório de Obesidade HC/UFPE e no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE, através de uma balança e estadiômetro (Welmy modelo W300 – Brasil) com capacidade para 300 quilogramas (Kg). Também foram aferidas as medidas de circunferência do pescoço (CP), quadril (CQ) e cintura (CC), através de cinta métrica inelástica. Ambas as aferições, dos indivíduos obesos e eutróficos, foram realizadas pelo mesmo pesquisador e utilizados os mesmos instrumentos.

### **Espirometria**

Foi realizada através do espirômetro *Micro Medical Microloop MK8* (Kent, Inglaterra), no qual foram mensurados: volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ ), capacidade vital forçada (CVF), pico de fluxo expiratório (PFE), Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75% (FEF 25-75%) e a relação do volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada ( $VEF_1/CVF$ ). A espirometria foi realizada com os voluntários na posição sentada, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal. Foram realizadas pelo menos três manobras de capacidade vital forçada (CVF), de acordo com os critérios de reprodutibilidade e aceitabilidade da *American Thoracic Society-ATS* (MILLER et al., 2005) e as diretrizes para teste da função pulmonar (PEREIRA, 2007), em que foi considerada a variação de 0,2 L entre os testes e

a média das três medidas realizadas (MOORE, 2012). Os valores espirométricos foram expressos como média e porcentagem do valor predito normal para a população brasileira (DUARTE; PEREIRA; RODRIGUES, 2006).

### **Força muscular respiratória**

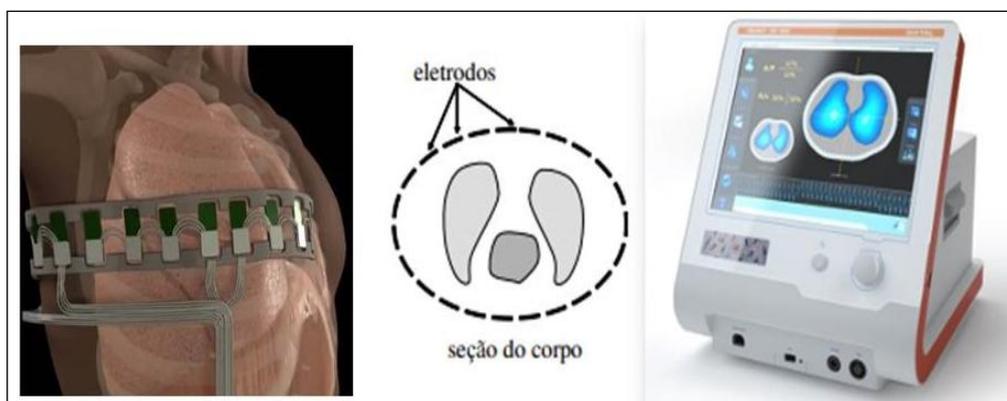
Foi utilizado o manovacuômetro digital MV-300 (Globalmed, São Paulo, Brasil) para mensuração da pressão inspiratória (PiMáx) e expiratória máxima (PeMáx). Os voluntários foram posicionados sentados, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal e foram orientados para realizarem a manobra de Plmáx a partir do Volume Residual (VR), realizando uma inspiração máxima e sustentada, e a manobra de PEmáx a partir da Capacidade Pulmonar Total (CPT), realizando uma expiração máxima. Foram realizadas um mínimo 5 manobras para cada medida, com intervalos de um minuto entre elas, com reprodutibilidade de 5-10% entre as manobras (NEDER et al., 1999). Para registro dos dados fora adotada a melhor entre as cinco manobras.

### **Tomografia de Impedância Elétrica**

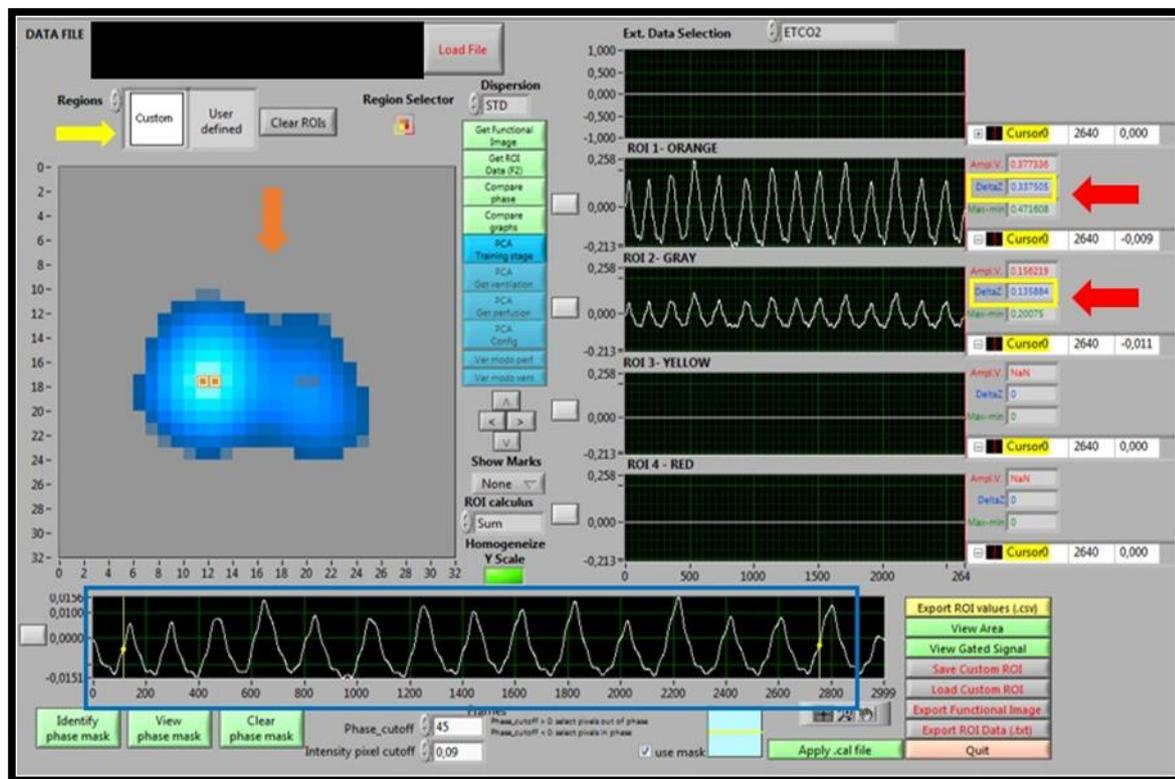
A TIE avaliou o comportamento da ventilação pulmonar regional, através da medida da variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$  total = impedância inspiratória – impedância expiratória), e da distribuição da ventilação pulmonar nas regiões anterior x posterior e direito x esquerdo.

As imagens da TIE foram adquiridas usando um dispositivo de tomografia de impedância ENLIGHT (Timpel, Brasil), capaz de produzir 50 imagens por segundo. Era fixada uma cinta com os 32 eletrodos igualmente espaçados em torno do tórax do voluntário. O tamanho da cinta foi determinada pela hemiprimetria do tórax que variou 44 a 61 cm, sendo a cinta P de 44-49 cm, M de 50-55cm e G de 56-61cm, fixada logo abaixo do nível da axila (Figura 1). Uma corrente elétrica de 5 mA foi injetada a 125 KHz por meio de um par de eletrodos, que se intercala em um padrão mantendo sempre um eletrodo não injetável interposto entre os eletrodos injetáveis (BAYFORD, TIZZARD, 2012).

Os pacientes foram posicionados em sedestação com 90° flexão de membros inferiores, em uma poltrona com apoio lateral para os braços. Após o posicionamento foram coletados 5 minutos de respiração basal, sendo os pacientes orientados a realizarem uma respiração tranquila através de uma máscara facial, após a aquisição do sinal tomográfico os dados foram exportados via USB e analisados no Software IET versão 8.5. Foram considerados para análise dos dados, 3.000 frames (1 minuto) de respiração estável dentre os 5 minutos coletados. Para análise das regiões anterior e posterior foi realizada uma marcação em torno do eletrodo 16 considerando toda área acima dele como anterior e abaixo como posterior (Figura 4). Foram analisadas além da distribuição regional da ventilação, a sincronia ventilatória entre pulmão direito e esquerdo e entre região anterior e posterior através da medida do ângulo fase. Para avaliação da heterogeneidade da ventilação entre pulmão direito e esquerdo foi realizada a análise entre dois pixels de cada pulmão, a seleção dos pixels foi de acordo com a área de maior ventilação no pulmão direito e sua área correspondente no eixo x/y no pulmão esquerdo. (Figura 2). Também foi calculado o Centro da Ventilação (CoV), que demonstra a distribuição da ventilação entre as regiões anterior e posterior.



**Figura 1** – Posicionamento da cinta com 32 eletrodos da tomografia de impedância elétrica ENLIGHT (Dixtal, Brasil). Fonte: [www.timpel.com.br](http://www.timpel.com.br)



**Figura 2-** Análise da heterogeneidade entre o pulmão direito e esquerdo. Tela extraída do programa da TIE de um indivíduo obeso onde o quadrado azul sinaliza o trecho escolhido para análise (entre as barras amarelas). Foi feita a definição (seta amarela) e seleção da área de maior sinal tomográfico (maior  $\Delta Z$ ) correspondente ao ROI laranja e sua área equidistante correspondente ao pulmão contralateral (ROI cinza) dentro do mapa funcional (seta laranja). O programa gerava então as curvas de pletismografia para cada ROI (setas vermelhas – ROI laranja pulmão direito e ROI cinza pulmão esquerdo) e calculava o  $\Delta Z$  (quadrado amarelo).

### Análise estatística

Para a análise estatística foi utilizado o software SigmaPlot® versão 11.0 e o SPSS para Windows, version 20.0 – Statistical Package for the Social Science. Inicialmente as variáveis numéricas foram avaliadas quanto a

normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e os resultados apresentados de acordo com a normalidade através das médias ou mediana, desvio-padrão ou intervalo interquartil, p valor, Diferença de Médias (DM) e Intervalos de Confiança (IC) 95%. Para a comparação entre os grupos (Obesas e Eutróficas) foi utilizado o teste *t de student* para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas. Para todos os testes foi considerado como valor de significância  $p < 0,05$ .

## Resultados

### Características dos pacientes

Participaram deste estudo 21 mulheres, sendo 10 obesas e 11 eutróficas, com características antropométricas apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Características Antropométricas

Varíavel	Obesas (n=10)	Eutróficas (n=11)	p
Idade (anos)	35 (24,2-42)	36 (25-40)	0,972
Peso (Kg)	117 (101-108,7)	62,00 (59-67)	<0,001*
Altura (cm)	161,20 ± 7,969	160,81 ± 7,50	0,911
IMC (cm)	44,23 (40,29- 47,56)	24,20 (23,20- 24,80)	<0,001*
Circunferência Pescoço (cm)	41,55 ± 1,536	34,72 ± 1,67	<0,001*
Circunferência Quadril (cm)	131,90 ± 10,31	100,18 ± 5,01	<0,001*
Circunferência Cintura (cm)	123,50 (112,75 – 137,25)	84,00 (81-87)	<0,001*

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **IMC:** Índice de Massa Corpórea. \* $p < 0,05$  (diferença estatística). Teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

### Espirometria e Força Muscular Respiratória

Os dados espirométricos e de força muscular respiratória dos grupos Obesas e Eutróficas são apresentados na Tabela 2. Não foram verificadas diferenças entre os grupos para todas as variáveis espirométricas e de força muscular respiratória.

**Tabela 2:** Dados da Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória dos grupos Obesas e Eutróficas

<b>Variável</b>	<b>Obesas (n=10)</b>	<b>Eutróficas (n=11)</b>	<b>DM (IC 95%)</b>	<b>p</b>
VEF1 (%predito)	94,10 ± 10,69	89,54 ±13,42	0,04 (-8,01-8,10)	0,404
CVF (%predito)	89 (80-102,50)	85 (81-97)	0,01 (-9,25-9,27)	0,672
PFE (%predito)	84,40 ± 13,96	89,09 ±18,58	-0,06 (-11,21-11,09)	0,534
VEF1/CVF (%predito)	103,50 (99-106,25)	97,00 (94-104)	0,05 (-4,83-4,94)	0,078
FEF 25/75 (%predito)	102,70 ± 17,56	86,36 ± 21,96	0,16 (-13,02-13,35)	0,077
PiMáx (cmH <sub>2</sub> O)	95,5 (84-107)	93 (58-117)	7,14 (-13,84-28,13)	0,805
PeMáx (cmH <sub>2</sub> O)	98,66 ± 35,25	89,09 ± 23,37	9,57 (-14,97-35,13)	0,509

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **VEF1:** Volume Espiratório Forçado no primeiro segundo. **CVF:** Capacidade Vital Forçada. **PFE:** Pico de Fluxo Expiratório. **FEF 25-75:** Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75% da capacidade vital forçada. **PiMáx:** Pressão Inspiratória Máxima. **PeMáx:** Pressão Expiratória Máxima. **DM:** Diferença de Média. **IC:** Intervalo de confiança \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

### Ventilação Pulmonar

A tabela 3 apresenta os dados referentes às variáveis da Ventilação Pulmonar Regional da Tomografia de Impedância Elétrica nos grupos Obesas e Eutróficas. Foram observadas reduções na variação de impedância total ( $\Delta Z$  Total) e regional ( $\Delta Z$  Esquerdo e  $\Delta Z$  Posterior) do grupo obesas comparada com as eutróficas. Não foram encontradas diferenças na  $\Delta Z$  Direito e  $\Delta Z$  Anterior.

**Tabela 3:** Dados da Ventilação Pulmonar ( $\Delta Z$  Total,  $\Delta Z$  Direito,  $\Delta Z$  Esquerdo,  $\Delta Z$  Anterior,  $\Delta Z$  Posterior) obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica entre os indivíduos Obesos e Eutróficos.

Variável	Obesas (n=10)	Eutróficas (n=11)	DM (IC 95%)	p
$\Delta Z$ Total	14,68 (13,10-25,58)	27,98 (20,03-40,89)	9,68 (0,74-18,64)	0,028*
$\Delta Z$ Direito	8,71 (8,03-15,64)	14,34 (11,37-20,19)	4,03 (-0,85-8,91)	0,058
$\Delta Z$ Esquerdo	7,90 $\pm$ 4,11	13,56 $\pm$ 5,46	5,65 (1,43-9,89)	0,020*
$\Delta Z$ Anterior	7,26 (4,89-10,91)	10,55 (8,75-15,77)	3,33 (-0,21-6,97)	0,068
$\Delta Z$ Posterior	11,05 $\pm$ 5,59	17,29 $\pm$ 7,34	6,24 (0,53-11,95)	0,050*

Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%).  **$\Delta Z$ :** Variação de Impedância Elétrica. **DM:** Diferença de Média. **IC:** Intervalo de confiança. \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

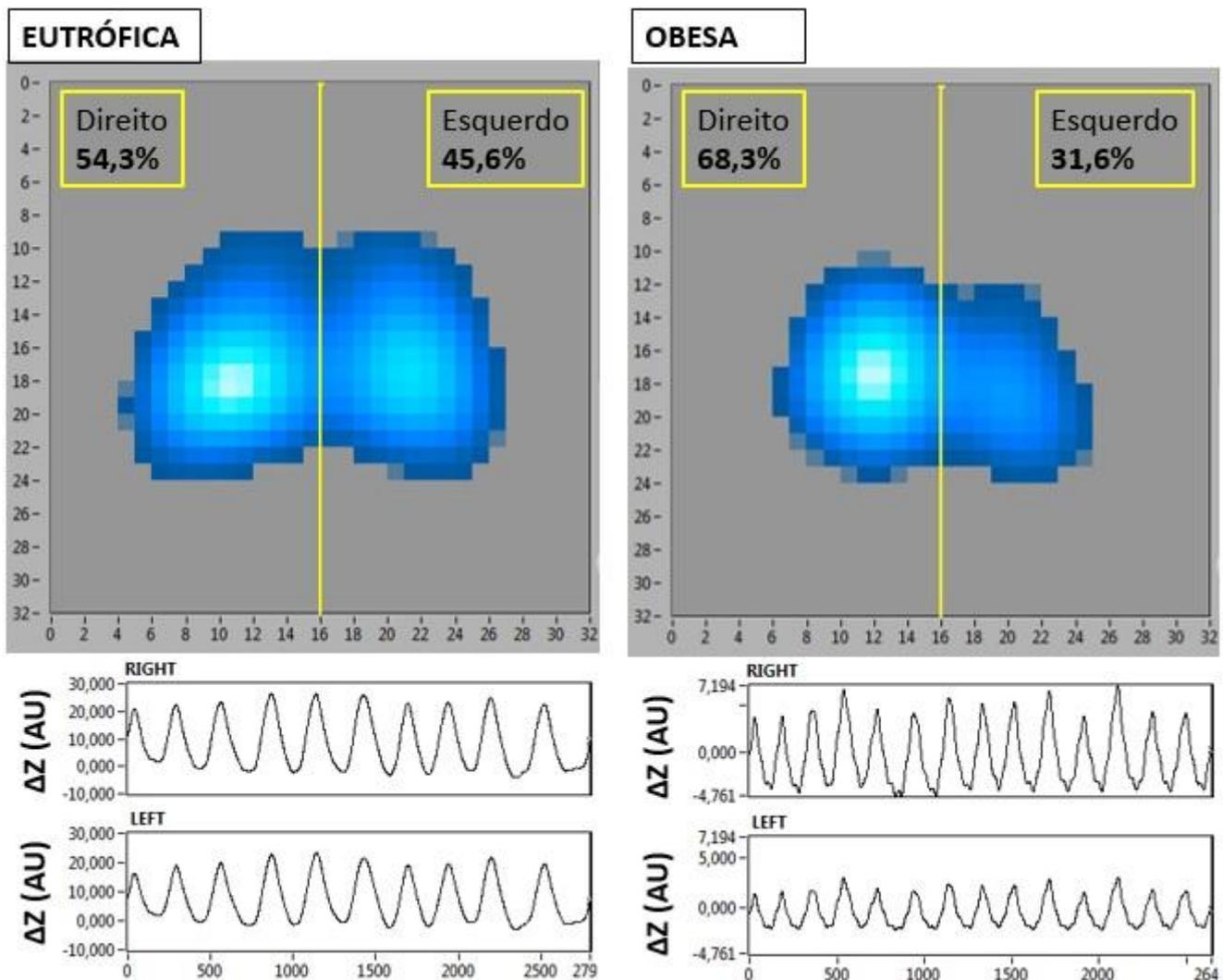
A Tabela 4 apresenta os dados referentes à Distribuição da Ventilação pulmonar obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica nos grupos Obesas e Eutróficas, como ilustrado nas Figuras 3 e 4. Foram encontradas

reduções significativas entre os grupos para a contribuição (%) das regiões direita ( $p=0,009$ ) e esquerda ( $p=0,009$ ). Apesar da região direita contribuir mais para a ventilação em ambos os grupos, foi observado que nas obesas esta contribuição é ainda maior quando comparada às eutróficas com consequente redução da contribuição da região esquerda nestes indivíduos. Não foram observadas diferenças na distribuição da ventilação em relação às regiões Anterior ( $p=0,433$ ) e Posterior ( $p=0,622$ ) entre os grupos.

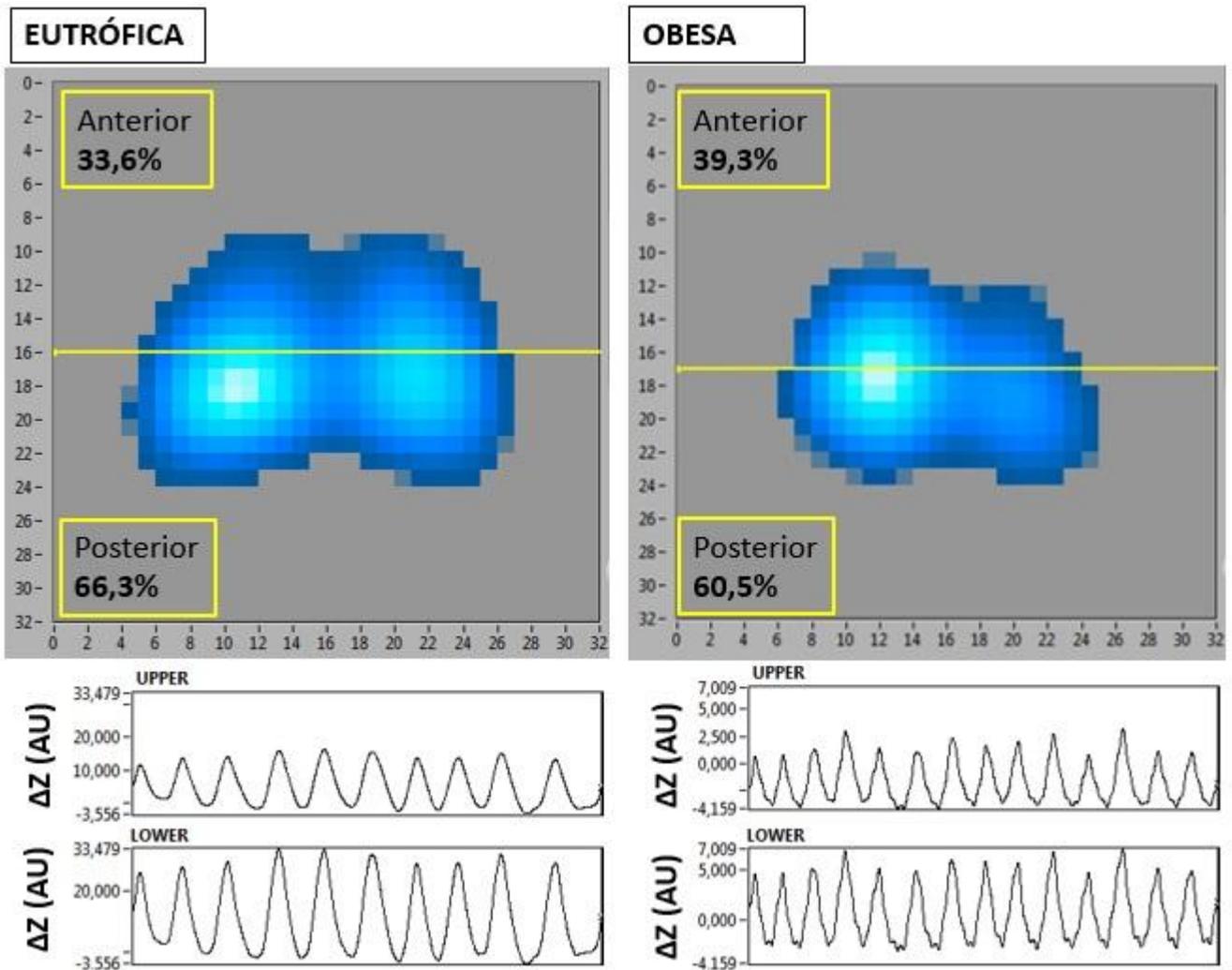
**Tabela 4:** Dados da Distribuição Regional da Ventilação obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica nos grupos Obesas e Eutróficas.

Variável	Obesas n=10	Eutróficas n=11	DM (IC 95%)	p
(%) Direito	60,1 ± 4,09 <sup>A</sup>	54,9 ± 3,89 <sup>E</sup>	-5,2 (-8,85-1,55)	A vs. E (0,009*)
(%) Esquerdo	39,9 ± 4,08 <sup>B</sup>	45,1 ± 3,89 <sup>F</sup>	5,2 (1,56-8,84)	B vs. F (0,009*)
(%) Anterior	44,1 ± 5,27 <sup>C</sup>	42,1 ± 5,45 <sup>G</sup>	-2 (-6,91-2,91)	C vs. G (0,433)
(%) Posterior	55,9 ± 5,26 <sup>D</sup>	57,3 ± 6,461 <sup>H</sup>	1,04 (-4,02-6,82)	D vs. H (0,622)

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **(%) Direito:** Porcentagem de contribuição do pulmão direito na ventilação total. **(%) Esquerdo:** Porcentagem de contribuição do pulmão esquerdo na ventilação total. **(%) Anterior:** Porcentagem de contribuição da região anterior na ventilação total. **(%) Posterior:** Porcentagem de contribuição da região posterior na ventilação total. **DM:** Diferença de Média. **IC:** Intervalo de confiança. **A vs E, B vs F, C vs G e D vs G:** Teste t para amostras independentes. \* $p < 0,05$  (diferença estatística).



**Figura 3:** Imagem tomográfica da Variação de Impedância Elétrica e Distribuição da Ventilação Pulmonar dos ROIs Direito x Esquerdo de uma voluntária Eutrófica e uma Obesa exportados do software IET Analysis. Observamos a redução da  $\Delta Z$  Direita e Esquerda de uma voluntária obesa comparada com a eutrófica, além de uma contribuição predominante da ROI Direita comparada com a Esquerda nas voluntárias obesas.  $\Delta Z$ : Variação de Impedância. **AU**: Unidade Arbitrária.



**Figura 4:** : Imagem tomográfica da Variação de Impedância Elétrica e Distribuição da Ventilação Pulmonar das ROIs Anterior x Posterior de uma voluntária Eutrófica e uma Obesa exportados do software IET Analysis. Não observamos diferenças na  $\Delta Z$  Anterior e Posterior da voluntária obesa comparada com a eutrófica, porém observamos uma maior contribuição da ROI Posterior comparada com a Anterior em ambos as voluntárias .  $\Delta Z$ : Variação de Impedância. **AU**: Unidade Arbitrária.

### Homogeneidade/Heterogeneidade na Ventilação Pulmonar

A tabela 5 apresenta os dados da análise dos pixels de diferentes ROI's (Direito e Esquerdo) afim de demonstrar a Homogeneidade/Heterogeneidade Pulmonar entre pulmão direito e esquerdo obtida através da Tomografia de Impedância Elétrica nos grupos Obesas e Eutróficas. Foram observadas reduções significativas na  $\Delta Z$  do ROI Esquerdo comparada com ROI Direito das obesas, bem como também foram encontradas diferenças quando comparada a ROI Esquerdo das obesas com as eutróficas. Não foram encontradas diferenças na  $\Delta Z$  do ROI Direito com ROI Esquerdo das Eutróficas, nem ROI Direito de obesas com ROI Direito de eutróficas.

Para análise da Homogeneidade/Heterogeneidade Pulmonar das regiões Anterior e Posterior, foi analisado o Centro de Ventilação (CoV), e observamos que 100% das obesas e 90,01% das Eutróficas apresentaram valores de CoV <1, o que demonstra uma predominância da ventilação da Região posterior em relação à anterior.

**Tabela 5:** Dados referentes á análise da Homogeneidade/Heterogeneidade Pulmonar obtida através da Tomografia de Impedância Elétrica

Variável	Obesas (n=10)	Eutróficas (n=11)	DM (IC 95%)	p
ROI Direito ( $\Delta Z$ )	0,337 (0,28- 0,62) <sup>A</sup>	0,504 (0,41- 0,64) <sup>C</sup>	0,07 (-0,12- 0,26)	A vs C (0,111) B vs D (0,010*)
ROI Esquerdo ( $\Delta Z$ )	0,223 (0,13- 0,33) <sup>B</sup>	0,392 (0,29- 0,60) <sup>D</sup>	-0,18 (-0,18- 0,06)	A vs B (0,030*) C vs D (0,168)
CoV (A/P)	0,801 $\pm$ 0,160	0,753 $\pm$ 0,180	0,05 (0,10- 0,20)	0,540 <sup>#</sup>

Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **ROI Direito (Z):** Variação de impedância elétrica na região de interesse direita. **ROI Esquerdo (Z):** Variação de impedância elétrica na região de interesse esquerda. **CoV (A/P):** Centro da ventilação em relação a região anterior/posterior. **DM:** Diferença de Média. **IC:** Intervalo de confiança.

\*p < 0,05 (diferença estatística). **A vs C, B vs D, A vs B, C vs D**: teste de Mann-Whitney #: Teste t para amostras independentes.

### Sincronia Ventilatória

A tabela 6 apresenta os dados dos Ângulos fases ( $\phi$ ) entre as ROIs Direita/Esquerda e Anterior/Posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica nos grupos Obesas e Eutróficas. Não foram observadas assincronias ventilatórias entre as ROIs Direita/Esquerda e Anterior/Posterior quando comparadas obesas com eutróficas.

**Tabela 6:** Dados referentes á análise do sincronismo/assincronismo respiratório entre os Pulmões Direito/Esquerdo e Regiões Anterior/Posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica entre as voluntárias Obesas e Eutróficas.

Variável	Obesas (n=10)	Eutróficas (n=11)	DM (IC 95%)	p
$\phi$ (D/E)	0,085 $\pm$ 5,44	-2,266 $\pm$ 4,67	-2,351 (-6,97-2,27)	0,312
$\phi$ (A/P)	12,88 (8,01-17,14)	6,61 (4,90-10,96)	-6,46 (-13,86-0,94)	0,111

Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%).  **$\phi$  (D/E)**: Ângulo fase entre pulmão direito e esquerdo.  **$\phi$  (A/P)**: Ângulo fase entre região anterior e posterior. **DM**: Diferença de Média. **IC**: Intervalo de confiança. \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

### Discussão

Este estudo é pioneiro na avaliação e análise da ventilação, distribuição regional, sincronia e homogeneidade ventilatória de obesas mórbidas em respiração espontânea com a TIE, no qual foram observadas reduções na ventilação total e regional (direito e esquerdo) de obesas, e uma maior contribuição na ventilação pulmonar do pulmão direito comparado com o pulmão esquerdo de obesas comparadas à eutróficas. Não foram encontradas diferenças na porcentagem de distribuição em relação às regiões Anterior x Posterior. Observamos também uma heterogeneidade na ventilação pulmonar,

com um aumento da ventilação no pulmão direito entre as obesas e quando comparada com a mesma região das eutróficas. Não observamos heterogeneidade na ventilação em relação às regiões anterior e posterior. Não foram observadas assincronias ventilatórias como também não foram observadas diferenças nas variáveis espirométricas (VEF1, CVF, PFE, VEF1/CVF, FEF 25-75%) e de Força muscular respiratória (PiMax e PeMax) de obesas comparadas com Eutróficas.

## **Tomografia de Impedância Elétrica**

### Ventilação Pulmonar

Em nosso estudo, as mulheres obesas apresentaram uma menor variação de ventilação pulmonar total e regional nos pulmões direito e esquerdo, entretanto não observamos diferenças na comparação entre as regiões anterior e posterior quando comparadas às mulheres eutróficas.

Comparando os nossos resultados com os encontrados por Eichenberger et al (2002), os quais avaliaram através da tomografia computadorizada indivíduos obesos no pré e pós operatório de cirurgia abdominal, e compararam com indivíduos eutróficos, observamos que os nossos achados convergem com os resultados destes autores, uma vez que estes constataram que pacientes obesos já apresentam mais atelectasias que os pacientes eutróficos (2,1% *versus* 1%) antes do procedimento cirúrgico, demonstrando a presença de alterações na ventilação pulmonar desses indivíduos.

Rivas, et al 2015 avaliou a relação Ventilação/Perfusão (V/Q) de obesas mórbidas e encontrou áreas de shunt moderadamente maior em obesas quando comparado com mulheres com peso normal e atribuiu esse fato ao padrão de distribuição do ar dos indivíduos obesos, onde o excesso de tecido adiposo leva a um excessivo aumento da pressão intraabdominal o que leva à compressão de áreas dependentes do pulmão, resultando em áreas de shunt e anormalidades na relação V/Q. Tais achados estão de acordo com os resultados encontrados em nosso estudo, onde observamos uma redução da ventilação pulmonar nas obesas comparadas com as eutróficas.

### Distribuição Regional da Ventilação

Quanto à contribuição (%) de cada região na ventilação pulmonar total, encontramos que as obesas apresentam uma maior contribuição do pulmão direito e conseqüente menor contribuição do pulmão esquerdo, enquanto que não existem diferenças na distribuição em relação às regiões Anterior e Posterior comparado com as eutróficas.

Durante a respiração espontânea, as regiões dependentes do pulmão experimentam um fluxo de ventilação superior ao das regiões não-dependentes. Nossos resultados demonstram que a ventilação do pulmão direito é superior à do pulmão esquerdo, como demonstrado por Svanberg (1957) através de broncoespirometria em uma amostra de indivíduos saudáveis, onde 47% do total de ventilação era para o pulmão esquerdo e 53% para o pulmão direito, correspondendo com a maior quantidade de tecido pulmonar no lado direito que no pulmão esquerdo.

Essa diferença na distribuição da ventilação com maior contribuição do pulmão direito diverge dos resultados encontrados por Bennet et al (1999) onde através de Cintilografia pulmonar encontraram que o pulmão esquerdo é preferencialmente ventilado. Porém esses resultados foram alcançados durante uma manobra de capacidade inspiratória através de uma inspiração lenta entre 50% e 100% da capacidade pulmonar total, enquanto que em nosso estudo a análise da ventilação ocorreu através de ciclos respiratórios completos durante a respiração tranquila. Contudo ainda encontram-se desconhecidos os mecanismos fisiológicos e/ou adaptativos que justifiquem essa acentuação de contribuição do pulmão direito na ventilação pulmonar do obeso observada em nosso estudo. Hipotetizamos que o mediastino e a adiposidade torácica possam exercer papel restritivo e justificar esse comportamento.

### Homogeneidade/Heterogeneidade Ventilatória

O centro de ventilação (CoV) reflete a distribuição do volume corrente na direção anterior-posterior. Em um modelo de ventilação onde a ventilação é distribuída sobretudo em região anterior o CoV é alto (>1). Em um recente estudo publicado pelo TREND: *Translational EIT development study group* (FRERICHS I, et al 2016), é possível avaliar o movimento desse CoV durante o

manejo da assistência ventilatória mecânica com a utilização de PEEP ou manobras de recrutamento alveolar. Diante dessa possibilidade de avaliação, utilizamos as variações do CoV como indicador de uma ventilação não homogênea ( $COV < 1$  ou  $> 1$ ), considerando valores em torno de 1 como uma ventilação homogênea entre as regiões anterior e posterior.

Em nossos resultados observamos que 100% das obesas e 90,01% das Eutróficas apresentaram valores de CoV  $< 1$ , confirmando uma predominância da ventilação da ROI posterior em relação à ROI anterior, entretanto não foi observado diferença quando comparado o CoV das obesas com as eutróficas. Observamos valores médios de CoV muito próximos de 1 o que pode ser considerado uma ventilação homogênea quando comparado as regiões anterior e posterior tanto em obesas quanto em eutróficas.

Em relação a avaliação da homogeneidade/heterogeneidade da ventilação entre pulmão direito e esquerdo, a análise de pixels de diferentes ROI's (Direito e Esquerdo), observamos que o pulmão esquerdo das obesas apresentam uma ventilação menor em comparação ao pulmão direito. Essa heterogeneidade na ventilação entre pulmão direito e esquerdo não foi observada nas eutróficas.

Considerando os princípios da mecânica pulmonar, a redução da CRF está associada com uma diminuição no tamanho da via aérea, sendo proporcional à raiz quadrada do volume do pulmão (HUGHES JM, HOPPIN FG, MEAD J, 1972). Assim, provavelmente a obesidade pode estar associada ao estreitamento das vias aéreas. Uma via aérea com menor pressão transmural conduz um menor fluxo de ar e conseqüente um menor volume inspiratório, sendo preferencialmente distribuído para outras vias aéreas menos resistentes, favorecendo a ventilação heterogênea (ANAFI, RC, WILSON TA, 2001).

Pellegrino et al (2014) encontrou que a diminuição dos volumes pulmonares em obesos leva a uma alteração na distribuição da ventilação. Ele observou que para valores de  $CRF > 65\%$  do previsto e  $VRE > 0,6$  litros, a ventilação é bastante uniforme. Sendo este resultado causado por um aumento do recuo elástico pulmonar resultante das alterações no fluxo, permitindo que o fluxo de ventilação seja acomodado em grandes vias aéreas. Cruzando estes limiares (CRF e VRE) sinalizaria o fim da compensação do fluxo, estando a

CRF bem próxima do VR, não podendo diminuir mais. Sob estas condições, as vias aéreas estão agora expostas a redução do recolhimento elástico pulmonar tendendo a limitar ou fechar algumas vias aéreas mais precoce do que outras, contribuindo assim para uma ventilação não homogênea. Tais mecanismos fisiológicos podem justificar nossos achados onde não foram observadas heterogeneidades na distribuição da ventilação em regiões anterior e posterior, uma vez que nossa população foi composta de obesas sem distúrbios espirométricos avaliados através da provada função pulmonar.

Contudo, Vawter D L, Matthews FL, West JB (1975), através de um modelo teórico usando a técnica de elementos finitos, descreveu que a distribuição de tensões, deformações e pressões de superfície causados por alterações da forma e tamanho do pulmão e do tórax podem levar a mudanças na distribuição das pressões pleurais. E decorrente desse mecanismo ser esperado um certo grau de não homogeneidade na distribuição da ventilação em pulmões normais com o mínimo de colapso, podendo um certo grau de heterogeneidade ser considerado fisiológico. Tal explicação pode justificar nosso resultados de heterogeneidade na ventilação dos pulmões direito e esquerdo das obesas, sendo portanto incerto considerar que a heterogeneidade da ventilação deva ser um problema ou necessite ser minimizada em populações com pulmões saudáveis, podendo essa tentativa não ser útil ou até ser prejudicial.

### Sincronia Ventilatória

O ângulo de fase é o ângulo que o vetor impedância forma com o vetor resistência, estando positivamente associado com a reatância e negativamente associado com a resistência. Quando se calcula o ângulo de fase entre as ondas relativas ao sinal pletismográfico de cada pulmão/região na TIE, o ângulo negativo significa que tem seu tempo de esvaziamento atrasado em relação ao outro pulmão/região de referência e quando um ângulo é positivo significa que tem seu tempo de esvaziamento adiantado em relação ao pulmão/região de referência, desta forma quanto mais distante de zero, maior a dessincronia da ventilação entre os pulmões/regiões. A medida do ângulo de fase entre os pulmões direito e esquerdo e região anterior e posterior nas

obesas e eutróficos variaram de torno de 5 a 20 graus, o que podemos interpretar como ausência de assincronias ventilatórias.

Em nosso estudo encontramos como resultados que tanto o pulmão direito e o esquerdo quanto a região anterior e posterior ventilam de forma sincrônica, não demonstrando assincronias durante as fases de enchimento e esvaziamento pulmonar. Ainda não existem estudos que estabeleçam valores de referência para interpretação dos ângulos fase da TIE, porém têm se observado em indivíduos saudáveis com faixa etária entre 20-60 anos que a variação gira em torno de 11-20 graus.

### **Força Muscular Respiratória**

Nossos resultados mostraram não haver diferenças nas Forças musculares respiratórias de obesos e eutróficos, estando em concordância com os resultados de Domingos-Benício et al (2003) que encontraram valores de FMR semelhantes entre o grupos de obesos e eutróficos.

Também no estudo de Magnani et al (2007) com obesos mórbidos com idade de 20 a 64 anos, demonstraram que a obesidade não prejudica a força dos músculos respiratórios, pois os valores das Pressões respiratórias máximas não obtiveram significância quando comparados aos valores de referência de normalidade, segundo Neder et al (1999).

Porém nossos achados divergem dos achados de Queiroz et al (2006) que realizou estudo com obesos e eutróficos, onde avaliaram as pressões respiratórias máximas desses grupos observando que o grupo de obesos, independente do sexo, possuía Força Muscular Respiratória maior que os eutróficos enquanto que Cardoso (2005) ,estudou 33 obesos graus II e III, candidatas a gastroplastia , e observou que a FMR, foi maior que a de não obesos, contudo não apresentou diferença quando comparada aos dados normativos para a população brasileira estabelecidos por Neder et al (1999).

Independente das divergências quanto aos resultados da força muscular respiratória em obesos, é consistente o conceito na literatura científica sobre a condição muscular dos obesos: os músculos destes indivíduos têm características histológicas e metabólicas específicas, apresentando um

aumento na massa magra e uma contração muscular mais potente. Devido ao esforço físico diário, seja para expansão da caixa torácica ou para deslocamento corporal, bem como para a tentativa de sustentação osteomuscular na posição ortostática. Os indivíduos obesos tendem a modificar a composição das fibras musculares periféricas, apresentando assim uma maior proporção de massa muscular esquelética e fibras tipo II comparados com indivíduos eutróficos<sup>32</sup>.

### **Função Pulmonar**

Em nosso estudo não foram encontradas diferenças significativas nas variáveis espirométricas (VEF1, CVF, PFE, VEF1/CVF, FEF 25-75%) de obesas comparadas às eutróficas.

Em obesos mórbidos do estudo de Saliman et al (2008) a média da CVF foi 83% do predito nas mulheres e 71% do predito nos homens. Assim como para o VEF1, Steele et al (2009), encontraram que a deposição central de gordura parece estar mais fortemente relacionada com a função pulmonar em homens do que em mulheres. Esse fato pode explicar a ausência de diferença dos valores espirométricos do obesos com os eutróficas encontrados em nosso estudo, uma vez que nossa amostra foi composta apenas por mulheres.

O estudo de Sahebjami (1998) e o de Rasslan et al (2004) encontraram reduções significativas na função pulmonar de obesos. Contudo, ambos estudos divergem dos resultados encontrados em nosso trabalho, onde não observamos diferenças na espirometria das mulheres obesas comparadas com as eutróficas. Nossos resultados podem ser explicados pelo fato de que inicialmente, o aumento do IMC está associado a um aumento na função pulmonar, devido ao mecanismos adaptativos do sistema muscular, promovendo efeitos compensatórios (CHEN Y, HORNE SL, DOSMAN JA, 1993; CHINN DJ, COTES JE, REED JW, 1996).

No estudo de Schoenberg et al (1978), foi observado que, inicialmente, ocorria aumento na função pulmonar com o ganho de peso, devido ao aumento na força muscular, porém, secundariamente, ocorria redução na função pulmonar devido ao comprometimento da mobilidade da caixa torácica.

Conseqüentemente, o impacto total do IMC na função pulmonar em estudos populacionais pode estar reduzido. Sendo o peso isoladamente, uma variável incapaz de explicar as alterações espirométricas do obeso.

### **Conclusão**

Desta forma, nossos resultados mostram que as obesas apresentam redução da ventilação total e regional com maior ventilação em pulmão direito, encontramos também que a ventilação entre pulmão direito e esquerdo é heterogênea, contudo não foram observadas assincronias ventilatórias, também não foram encontradas diferenças na espirometria e FMR comparados às eutróficas. Nossa amostra foi composta por obesas mórbidas com pouca ou nenhuma comorbidade associada, o que pode justificar nossos resultados. Com isso, são necessários mais estudos envolvendo a TIE em outras populações com diferentes graus de obesidade e com comorbidades associadas com o propósito de obtermos maiores informações a respeito do comportamento da ventilação pulmonar e distribuição regional nesses indivíduos obesos.

## Referências

Rasslan Z, Stirbulov R, Lima CAC, Saad Júnior. Função pulmonar e obesidade. *Rev Bras Clin Med.* 2009;7:36-39.

Jubber A.S. Respiratory complications of obesity. *Int J Clin Pract.* 2004; 58(6):573- 580.

Veale D., Rabec C., Labaan J.P. Respiratory Complications of Obesity. *Breath.* 2008; 4(3):211-222.

McClellan, K.M.; Kee, F.; Young, I.S., et al. Obesity and the lung: Epidemiology. *Thorax.* 2008; 63:649-654.

Collins L.C., Hoberty P.D., Walker J.F., et al. The effects of body fat distribution on pulmonary function tests. *Chest.*1995; 107:1298-1302.

Lazarus R., Gore C.J., Booth M., Owen N. Effects of body composition and fat distribution on ventilator function in adults. *Am J Clin Nutr.*1998; 68:35–41.

Piper A.J., Grunstein R.R. Big breathing: the complex interaction of obesity, hypoventilation, weight loss, and respiratory function. *J Appl Physiol.* 2010;108:199-205.

Zerah F., Harf A., Perlemuter L., et al. Effects of obesity on respiratory resistance. *Chest.*1993; 103:1470-1476.

Jones R.L., Nzekwu M.M.U. The effects of body mass index on lung volumes. *Chest.* 2006; 130:827-33.

Kessler R., Chaouat A., Schinkewitch P. The obesity hypoventilation syndrome revisited. *Chest.* 2001; 120:369-76.

Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005.26(2):319–38

Duarte AA de O, Pereira CA de C, Rodrigues SCS. Validation of new brazilian predicted values for forced spirometry in caucasians and comparison with predicted values obtained using other reference equations. *J Bras Pneumol e Tisiologia;*33(5):527–35.

Pereira CA de C, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol publicação Of da Soc Bras Pneumol e Tisiologia;*33(4):397–406.

Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian J Med Biol Res.* 1999 Jun;32(6):719–27

Eichenberger A-S, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg.* 2002.95(6):1788–92

Svanberg L. Influence of posture on the lung volumes, ventilation and circulation in normals; a spirometric-bronchspirometric investigation. *Scand J Clin Lab Inves.* 1957 ;9 Suppl 25:1–195

Bennett WD, Scheuch G, Zeman KL, Brown JS, Kim C, Heyder J, et al. Regional deposition and retention of particles in shallow, inhaled boluses: effect of lung volume. *J Appl Physiol*. 1999;86(1):168–73.

Schoenberg JB, Beck GJ, Bouhuys A. Growth and decay of pulmonary function in healthy blacks and whites. *Respir Physiol*. 1978;33(3):367–93.

American Thoracic Society, European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on Respiratory Muscle Testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 166, 518-624, 2002.

Bayford R, Tizzard A. Bioimpedance imaging: an overview of potential clinical applications. *Analyst*. 2012; 137:4635-4643.

Querioz, J.C.F. Correlação entre a força de pressão palmar e a força da musculatura respiratória em indivíduos obesos e não-obesos [dissertação]. Brasília (DF): Universidade Católica de Brasília; 2006.

Cardoso FPF. Manovacuometria e ventilometria de mulheres obesas no pré-operatório de gastroplastia redutora [dissertação]. Brasília (DF): Universidade Católica de Brasília; 2005.

Saliman JA, Benditt JO, Flum DR, Oelschlager BK, Dellinger EP, Goss CH. Pulmonary function in the morbidly obese. *Surg Obes Relat Dis* 2008;4(5):632-9.

Steele RM, Finucane FM, Griffin SJ, Wareham NJ, Ekelund U. Obesity is associated with altered lung function independently of physical activity and fitness. *Obesity*. 2009;17(3):578-84

Sahebji H. Dyspnea in obese healthy men. *Chest*. 1998;114:1373-7.

Chen Y, Horne SL, Dosman JA. Body weight and weight gain related to pulmonary function decline in adults: a six year follow up study. *Thorax*. 1993 Apr;48(4):375–80

Chinn DJ, Cotes JE, Reed JW. Longitudinal effects of change in body mass on measurements of ventilatory capacity. *Thorax*. BMJ Group; 1996 Jul;51(7):699–704.

Rivas E, Arismendi E, Agusti A, Sanchez M, Delgado S, Gistau C, Wagner PD, Rodriguez-Roisin R. Ventilation/Perfusion Distribution Abnormalities in morbidly Obese Subjects Before and After Bariatric Surgery. *Chest*. 2015;147(4):1127-1134.

Kobylianskii J, Murray A, Brace D, Goligher E, Fan E. Electrical impedance tomography in adult patients undergoing mechanical ventilation: A systematic review. 2016. *Journal of critical care*. 2016;35:33-50

Frerichs I, Amato MBP, van Kaam AH, Tingay DG, Zhao Z, Grychtol B, Bodensteins M, Gagnon H, Bohm SH, Teschner E, Stenqvist O, Mauri T, Torsani V, Camporota L, Schibler A, Wolf GK, Gommers D, Leonhardt S, Adler A. Chest Electrical impedance tomography examination, data analysis, terminology, clinical use and recommendations: consensus statement of the Translational EIT development Study group. *Thorax*. 2016; 0:1-11.

Pellegrino R, Gobbi A, Antonelli A, Torchio R, Gulotta C, Pellegrino GM, Dellacà R, Hyatt RE, Brusasco V. Ventilation Heterogeneity in obesity. *J appl Physiol*. 2014;116: 1175-118.

Hughes JM, Hoppin FG, Mead J. Effect of lung inflation on bronchial length and diameter in excised lungs. *Journal of Applied Physiology*. 1972. 32.1, 25-35.

Anafi, RC, Wilson TA. Airway stability and heterogeneity in the constricted lung. *Journal of Applied Physiology*. 2001. 91.3, 1185-1192.

Vawter D L, Matthews FL, West JB. Effect of shape and size of lung and chest wall on stresses in the lung. *Journal of Applied Physiology*. 1975. 39.1, 9-17.

Domingos-Benício NC, Gastaldi AC, Perecini JC, Avena KM, Guimarães RC, Sologuren MJJ, et al. Influência do peso corporal sobre as pressões respiratórias máximas nas posições sentada, deitada e em pé. *Rev Bras Fisioter*. 2003;7(3):217-22.

Magnani KL, Cataneo AJM. Respiratory muscle strength in obese individuals and influence of upper-body fat distribution. *São Paulo Med J*. 2007;125(4): 215-9.

Rasslan Z, Junior RS, Stirbulov R, Fabbri RMA, Lima CAC. Avaliação da função pulmonar na obesidade graus I e II. *J Bras Pneumol*. 2004;30(6):508-14.

Moore VC. Spirometry: step by step. *Breathe* 2012 8: 232-240;

Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007 May;39(2):175-91.

Luciana Costa Melo, Maria Alayde Mendonça da Silva, Ana Carolina do Nascimento Calles. Obesidade e função pulmonar: uma revisão sistemática. *Einstein*. 2014;12(1):120-5

## **Apêndice C: Artigo 2**

### **IMPACTO DA CIRURGIA BARIÁTRICA NA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE OBESOS MÓRBIDOS AVALIADOS PELA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA**

Albuquerque S<sup>1</sup>, Brandão DC<sup>1</sup>, Gonçalves ACE<sup>2</sup>, Morais CCA<sup>1</sup>, Rattes C<sup>1</sup>,  
Campos SL<sup>1</sup>, Dornelas de Andrade A<sup>1</sup>

1 Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Fisioterapia –  
Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar – Recife - Brasil

2 Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Campus de Botucatu  
– Departamento de Anestesiologia – São Paulo - Brasil

Correspondência do Autor:

Armèle Dornelas de Andrade

[armedornelas@yahoo.com](mailto:armedornelas@yahoo.com)

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n. Cidade Universitária

CEP: 50740-560 – Recife – PE (BRA)

Fonte de Financiamento: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (PVE-400801/2013-2) e Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia – FACEPE (APQ- 0234-4.08/13)

**Artigo Original**

IMPACTO DA CIRURGIA BARIÁTRICA NA FUNÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR REGIONAL DE OBESOS MÓRBIDOS AVALIADOS PELA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

SÓSTYNIS ALBUQUERQUE<sup>1</sup>, DANIELA CUNHA BRANDÃO<sup>1</sup>, ANTONIO CHRISTIAN EVANGELISTA GONÇALVES<sup>2</sup>, CAIO MORAIS<sup>1</sup>, CATARINA RATTES<sup>1</sup>, SHIRLEY CAMPOS<sup>1</sup>, ARMELE DORNELAS DE ANDRADE<sup>1</sup>

1 Universidade Federal de Pernambuco – Departamento de Fisioterapia – Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar – Recife - Brasil

2 Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Campus de Botucatu – Departamento de Anestesiologia – São Paulo - Brasil

Correspondência do Autor:

Armèle Dornelas de Andrade

[armedornelas@yahoo.com](mailto:armedornelas@yahoo.com)

Universidade Federal de Pernambuco

Departamento de Fisioterapia

Av. Jornalista Aníbal Fernandes, s/n. Cidade Universitária

CEP: 50740-560 – Recife – PE (BRA)

**Palavras chaves:** Cirurgia bariátrica; Espirometria; Impedância elétrica; Medidas de volume pulmonar

## Resumo

**Introdução:** A cirurgia bariátrica é considerada o tratamento de escolha para obesidade grave, entretanto este tipo de intervenção está associada à incidência de complicações respiratórias como atelectasia e pneumonia. Um dos mecanismos básicos envolvidos nas alterações respiratórias é a falta de insuflação pulmonar adequada que decorre de um padrão respiratório superficial associado a restrição prolongada no leito e disfunção diafragmática. O objetivo do presente estudo foi avaliar o impacto da cirurgia bariátrica na função pulmonar, força muscular respiratória e ventilação pulmonar regional.

**Métodos:** Trata-se de um estudo Quase Experimental que consistiu na avaliação da espirometria forçada, manovacuometria e monitorização da ventilação pulmonar através da Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) no período pré operatório e no 1º dia após cirurgia bariátrica por via videolaparoscópica. **Resultados:** A amostra foi composta por 11 indivíduos submetidos a cirurgia bariátrica com IMC médio de  $44,70 \pm 3,35$  Kg/m<sup>2</sup>. Foram encontradas reduções da função pulmonar e PIMax quando comparados os resultados pré e pós operatório ( $p < 0,05$ ). Não foram encontradas diferenças na PEMax antes e após a cirurgia. Em relação à ventilação pulmonar não foram encontradas diferenças na variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) total e regional, Volume corrente (VC) e porcentagem (%) de distribuição da ventilação nas regiões direita x esquerda e anterior x posterior quando comparado o pré e o pós operatório. Outro resultado observado foi uma forte correlação entre as variáveis  $\Delta Z$  Total e VC. **Conclusão:** Nossos resultados mostram que a cirurgia bariátrica traz prejuízos à função pulmonar e à PIMax, e parece não exercer influência sobre a Ventilação pulmonar total e regional ( $\Delta Z$  e VC) como também na PeMáx de obesos mórbidos. Além disso a distribuição da ventilação pulmonar apresenta-se semelhante no período pré e pós operatório.

**Palavras chaves:** Cirurgia bariátrica; Espirometria; Impedância elétrica; Medidas de volume pulmonar

## Introdução

A disfunção dos músculos respiratórios, especialmente o diafragma, observada em pacientes submetidos a cirurgia abdominal alta é a maior causa de complicações pulmonares no pós operatório, podendo transcorrer com hipoventilação, devido ao efeito residual do anestésico e um padrão ventilatório superficial, entre outros fatores, em função da dor pós operatória (AROZULLAH, CONDE, LAWRENCE, 2003).

Estas alterações são agravadas em pacientes obesos mórbidos, apresentando um comprometimento da função pulmonar no período pós operatório, devido, principalmente, aos efeitos dos anestésicos utilizados para sedação e conseqüente redução do drive respiratório (EICHENBERGER, et al, 2002; PELOSI et al, 2006; PELOSI et al, 1998), com isso existe um alto risco para desenvolvimento de complicações pulmonares pós operatórias, como atelectasias, pneumonias e alterações na troca gasosa, o que está associado a reduções de VEF1, CVF e relação VEF1/CVF abaixo de 70% de valores preditos (van HUISSTEDE A, et al, 2013).

A Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) consiste de um método de obtenção de imagens de baixo custo, não invasivo, sem efeitos colaterais e que permite a monitorização contínua da ventilação regional pulmonar com grande resolução temporal (superior à tomografia computadorizada) em tempo real (BAYFORD, TIZZARD, 2012), sendo considerado um instrumento útil para a avaliação do sistema respiratório (BLANKMAN et al., 2013). Trata-se de um instrumento validado e reproduzível com forte correlação entre as alterações globais e regionais de impedância no sistema respiratório através da TIE comparadas a técnicas como espirometria e tomografia computadorizada. (TANAKA, GALIZIA, ORTEGA, 2008).

Apesar de estudos a longo prazo demonstrarem que a perda de peso pós cirurgia bariátrica leva a uma melhora da função e força muscular respiratória, além de melhora das comorbidades (BUCHWALD H, et al, 2004), os resultados no período pós operatorio ainda são conflitantes (THOMAS PS, et al, 1989; DAVILA-CERVANTES et al, 2004; ZAVORSKY, et al 2007). Desta

forma, o presente estudo teve como objetivo, avaliar o impacto da cirurgia bariátrica sobre a função e ventilação pulmonar regional em pacientes obesos submetidos a cirurgia de gastroplastia.

## **Materiais e Métodos**

### **Desenho do Estudo e Participantes**

Trata-se de um estudo do tipo quase experimental envolvendo pacientes obesos no pré e pós operatório de cirurgia bariátrica. Os indivíduos foram selecionados por conveniência, de acordo com demanda do serviço de cirurgia bariátrica do Hospital das Clínicas-Recife PE, no período de Abril 2015 a Abril 2016. O presente estudo atendeu aos termos preconizados pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução nº 466/12) para pesquisa com seres humanos e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da UFPE sob o protocolo CAAE 38032414.3.0000.5208 – Anexo I, e registrado no *clinicaltrial.gov* sob número NCT02577744. Todos os voluntários foram devidamente informados sobre os objetivos, os métodos, os riscos e os benefícios do estudo e participaram voluntariamente de acordo com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O tamanho amostral foi calculado através de um estudo piloto envolvendo 5 indivíduos, utilizando a diferença de média e desvio padrão da variável da tomografia de impedância elétrica Variação de Ventilação Total ( $\Delta Z$  Total) do pré ( $14.53 \pm 4.75$ ) e pós operatório ( $8.30 \pm 0.75$ ), o cálculo foi realizado através do software Gpower (FAUL et al, 2007), com um nível de significância de 95% e um poder de estudo de 95%, obtendo um tamanho da amostra de 9 indivíduos.

### **Crítérios de inclusão e Exclusão**

Foram incluídos indivíduos candidatos a cirurgia bariátrica com avaliação da indicação cirúrgica feita pela equipe multiprofissional do Serviço de Cirurgia Bariátrica do HC/UFPE. Foram excluídos os voluntários super obesos ( $IMC < 50 \text{ kg/m}^2$ ), portadores de pneumopatias graves, insuficiência cardíaca congestiva (NYHA classe III ou IV) e/ou doença arterial coronariana. Os

indivíduos que necessitassem de internamento em Unidade de Terapia Intensiva e/ou que necessitassem de Assistência Ventilatória Mecânica Invasiva pós operatória, foram excluídos.

### **Procedimentos (Protocolo)**

O estudo foi composto por duas fases:

Fase Pré-operatória: Foram realizadas a triagem dos pacientes através de Anamnese e aplicação dos critérios de elegibilidade, Coleta de Dados Antropométricos, Espirometria, teste de Força Muscular Respiratória, Monitorização de uma respiração tranquila com a Tomógrafo de Impedância Elétrica, bem como sua concordância em participação do estudo e assinatura do TCLE. Logo em seguida os paciente dirigiam-se ao bloco cirúrgico para realização do procedimento cirúrgico.

Quanto à cirurgia, todos os pacientes foram submetidos ao mesmo protocolo anestésico (conforme descrito abaixo) e cirúrgico (Gastrectomia vertical – *Sleeve*, via videolaparoscópica), pela mesma equipe de cirurgiões do Serviço de Cirurgia Bariátrica do HC-UFPE.

#### Protocolo anestésico

Os pacientes eram monitorizados na sala cirúrgica com eletrocardiograma, saturação periférica de oxigênio, pressão arterial não invasiva, pressão expiratória final de gás carbônico (PETCO<sub>2</sub>) através da capnografia e monitorização de bloqueio neuromuscular com TOF-Watch SX®. A pré oxigenação era com oxigênio a 100% sob máscara facial por 5 min, procedendo-se a indução venosa com a administração de Dexmedetomidina 100 µg, cloridrato de Remifentanil 0,15µg/kg/min, Propofol em infusão alvo controlada, Rocurônio 0,6mg /kg e manutenção do Rocurônio em infusão contínua 0,5mg/kg/h, Cefazolina 2g, Ondansetrona 4mg, Omeprazol 40mg, Bextra 40mg, dipirona 2g, Morfina 0,06mg/kg, Sugamadex 2mg/kg. A manutenção anestésica era realizada com infusão alvo controlada de Propofol e Remifentanil. As concentrações utilizadas foram com base no peso corporal ideal. A hidratação era realizada com cristaloides (8ml/kg/h). Imediatamente

após intubação, os pacientes eram submetidos à ventilação mecânica com o ventilador (Dixtal DX 5020) em modo volume controlado e com volume corrente de 7 ml/kg de peso corporal ideal, com uma frequência ajustada para manter um dióxido de carbono de 35-42 mmHg, e uma relação inspiratório / expiratório de 1:2. A fração inspiratória de oxigênio (FIO<sub>2</sub>) era de 0,5.

Fase Pós-Operatória: Nas 24 horas decorrentes da cirurgia os pacientes eram localizados na Enfermaria cirúrgica do HC-UFPE, pelo período da manhã, e consultados os prontuários e equipe médica sobre estado geral, analgesia e presença de intercorrências ou complicações pós operatórias, na ausência de quaisquer anormalidades, os pacientes eram abordados e realizados exames de espirometria, testes de força muscular respiratória e monitorização de uma respiração tranquila com o tomógrafo de impedância elétrica.

### **Dados Antropométricos**

Dados referentes ao peso e altura foram coletados através de mensuração no próprio ambulatório de Obesidade HC/UFPE através de uma balança e estadiômetro (Welmy modelo W300 – Brasil) com capacidade para 300 quilogramas (Kg). Também foram aferidas as medidas de circunferência do pescoço (CP), quadril (CQ) e cintura (CC), através de cinta métrica inelástica. Ambas as aferições, no pré e pós operatório, foram realizadas pelo mesmo pesquisador e utilizados os mesmos instrumentos.

### **Espirometria**

Foi realizada através do espirômetro *Micro Medical Microloop MK8* (Kent, Inglaterra), no qual foram mensurados: volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>), capacidade vital forçada (CVF), pico de fluxo expiratório (PFE), Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75% (FEF 25-75%) e a relação do volume expiratório forçado no primeiro segundo pela capacidade vital forçada (VEF<sub>1</sub>/CVF). A espirometria foi realizada com os voluntários na posição sentada, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal. Foram realizadas pelo menos três manobras de capacidade vital forçada (CVF), de acordo com os critérios de reprodutibilidade e aceitabilidade da *American Thoracic Society-ATS* (MILLER et al., 2005) e as diretrizes para teste da função pulmonar

(PEREIRA, 2007), em que foi considerada a variação de 0,2 L entre os testes e a média das três medidas realizadas (MOORE, 2012). Os valores espirométricos foram expressos como média e porcentagem do valor predito normal para a população brasileira (DUARTE; PEREIRA; RODRIGUES, 2006).

### **Força muscular respiratória**

Foi utilizado o manovacuômetro digital MV-300 (Globalmed, São Paulo, Brasil) para mensuração da pressão inspiratória ( $P_{Im\acute{a}x}$ ) e expiratória máxima ( $P_{Em\acute{a}x}$ ). Os voluntários foram posicionados sentados, pés apoiados no chão, coluna ereta, sem apoios para os membros superiores e usando boquilha e clipe nasal e foram orientados para realizarem a manobra de  $P_{Im\acute{a}x}$  a partir do Volume Residual (VR), realizando uma inspiração máxima e sustentada, e a manobra de  $P_{Em\acute{a}x}$  a partir da Capacidade Pulmonar Total (CPT), realizando uma expiração máxima. Foram realizadas um mínimo 5 manobras para cada medida, com intervalos de um minuto entre elas, com reprodutibilidade de 5-10% entre as manobras (NEDER et al., 1999). Para registro dos dados foi adotada a melhor entre as cinco manobras.

### **Tomografia de Impedância Elétrica**

A TIE avaliou o comportamento da ventilação pulmonar regional, através da medida da variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$  total = impedância inspiratória – impedância expiratória), e da distribuição da ventilação pulmonar nas regiões anterior x posterior e direito x esquerdo.

As imagens da TIE foram adquiridas usando um dispositivo de tomografia de impedância ENLIGHT (Timpel, Brasil), capaz de produzir 50 imagens por segundo. Era fixado uma cinta com os 32 elétrodos circunferencialmente (igualmente espaçados) em torno do tórax do voluntário. O tamanho da cinta foi determinada pela hemiperimetria do tórax sendo a cinta M adotada para o paciente com hemiperimetria torácica entre 50 e 55 cm e a cinta G adotada para o paciente com hemiperimetria torácica entre 56 e 61 cm. Uma corrente elétrica de 5 mA foi injectada a 125 KHz por meio de um par de elétrodos, que se intercala em um padrão mantendo sempre um eletrodo não injetável interposto entre os eletrodos injetáveis (BAYFORD, TIZZARD, 2012).

Os pacientes ficaram posicionados em sedestação com 90° flexão de membros inferiores, em uma poltrona com apoio lateral para os braços. Após o posicionamento foram coletados 5 minutos de respiração basal, sendo os pacientes orientados a realizarem uma respiração tranquila através de uma máscara facial. Após a aquisição do sinal tomográfico os dados foram exportados via USB e analisados no Software IET versão 8.5. Foram considerados para análise dos dados, 3.000 frames (1 minuto) de respiração estável dentre os 5 minutos coletados. Para análise das regiões anterior e posterior foi realizada uma marcação em torno do eletrodo 16, considerando toda área acima dele como anterior e abaixo como posterior. Foram analisadas além da distribuição regional da ventilação, a sincronia ventilatória entre pulmão direito e esquerdo e entre região anterior e posterior através da medida do ângulo fase. Também foi calculado o Centro da Ventilação (CoV), que demonstra a distribuição da ventilação entre as regiões anterior e posterior.

### **Análise estatística**

Para a análise estatística foi utilizado o software SigmaPlot® versão 11.0 e o SPSS para Windows, version 20.0 – Statistical Package for the Social Science. Inicialmente as variáveis numéricas foram avaliadas quanto a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e de acordo com a distribuição os resultados foram apresentados através das médias ou medianas, desvio-padrão ou intervalo interquartil, p valor, Diferença de Médias (DM) e Intervalos de Confiança (IC) 95%. Para a comparação entre as fases (pré e pós operatória) foram utilizados os testes t de Student para amostras pareadas ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas. Para todos os testes foi considerado como valor de significância  $p < 0,05$ .

Foram adotados como desfechos primários os dados de ventilação ( $\Delta Z$  total e regional) e como desfechos secundários secundários: Homogeneidade/Heterogeneidade na ventilação pulmonar, Sincronia Ventilatória, Função pulmonar e Força muscular respiratória.

## Resultados

### Características dos pacientes

Participaram deste estudo 11 indivíduos submetidos a cirurgia bariátrica, dos quais 9 eram mulheres e 2 homens (n = 11). Na Tabela 1 são apresentadas as variáveis antropométricas dos participantes.

Tabela 1: Características Antropométricas

<b>Variável</b>	<b>Média ± DP</b>
Sexo	9M / 2H
Idade (anos)	32 ± 7,88
Peso (Kg)	118,95 ± 18,95
Altura (m)	1,63 ± 0,08
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	44,70 ± 3,35
Circunferência Pescoço (cm)	42,41 ± 2,65
Circunferência Quadril (cm)	133,36 ± 9,94
Circunferência Cintura (cm)	128,00 ± 14,98
RCQ	0,96 ± 0,10

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **M**: Mulheres **H**: Homens. **IMC**: Índice de Massa Corpórea. **RCQ**: Relação Cintura Quadril. **Kg**: Quilogramas **cm**: centímetros **m**: metros

### Espirometria

Os dados espirométricos pré e pós operatórios são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Dados da Função Pulmonar e Força Muscular Respiratória nos momentos pré e pós operatório.

Variável	Pre-OP (Média±DP)	Pos-OP (Média±DP)	DM (IC 95%)	P
VEF1 (%predito)	0,92 ± 0,12	0,68 ± 0,19	0,24 (0,10-0,38)	0,002*
CVF (%predito)	0,90 ± 0,13	0,66 ± 0,18	0,24 (0,10-0,38)	0,003*
PFE (%predito)	0,85 ± 0,13	0,57 ± 0,22	0,28 (0,12-0,44)	0,002*
VEF1/CVF (%predito)	1,03 ± 0,04	1,03 ± 0,04	(-0,04-0,04)	0,795
FEF 25/75 (%predito)	1,01 ± 0,16	0,72 ± 0,24	0,29 (0,11-0,47)	0,004*
PiMáx (cmH <sub>2</sub> O)	111,18 ± 31,03	75,91 ± 38,90	35,27 (3,97- 66,57)	0,029*
PeMáx (cmH <sub>2</sub> O)	127,67 ± 65,53	94,17 ± 60,15	33,5 (-22,44- 89,44)	0,259

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **Pre-OP:** Pré-operatório **Pos-OP:** Pós-operatório. **VEF1:** Volume Espiratório Forçado no primeiro segundo. **CVF:** Capacidade Vital Forçada. **PFE:** Pico de Fluxo Espiratório. **FEF 25-75:** Fluxo Espiratório Forçado entre 25 e 75% da capacidade vital forçada. **PiMáx:** Pressão Inspiratória Máxima. **PeMáx:** Pressão Expiratória Máxima. \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t pareado ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

### Força Muscular Respiratória

Os dados de força muscular respiratória (PiMáx e PeMáx) pré e pós operatórias são apresentados na Tabela 2. Observamos uma redução da PiMáx após a gastroplastia quando comparada ao período pré-operatório. Ao analisarmos a PeMáx não observamos diferenças em seus valores quando comparado o pré com o pós operatório.

### Ventilação Pulmonar e Distribuição Regional da Ventilação

A tabela 3 apresenta os dados referentes às variáveis de Ventilação Pulmonar Regional da Tomografia de Impedância Elétrica nos momentos pré e pós operatório. Não foram encontradas diferenças no  $\Delta Z$  total e Regional, VC e

% de distribuição da ventilação nas regiões direita *versus* esquerda e anterior *versus* posterior quando comparado o pré e o pós operatório ( $p > 0,05$ ).

Também observamos um forte correlação entre as variáveis  $\Delta Z$  Total e VC, com  $r=0,721$  ( $p=0,016$ ) para o pré operatório e  $r=0,829$  ( $p < 0,01$ ) no pós operatório.

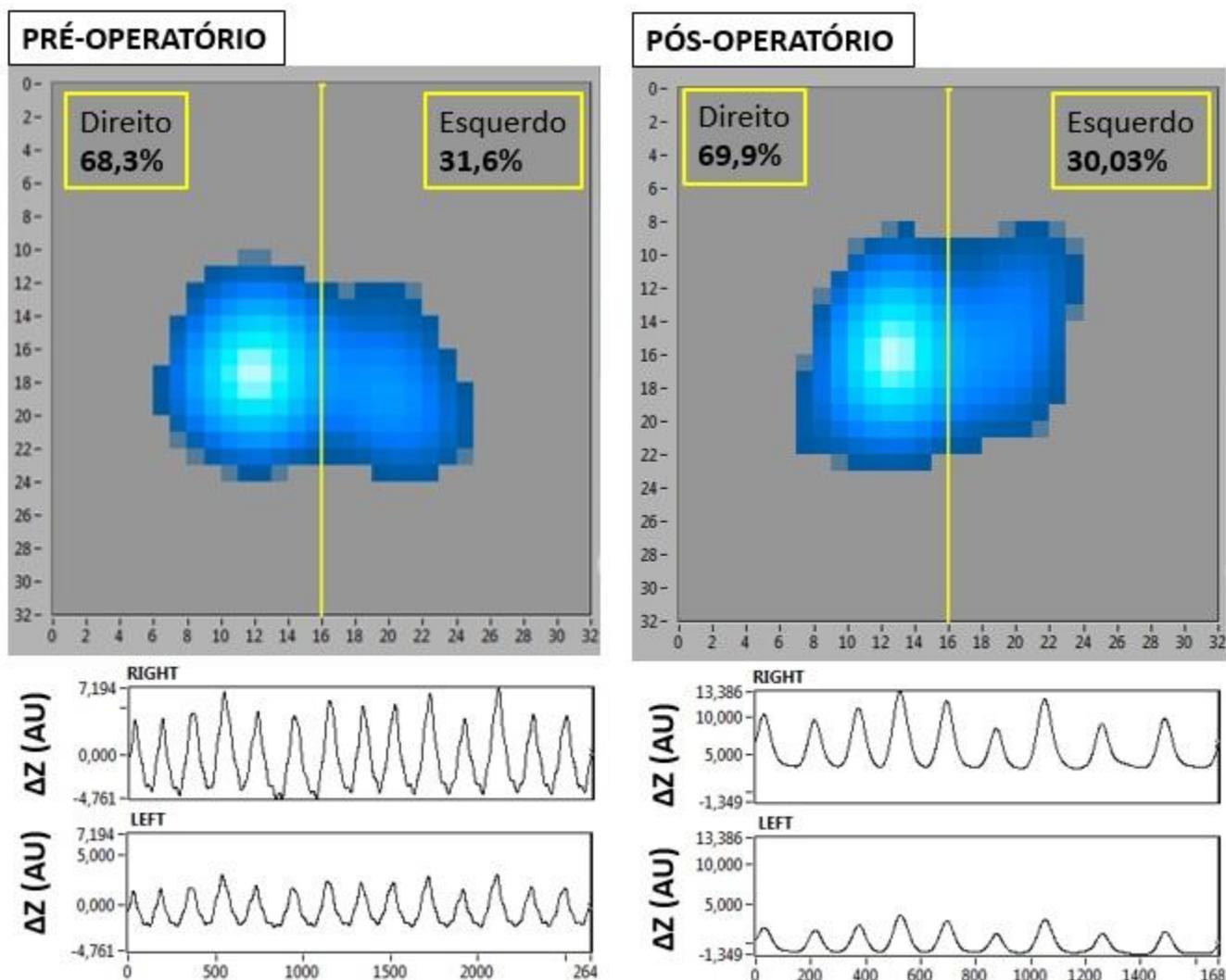
A Tabela 4 apresenta os dados referentes à Distribuição da Ventilação pulmonar obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica no pré e pós operatório de obesos submetidos a cirurgia bariátrica, como ilustrado nas Figuras 1 e 2. Não foram encontradas diferenças entre os momentos para a contribuição (%) das regiões direita ( $p=0,009$ ) e esquerda ( $p=0,009$ ). Apesar da região direita contribuir mais para a ventilação em ambos os grupos, foi observado que nos obesos esta contribuição é ainda maior quando comparada aos eutróficos com consequente redução da contribuição da região esquerda nestes indivíduos. Não foram observadas diferenças na distribuição da ventilação em relação às regiões Anterior ( $p=0,433$ ) e Posterior ( $p=0,622$ ) entre os grupos.

**Tabela 3:** Dados da Ventilação Pulmonar ( $\Delta Z$  Total,  $\Delta Z$  Direito,  $\Delta Z$  Esquerdo,  $\Delta Z$  Anterior,  $\Delta Z$  Posterior) obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica nos momentos pré e pós operatório.

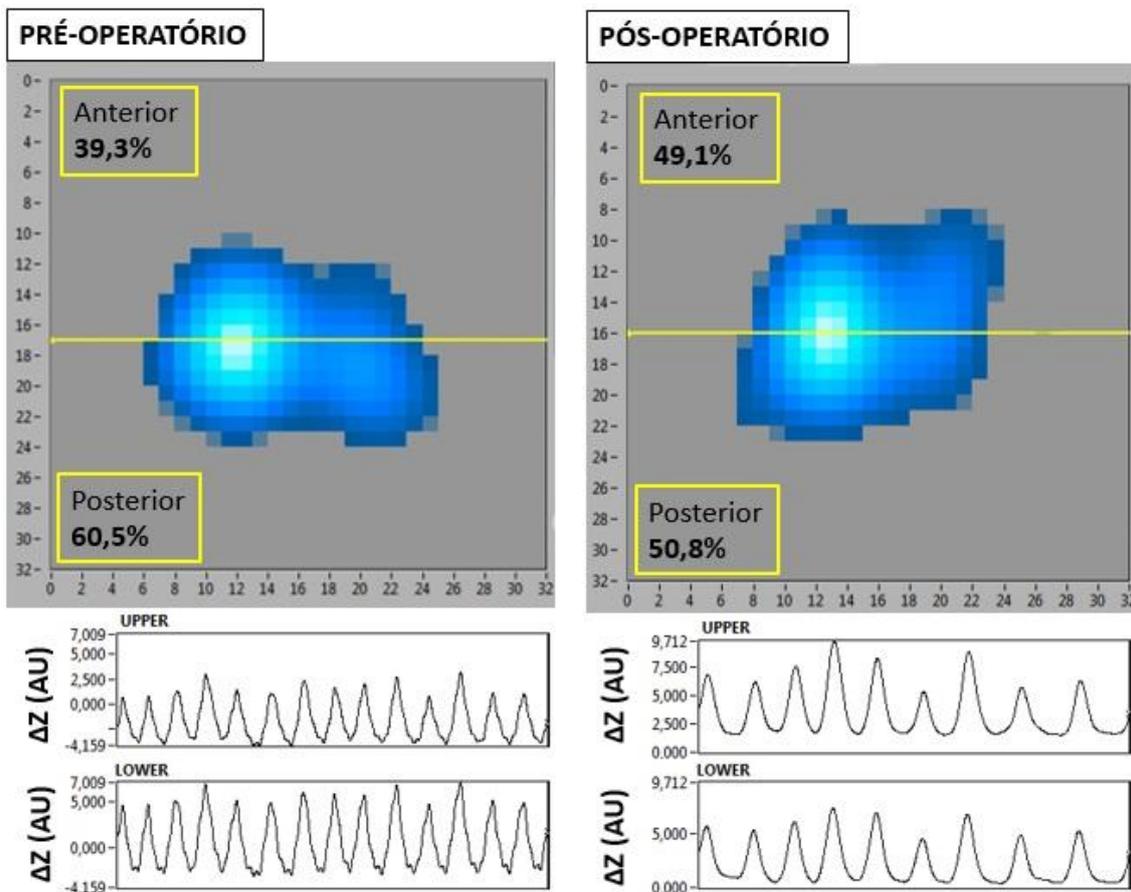
Variável	Pré-OP	Pós-OP	DM (IC 95%)	P
$\Delta Z$ Total	18,82 $\pm$ 10,24	15,79 $\pm$ 7,26	3,03 (-4,86-10,92)	0,267
VC (mL)	571,69 (483,52-783,25)	518,25 (451,47-699,87)	-25,54 (-73,84-22,76)	0,131
$\Delta Z$ Direito	11,46 $\pm$ 6,10	9,47 $\pm$ 3,97	1,99 (-4,92-8,90)	0,200
$\Delta Z$ Esquerdo	7,35 $\pm$ 4,24	6,33 $\pm$ 3,40	1,02 (-2,40-4,44)	0,409
$\Delta Z$ Anterior	8,26 $\pm$ 4,90	6,96 $\pm$ 3,15	1,3 (-2,36-4,96)	0,259
$\Delta Z$ Posterior	10,56 $\pm$ 5,49	8,83 $\pm$ 4,10	3,6 (-0,71-7,91)	0,282

Resultados expressos em Média  $\pm$  Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%).  **$\Delta Z$** : Variação de Impedância Elétrica. **AU**: Unidade Arbitrária. **VC**: Volume Corrente. **ml**: Mililitros. \* $p < 0,05$  (diferença estatística).

Teste t para amostras independentes ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.



**Figura 1:** Imagem tomográfica da Variação de Impedância Elétrica e Distribuição da Ventilação Pulmonar dos ROIs Direito x Esquerdo de uma voluntária no momento pré operatório e pós operatório exportados do software IET Analysis. Observamos a manutenção da  $\Delta Z$  Direita e Esquerda no pré e pós operatório de uma voluntária obesa, além de uma contribuição predominante da ROI Direita comparada com a Esquerda.  $\Delta Z$ : Variação de Impedância. **AU**: Unidade Arbitrária.



**Figura 2:** : Imagem tomográfica da Variação de Impedância Elétrica e Distribuição da Ventilação Pulmonar das ROIs Anterior x Posterior de uma voluntária no momento pré operatório e no momento pós operatório do software IET Analysis. Observamos uma discreta variação na  $\Delta Z$  Anterior e Posterior da voluntária obesa no momento pré e pós operatório.  $\Delta Z$ : Variação de Impedância. **AU**: Unidade Arbitrária.

**Tabela 4:** Dados da Distribuição Regional da Ventilação obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica

Variável	Pré-OP	Pós-OP	DM (IC 95%)	P
(%) Direito	61,6 ± 6,08	60,8 ± 5,81	0,8 (-4,49-6,09)	0,631
(%) Esquerdo	38,4 ± 6,08	39,3 ± 5,78	-0,9 (-6,18-4,38)	0,555
(%) Anterior	43,3 ± 5,49	43,2 ± 7,48	0,1 (-5,74-5,94)	0,963
(%) Posterior	56,7 ± 5,48	56,8 ± 7,49	-0,1 (-5,94-5,74)	0,963
CoV (A/P)	0,779 ± 0,166	0,788 ± 0,226	-0,009 (-0,19-0,17)	0,865

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%). **(%) Direito:** Porcentagem de contribuição do pulmão direito na ventilação total. **(%) Esquerdo:** Porcentagem de contribuição do pulmão esquerdo na ventilação total. **(%) Anterior:** Porcentagem de contribuição da região anterior na ventilação total. **(%) Posterior:** Porcentagem de contribuição da região posterior na ventilação total. **CoV (A/P):** Centro da ventilação em relação a região anterior/posterior. \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t pareado ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das variáveis numéricas.

### Homogeneidade/Heterogeneidade na Ventilação Pulmonar

Para análise da Homogeneidade/Heterogeneidade Pulmonar das regiões Anterior e Posterior, foi analisado o Centro de Ventilação (CoV), e observamos que no pré-operatório 100% dos obesos apresentaram valores de CoV <1, enquanto que no pós operatório 80% dos obesos apresentaram valores de CoV <1 e 20% valores de CoV = 1, o que demonstra uma predominância da ventilação da região posterior em relação à anterior após o procedimento cirúrgico (Tabela 4).

### Sincronia Ventilatória

A tabela 5 apresenta os dados dos Ângulos fases ( $\phi$ ) entre as ROIs Direita/Esquerda e Anterior/Posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica no período pré e pós operatório. Não foram observadas assincronias ventilatórias entre as ROIs Direita/Esquerda e Anterior/Posterior quando comparado o pré com o pós operatório.

**Tabela 5:** Dados referentes á análise do sincronismo/assincronismo respiratório entre os Pulmões Direito/Esquerdo e Regiões Anterior/Posterior obtidos através da Tomografia de Impedância Elétrica no pré e pós operatório.

Variável	Pré-OP	Pós-OP	DM (IC 95%)	P
$\phi$ (D/E)	-1,117 ± 6,39	0,730 ± 2,68	-1,847 (-6,21-2,51)	0,364
$\phi$ (A/P)	12,38 ± 5,80	15,04 ± 6,36	-2,66 (-8,07-2,75)	0,287

Resultados expressos em Média ± Desvio Padrão / Mediana (Intervalos Interquartis 25% e 75%).  $\phi$  (D/E): Ângulo fase entre pulmão direito e esquerdo.  $\phi$  (A/P): Ângulo fase entre região anterior e posterior. \*p < 0,05 (diferença estatística). Teste t pareado ou o teste de Mann-Whitney de acordo com a distribuição de normalidade das varáveis numéricas.

## Discussão

Este estudo é pioneiro na avaliação e análise da ventilação, distribuição regional, sincronia e homogeneidade ventilatória de indivíduos obesos em respiração espontânea com a TIE no pré e pós operatório de cirurgia bariátrica, no qual foram observadas que apesar da redução nos valores espirométricos (VEF1, CVF, PFE e FEF25-75) e PiMax no pós operatório, não foram observadas diferenças na ventilação total e regional (direito, esquerdo, anterior e posterior), e na distribuição regional a ventilação, quando comparado o pré com o pós operatório. Também não observamos heterogeneidade na ventilação em relação às regiões anterior e posterior, apesar de nos momentos pré e pós operatórios os obesos apresentarem predomínio da ventilação em região posterior. Além disso não foi encontrada diferença na PEmax, quando comparado o pré e o pós operatório de obesos submetidos a cirurgia bariátrica.

## Tomografia de Impedância Elétrica

### Ventilação Pulmonar e Distribuição Regional da Ventilação

Em nosso estudo, observamos que não houve mudanças na ventilação pulmonar total e regional nos pulmões direito e esquerdo e regiões anterior e posterior quando comparado os momentos pré e pós operatórios de obesos submetidos a cirurgia bariátrica. Quanto à contribuição (%) de cada região na

ventilação pulmonar total, também encontramos que não houve diferença quando comparado os momentos pré e pós operatório.

Barbalho-Moulim et al (2011), encontraram em seu estudo com pacientes obesos no pré operatório de cirurgia bariátrica, que o VC, avaliado através da espirometria foi mantido inalterado no período pós-operatório, sem diferença significativa comparado com o pré-operatório. Esses resultados são similares aos nossos, onde através da monitorização de uma respiração tranquila, o que traduz uma ventilação nos volumes correntes (inspiratórios e expiratórios), demonstrando não haver comprometimento da ventilação após a cirurgia. Nossos achados divergem dos encontrados por Eichenberger et al (2002), onde comparou pacientes obesos e não obesos no pós operatório de cirurgia abdominal e constatou que após 24h, os pacientes obesos ainda permaneciam com comprometimento da ventilação através de áreas de atelectasias constatadas através da Tomografia computadorizada (TC). A TC é um método de obtenção de imagens na qual é possível avaliar os órgãos e estruturas anatômicas em toda sua extensão, enquanto que a TIE nos traz dados de uma faixa torácica de 6 a 8 cm de extensão, essa característica pode justificar as diferenças de nossos resultados com o de Eichenberger, na qual as áreas hipoventiladas (atelectasias) poderiam estar situadas em regiões não monitorizadas pela TIE.

O posicionamento da cinta da TIE na região média (linha axilar) correspondente ao 1/3 médio dos pulmões na caixa torácica também podem em parte, justificar nossos resultados, podendo explicar o fato de não termos encontrado reduções significativas na ventilação pulmonar, uma vez que as regiões de base pulmonar (dependes da gravidade) são as mais acometidas por colapso alveolar e presença de atelectasias (EICHENBERGER et al., 2002).

Foi observada uma forte correlação entre as variáveis  $\Delta Z$  Total e VC em nossos estudo. Esses achados estão de acordo com alguns estudos que demonstraram uma relação linear entre as alterações de volume e da  $\Delta Z$ , onde observaram um aumento gradual na  $\Delta Z$  á medida que aumenta o volume pulmonar (ADLER A, et al, 1997; HAHN G, et al, 1995; FRERICHS I, HAHN G HELIGE G, 1999). Contudo, a comparação dos nossos achados com outros

na literatura é prejudicada, pois não foram encontrados estudos que avaliassem a população de obesas através da TIE.

#### Homogeneidade/Heterogeneidade Ventilatória

O centro de ventilação (CoV) reflete a distribuição do volume corrente na direção anterior-posterior. Em um modelo de ventilação onde a ventilação é distribuída sobretudo em região anterior CoV é  $>1$ . Durante a assistência ventilatória mecânica invasiva e a utilização de PEEP é possível avaliar o movimento desse CoV. Diante dessa possibilidade de avaliação, utilizamos as variações do CoV como indicador de ventilação não homogênea ( $COV < 1$  ou  $> 1$ ), considerando valores em torno de 1 como uma ventilação homogênea entre as regiões anterior e posterior.

Em nossos resultados observamos que 100% dos obesos no pré operatório e 80% no pós operatório apresentaram valores de CoV  $< 1$ , demonstrando uma predominância da ventilação da região posterior em relação à anterior. Sabe-se que quanto mais distante de 1 maior é a heterogeneidade na distribuição da ventilação em relação às regiões anterior e posterior, porém ainda não existem pontos de corte para determinar a magnitude dessa heterogeneidade na distribuição da ventilação pulmonar. A partir desse conhecimento e com a observação dos nossos resultados, encontramos valores médios de CoV próximos de 1 o que pode ser considerado uma ventilação homogênea quando comparado as regiões anterior e posterior.

#### Sincronia Ventilatória

O ângulo de fase é o ângulo que o vetor impedância forma com o vetor resistência, estando positivamente associado com a reatância e negativamente associado com a resistência. Quando se calcula o ângulo de fase entre as ondas relativas ao sinal pletismográfico de cada pulmão/região na TIE, o ângulo negativo significa que tem seu tempo de esvaziamento atrasado em relação ao outro pulmão/região de referência e quando um ângulo é positivo significa que tem seu tempo de esvaziamento adiantado em relação ao pulmão/região de referência, desta forma quanto mais distante de zero, maior a dessincronia da ventilação entre os pulmões/regiões. A medida do ângulo de

fase entre os pulmões direito e esquerdo e região anterior e posterior nos momentos pré e pós operatório variaram de torno de 6 a 20 graus, o que podemos interpretar como ausência de assincronias ventilatórias.

Diante do exposto tanto o pulmão direito e o esquerdo quanto a região anterior e posterior ventilam de forma sincrônica. Ainda não existem estudos que estabeleçam valores de referência para interpretação dos ângulos fase da TIE, porém têm se observado em indivíduos saudáveis com faixa etária entre 20-60 anos que a variação gira em torno de 11-20 graus.

### **Função Pulmonar**

Foi observado em nosso estudo valores normais de espirometria no pré operatório dos indivíduos obesos, exceto para a CVF, tal fato explica-se pelos mecanismos adaptativos, que se desenvolvem pelo aumento da adiposidade torácica e abdominal, levando a um aumento da amplitude da caixa torácica, promovendo uma maior ventilação, compensando 1/3 da redução da complacência pulmonar dos obesos comparados a indivíduos com IMC normal (BEDELL, WILSON e SEEBOHM, 1958).

Em contrapartida observamos uma redução na CVF no momento pré operatório, o que diverge dos achados de Teixeira et al (2007), que não encontraram alteração nas médias na CVF quando analisaram as espirometrias de 49 obesos mórbidos. Sahebajami (1998) e Rubinstein et al (1990), explicaram que a redução da CVF não seja tão frequente quanto o esperado em obesos mórbidos.

Observou-se uma redução das variáveis espirométricas VEF1, CVF, PFE e FEF25-75 do pré operatório para o pós operatório, exceto a razão VEF1/CVF não mostrou redução significativa. Esses resultados também foram encontrados por Casali (2011), onde avaliou o efeito do TMI sobre a função pulmonar em obesos submetidos a gastroplastia por videolaparoscopia. A literatura é clara quanto às repercussões pulmonares após cirurgias abdominais altas, sendo as pneumonias e atelectasias as complicações mais comuns (HIGA, BOONE, TIENCHIN, 2000; EBEO et al., 2002). No pós-operatório imediato, o indivíduo desenvolve um padrão ventilatório mais superficial, limitando os ciclos respiratórios a incursões sob pequenos volumes

pulmonares e ausência de inspirações profundas, tal fato decorre das disfunções musculares relacionadas à anestesia, cirurgia e dor pós operatória, o que aumenta a incidência de complicações pulmonares pós-operatórias (SIAFAKAS et al., 1999). Nossos achados são semelhantes dos descritos por Christensen et al (1991) que estudaram obesos submetidos à cirurgia abdominal alta por laparotomia, sob anestesia geral, no qual encontraram redução da CVF em 45% e do VEF1 em 48% em relação aos valores pré-operatórios.

A função respiratória também pode ser acometida pela insuflação do pneumoperitônio, levando a um aumento da pressão intra-abdominal, elevando o diafragma, limitando a expansibilidade torácica e redução da complacência (LIBANORI, 1996). Sendo assim há uma redução da capacidade residual funcional, estando esta diminuição relacionada com o aparecimento de atelectasias. Simonneau et al (1983) evidenciaram que a dor pós operatória, o tipo de analgesia, tempo e incisão cirúrgica, favorecem a disfunção diafragmática, com a elevação das hemicúpulas e o surgimento de atelectasias.

### **Força Muscular Respiratória**

Observamos em nosso estudo uma redução da PiMáx após a gastroplastia quando comparada ao período pré-operatório. Representando uma queda de 67% da PiMáx no pós operatório quando comparado aos valores do pré operatório.

Nossos achados são similares aos encontrados por Paisani, Chiavengato e Faresin (2005), onde estudaram obesos submetidos a cirurgia bariátrica, e avaliaram a PiMax no 1º e 3º DPO, observando uma queda significativa da PiMax quando comparada aos valores do pré operatório. Siafakas et al (1999) já demonstraram que a anestesia, a técnica cirúrgica e a dor pós operatória são fatores importantes a serem considerados, levando a prejuízos na integridade dos músculos respiratórios.

Essa disfunção dos músculos respiratórios particularmente do diafragma, decorrentes da cirurgia abdominal, são as maiores causas de complicações pulmonares pós operatórias, levando a colapso alveolar e

contribuindo para a formação de atelectasias e pneumonias (TOBIN MJ, LAGHI F, 2003). Essa disfunção diafragmática é principalmente decorrente da inibição do reflexo do nervo frênico causado pela manipulação das vísceras no intraoperatorio e da dor pós operatória.

Zin et al (1992) encontraram disfunção respiratória importante no pós operatório de celiotomia, decorrente da dor e de efeitos residuais dos anestésicos e bloqueadores neuromusculares. De acordo com Putensen-Himmmer et al (1992) e Sifakakos et al (1999) essa disfunção muscular pós-operatória é mantida por 48h após a cirurgia, podendo persistir por até mais de uma semana.

Em um estudo prospectivo onde foram acompanhados 124 obesos durante 9 meses após gastroplastia, Powels et al (2015) observaram que em 9 meses a Pimáx ainda apresentou-se reduzida em comparação com pré operatório. Barbalho-Moulim et al (2011), avaliou o efeito do TMI no pré operatório de 32 obesas e também mostraram que existe uma redução significativa da Pi e Pemax no pós operatório de gastroplastia. Evidenciando uma redução de 28% no grupo TMI e 47% no grupo controle.

Tais resultados podem ser explicados pelas alterações dos mecanismos do controle neural, integridade muscular, mecanismos reflexos e alteração da mecânica toracoabdominal que acarretam em disfunção muscular respiratória de pacientes submetidos à cirurgia abdominal (WEINER et al, 1998).

Ao analisarmos a PeMáx não encontramos diferenças em seus valores comparando o pré com o pós operatório. Esse achados são similares aos de Parreira, et al (2012) acompanharam obesos no pré e pós-operatório de gastroplastia e mostraram em seus resultados que a PeMax ainda encontrou-se reduzida por até um mês após a cirurgia.

Embora Weiner, et al (1998) tenha mostrado em seu estudo de seguimento que após 6 meses de cirurgia já existe uma recuperação da PeMax, Barbalho Moulim et al (2013) acompanharam 24 obesas submetidas a gastroplastia e observaram uma persistência na redução na PeMax após 1 ano de cirurgia.

Quando comparado o efeito de duas técnicas cirúrgicas (laparotomia e laparoscopia) sobre a função pulmonar e força muscular respiratória foi encontrado que a  $P_{emax}$  reduziu 61% na cirurgia aberta e 27% na laparoscopia (BARBALHO-MOULIM et al, 2011). Em nosso estudo todos os pacientes foram submetidos a técnica videolaparoscópica e não obtendo redução significativa na  $PeMáx$  no pós-operatório comparada com valores pré-operatórios. Tal resultado deve-se ao fato de a cirurgia videolaparoscópica ser uma técnica cirúrgica minimamente invasiva, e ocasionar menor trauma nos músculos abdominais, e conseqüente menor repercussão na eficácia dos músculos expiratórios (KARAYIANNAKIS et al, 1996).

### **Conclusão**

Nossos resultados mostram que a cirurgia bariátrica traz prejuízos à função pulmonar e à  $PiMax$ , e parece não exercer influência sobre a Ventilação pulmonar total e regional ( $\Delta Z$  e VC) e a  $PeMáx$  de obesos mórbidos, e que a distribuição da ventilação pulmonar apresenta-se semelhante no período pré e pós-operatório. Nossa amostra foi composta de obesos sem comorbidades clínicas e respiratórias, submetidos à cirurgia bariátrica, esse perfil de pacientes cirúrgicos saudáveis pode justificar nossos achados na manutenção da ventilação basal através de mecanismos compensatórios no período pós-operatório imediato. Contudo, são necessários mais estudos envolvendo a TIE em indivíduos obesos no cenário cirúrgico, a fim de elucidarmos o comportamento da ventilação pulmonar e distribuição regional nesses indivíduos.

## Referências

Arozullah AM, Conde MV, Lawrence VA. Preoperative evaluation for postoperative pulmonary complications. *Med Clinics North Am.* 2003;87:153-73.

Eichenberger A-S, Proietti S, Wicky S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, et al. Morbid obesity and postoperative pulmonary atelectasis: an underestimated problem. *Anesth Analg.* 2002;95(6):1788–92

Bayford R, Tizzard A. Bioimpedance imaging: an overview of potential clinical applications. *Analyst.* 2012; 137:4635-4643.

Blankman P, Hasan D, Mourik MSV, Gommers D. Ventilation distribution measured with EIT at varying levels of pressure support and Neurally Adjusted Ventilatory Assist in patients with ALI. *Intensive Care Med.* 2013; 39:1057-1062.

Tanaka H; Ortega NRS, Galizia MS. Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. *Clinics.* 2008; v. 63, p. 363-70.

Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005 Aug;26(2):319–38

Duarte AA de O, Pereira CA de C, Rodrigues SCS. Validation of new brazilian predicted values for forced spirometry in caucasians and comparison with predicted values obtained using other reference equations. *J Bras Pneumol*;33(5):527–35.

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

Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Brazilian J Med Biol Res.* 1999 Jun;32(6):719–27

Adler A, Amyot R, Guardo R, Bates JH, Berthiaume Y. Monitoring changes in lung air and liquid volumes with electrical impedance tomography. *J Appl Physiol* 1997; 83:1762–7.

Hahn G, Sipinkova I, Baisch F, Hellige G. Changes in the thoracic impedance distribution under different ventilator conditions. *Physiol Meas* 1995; 16: A161–73.

Frerichs I, Hahn G, Hellige G. Thoracic electrical impedance tomographic measurements during volume controlled ventilation-effects of tidal volume and positive end-expiratory pressure. *IEEE Trans Med Imaging* 1999;18: 764–73.

Bedell GN, Wilson WR, Seebohm PM. Pulmonary function in obese person. *J Clin Invest.* 1958;37(7):1049-60.

Sahebjami H. Dyspnea in obese healthy men. *Chest.* 1998;114:1373-7.

Rubinstein I, Zamel N, DuBarry L, Hoffstein V. Airflow limitation in morbidly obese, nonsmoking men. *Ann Intern Med.* 1990;112(11):828-32. *Ann Intern Med* 1990;113(4):334.

Higa KD, Boone KB, Tienchin H. Complications of the Laparoscopic Roux em Y Gastric By Pass. *Obes Surg* 10: 509-513, 2000. 7. Linner JH, Drew RL. New modification of Roux-en-Y gastric bypass procedures. *Clin Nutr* 5: 33-7, 1986. 8.

Ebeo CT, Benotti PN, Byrd RA. The effect of bi level positive airway pressure on postoperative pulmonary function following gastric surgery for obesity. *Respir Med.* 2002; 96:672 -676

Christensen, E.F.; Schultz, P.; Jensen, O.V.; Egebo, K.; Engberg, M.; Gron, I.; Juhl, B. Postoperative Pulmonary Complications And Lung Function In High-Risk Patients: A Comparison Of There Physiotherapy Regimens After Upper Abdominal Surgery In General Anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*,V. 35, N. 2, P. 97-104, 1991

Libanori, H.T. Estudo comparativo da resposta ao traumatismo cirúrgico em pacientes submetidos à colecistectomia por videolaparoscopia e laparotomia. 1996. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996

Simonneau, G.; Vivien, A.; Sartene, R.; Kunstlinger, F.; Samii, K.; Noviant, Y.; Duroux, P. Diaphragm dysfunction induced by upper abdominal surgery. Role of postoperative pain. *Am Rev Respir Dis*, v. 128, n. 5, p. 899-903,1983.

Paisani, D.M.; Chiavegato, L.D.; Faresin, S.M. Volumes, Capacidades pulmonares e força muscular no pós-operatório de gastroplastia, *J Bras Pneumol*,v. 31, n. 2, p. 125-132, 2005.

Zin, W.A.; Santos, R.L.; Santos, M.A.; Sakae, R.S.; Saldiva, P.H. Effects of longitudinal laparotomy on respiratory system, lung and chest wall mechanics. *J Appl Physiol*, v. 72, n.5, p. 1985-1990.1992.

Putensen-Himmer, G.; Putensen, C.; Lammer, H.; Lingnau, W.; Aigner, F.; Benzer, H. Comparison of postoperative respiratory function after laparoscopy or open laparotomy for cholecystectomy. *Anesthesiology*, v. 77, n. 4, p. 675-680.1992.

Weiner P, Waizman J, Weiner M, Rabner M, Magadle R, Zamir D. Influence of excessive weight loss after gastroplasty for morbid obesity on respiratory muscle performance. *Thorax.* 1998;53(1):39-42.

Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Vicardi P, Gattinoni L. Total Respiratory System, Lung, and Chest Wall Mechanics in Sedated-Paralyzed Postoperative Morbidly Obese Patients. *Chest.* 1996;109(1):144–51.

Pelosi P, Croci M, Ravagnan I, Tredici S, Pedoto A, Lissoni A, et al. The Effects of Body Mass on Lung Volumes, Respiratory Mechanics, and Gas Exchange During General Anesthesia. *Anesth Analg.* 1998.87(3):654–60.

- Dávila-Cervantes A, Domínguez-Cherit G, Borunda D, Gamino R, Vargas-Vorackova F, González-Barranco J, et al. Impact of Surgically-Induced Weight Loss on Respiratory Function: A Prospective Analysis. *Obes Surg*; 2004 Nov 1;14(10):1389–92.
- Zavorsky GS, Murias JM, Kim DJ, Gow J, Sylvestre J-L, Christou N V. Waist-to-Hip Ratio Is Associated With Pulmonary Gas Exchange in the Morbidly Obese. *Chest*. 2007;131(2):362–7.
- Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos F do A, Costa D. Effects of preoperative inspiratory muscle training in obese women undergoing open bariatric surgery: respiratory muscle strength, lung volumes, and diaphragmatic excursion. *Clin*. 2011. 66(10):1721–7.
- Teixeira CA, Dos Santos JE, Silva GA, de Souza EST, Martinez JAB. Prevalence of and the potential physiopathological mechanisms involved in dyspnea in individuals with class II or III obesity. *J Bras Pneumol*.33(1):28–35.
- Casali CCC, Pereira APM, Martinez JAB, de Souza HCD, Gastaldi AC. Effects of inspiratory muscle training on muscular and pulmonary function after bariatric surgery in obese patients. *Obes Surg*. 2011;21(9):1389–94.
- Siafakas NM, Mitrouska I, Bouros D, Georgopoulos D. Surgery and the respiratory muscles. *Thorax [Internet]*. *BMJ*; 1999 May 1;54(5):458–65.
- Pouwels S, Kools-Aarts M, Said M, Teijink JAW, Smeenk FWJM, Nienhuijs SW. Effects of bariatric surgery on inspiratory muscle strength.2015;4:322.
- Barbalho-Moulim MC, Miguel GPS, Forti EMP, Campos F do A, Peixoto-Souza FS, Costa D. Pulmonary Function after Weight Loss in Obese Women Undergoing Roux-en-Y Gastric Bypass: One-Year Followup. *ISRN Obes*. 2013;2013:796454.
- Karayiannakis AJ, Makri GG, Mantzioka A, Karousos D, Karatzas G. Postoperative pulmonary function after laparoscopic and open cholecystectomy. *Br J Anaesth*. 1996 Oct;77(4):448–52
- Moore VC. Spirometry: step by step. *Breathe*. 2012 8: 232-240;
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. G\*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007 May;39(2):175-91.
- Tobin, MJ. Laghi Franco. Disorders of the respiratory muscles. *Am J Respir Crit Care Med*. v. 168 p. 10-48, 2003.
- Parreira VF, Matos CM, Athayde FT, Moraes KS, Barbosa MH, Britto RR (2012) Evolution of respiratory muscle strength in post-operative gastroplasty. *Rev Bras Fisioter* 16(3):225–230.
- Henry Buchwald, Yoav Avidor, Eugene Braunwald, Michael D. Jensen, Walter Pories, Kyle Fahrback, Karen Schoelles. Bariatric Surger: Systematic Review and Meta-analysis *JAMA*. 2004;292(14):1724-1737.
- Thomas PS, Cowen ER, Hulands G, Milledge JS. Respiratory function in the morbidly obese before and after weight loss. *Thorax* 1989;44:382-386

van Huisstede A, Biter LU, Luitwieler R, Castro Cabezas M, Mannaerts G, Birnie E, Taube C, Hiemstra PS, Braunstahl GJ. Pulmonary function testing and complications of laparoscopic bariatric surgery. *Obes Surg.* 2013;23(10):1596-603.