



Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências da Saúde  
Departamento de Fisioterapia  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia  
Nível Mestrado

**AMANDA SILVA COUTO**

**Efeito da ELTGOL e Acapella sobre Aeração e Ventilação Pulmonar  
Avaliada Através da Tomografia por Impedância Elétrica em  
Indivíduos com Fibrose Cística**

RECIFE

2016



Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Ciências da Saúde  
Departamento de Fisioterapia  
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia  
Nível Mestrado

AMANDA SILVA COUTO

**Efeito da ELTGOL e Acapella sobre Aeração e Ventilação Pulmonar  
Avaliada Através da Tomografia por Impedância Elétrica em  
Indivíduos com Fibrose Cística**

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

**Linha de Pesquisa:** Instrumentação e  
intervenção Fisioterapêutica

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Armêle Dornelas de  
Andrade

**Coorientador:** Prof. Dr. Murilo Carlos  
Amorim de Britto

RECIFE  
2016

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

C871e Couto, Amanda Silva.  
Efeito da ELTGOL e Acapella sobre aeração e ventilação pulmonar avaliada através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística / Amanda Silva Couto. – 2016.  
171 f.: il.; tab.; 30 cm.

Orientadora: Armêle Dornelas de Andrade.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia. Recife, 2016.

Inclui referências, apêndices e anexos.

1. Fibrose cística. 2. Fisioterapia. 3. Impedância elétrica. I. Andrade, Armêl Dornelas de (Orientadora). II. Título.

615.8 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS2017-032)

**“EFEITO DA ELTGOL E ACAPELLA SOBRE AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR  
AVALIADA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM  
INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA”**

**AMANDA SILVA COUTO**

**APROVADO EM: 28/09/2016**

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

**COORDINADORA: PROF. DR. MURILO CARLOS AMORIM DE BRITTO**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

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

---

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CYDA MARIA ALBUQUERQUE REINAUX – FISIOTERAPIA / UFPE**

---

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. LUCIANA ALCOFORADO MENDES DA SILVA – FACULDADE ESTÁCIO  
DO RECIFE**

**Visto e permitida à impressão**

---

**Coordenadora do PPGFISIOTERAPIA/DEFISIO/UFPE**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, Senhor do saber, que em sua imensa sabedoria guiou meus passos até aqui. Muitas vezes duvidei de minha capacidade, a saudade de casa falou mais alto, a insegurança do futuro bateu em minha porta, mas foi a fé Nele que nunca me fez desistir. Foi o Pai Nosso, que minha mãe me ensinou a rezar logo nos meus primeiros anos de vida, que acalmou meu coração e minha alma, me deu discernimento e coragem para seguir em frente. Obrigada Senhor, por ter me feito chegar tão longe e adquirir experiências profissionais raras no país em que vivemos.

Aos meus pais: Francisco Couto e Janet Couto, que sempre me incentivaram a estudar, mostrando desde cedo a importância do estudo, meio que dignifica, educada, dá responsabilidade e orgulho. Sempre apoiaram todas as minhas decisões, vibraram com minha aprovação no mestrado e fizeram-se presentes durante toda essa jornada com ligações praticamente diárias, interessados pelo meu tema, estudando junto comigo o mundo da pesquisa e docência, com objetivo de serem os melhores em seus conselhos e garantirem o meu bem estar. Peço desculpas por todos os anos de ausência, longe de casa, pelas vezes em que o estresse e dedicação exigidos pelo mestrado não me permitiram dar a atenção que vocês mereciam. Vocês são incríveis, amo vocês!

Ao meu irmão, Vinícius Couto, pelos conselhos, cumplicidade, cuidado, incentivo e onipresença. Nunca outra pessoa vai me entender tão bem com um olhar.

Aos meus tios Lúcia Couto, Francisco Couto e Teresinha Couto, que me receberam como filha em Recife, preocuparam-se com minhas noites em claro, minha alimentação e bem estar como se fossem meus pais de verdade. Viveram de perto o mestrado comigo, também preocupados e curiosos com o tema da minha dissertação, estiveram sempre disponíveis para me ajudar no que fosse preciso, obrigada pelo amor, carinho, dedicação e apoio.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Armêle Dornelas de Andrade, profissional extremamente competente, exigente e visionária. Obrigada por ter me acolhido tão bem em seu grupo de estudo, ainda quando nem era sua orientanda, fazendo-me integrar a um time seleto de profissionais, onde puder crescer profissionalmente,

desenvolvendo habilidades no ensino, pesquisa e prática clínica fundamentais na minha formação profissional.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Murilo Britto, por suas contribuições e orientação.

A Caio Morais, por toda sua ajuda desde o início do meu mestrado. Você foi fundamental desde o delineamento do meu desenho de estudo até a conclusão da minha dissertação. Obrigada por todo conhecimento passado, pelas inúmeras horas de Skype em seu horário de descanso me ajudando na análise e interpretação de dados, pela paciência e atenção. Seu caráter, humildade e responsabilidade com o próximo são admiráveis. Sou sua fã!

A Sóstynis Albuquerque, meu amigo e parceiro de mestrado, que nunca se recusou a me ajudar, sempre me incentivando nos momentos de adversidades, enfrentou comigo as mesmas ansiedades e dificuldade durante o período de coleta e análise de dados, juntos nos tornamos mais fortes e conseguimos avançar no desenvolvimento de nossos projetos. Seu carinho e compreensão foram muitas vezes meu único ponto de apoio.

À Sandra Fluhr, minha grande amiga, por todo amor, carinho e cumplicidade dedicados ao longo do mestrado. Foi um prazer inenarrável conviver com uma pessoa tão humana, inteligente e sensível. Sua alegria e amor foram fundamentais nessa jornada. Obrigada por toda ajuda, disponibilidade e incentivo. Você também fez parte de todas as etapas da construção dessa dissertação, tornando-se fundamental não apenas como companheira de laboratório, mas como amiga de uma vida.

A Filipe Pinheiro, grande amigo e parceiro desde o início do mestrado, cuja convivência tornou esse trajeto mais prazeroso. Faz parte das minhas conquistas extra lattes. Juntos crescemos pessoal e profissionalmente dentro do LACAP, obrigada por dividir junto comigo nossas alegrias e conquistas diárias.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Shirley Campos, que mesmo sempre ocupada, dedicou seu tempo para me ajudar na conclusão dessa dissertação. Com seu conhecimento e percepção científica todo esse processo tornou-se mais enriquecedor.

À Dr<sup>a</sup>. Luciana Alcoforado, por toda atenção, contribuições e por ter abdicado de seu tempo de descanso para me ajudar. Sua energia, conhecimento e principalmente paciência, foram fundamentais na conclusão dessa dissertação. Meu muito obrigada!

À Dr<sup>a</sup>. Jacqueline Barcelar, por todas suas contribuições, atenção e disponibilidade. Sua compaixão com o próximo, seja voluntário em uma pesquisa, paciente ou colega de trabalho são admiráveis.

À Catarina Rattes, por todo conhecimento passado. Foi um prazer conviver com uma pessoa tão inteligente, simples, humilde e disposta a ajudar o próximo.

À Larissa Sayão, por todo conhecimento passado, ajuda, palavras de incentivo e amizade dispendidos durante todo o período de mestrado.

A Família LACAP, grupo conciso, unido, de grande relevância científica para fisioterapia no cenário nacional e internacional. Orgulho-me de fazer parte desse time, que tem construído uma fisioterapia baseada em evidência, deixando um legado importante para a saúde e para os futuros fisioterapeutas. Gostaria de agradecer especialmente a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daniela Cunha, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cyda Reinaux, Dr. Valdecir Galindo, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Etiene Fittipaldi, Adília Karoline, Jéssica Leite e Helen Fuzari. Todos contribuíram de forma direta ou indireta para conclusão desse trabalho e no meu crescimento profissional. Vocês têm minha admiração, respeito e agradecimento.

Ao grupo do projeto de extensão “Mobilização Padronizada em UTI”. Pelas ricas reuniões científicas e empenho dos alunos. Os quais fizeram-me encantar pelo mundo da docência e aperfeiçoar a didática do ensino.

Aos meus voluntários com Fibrose Cística, que apesar de toda sua rotina extenuante de cuidados diários, aceitaram vir ao Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da UFPE contribuir com esse projeto. Ao olhar para vocês e seus familiares, enxerguei além da semiologia, vi pessoas extremamente guerreiras e dignas de admiração. Esta pesquisa é para vocês

*“ I know what I want, I have a goal, an opinion, I have a religion and love.”*

Anne Frank, 1944.

## RESUMO

Técnicas amplamente utilizadas em pacientes com fibrose cística (FC) como *L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral* (ELTGOL) e *Acapella*® ainda não têm seus efeitos fisiológicos completamente esclarecidos. A tomografia por impedância elétrica (TIE) permite de modo não invasivo, livre de radiação e de modo contínuo o estudo do comportamento de técnicas de fisioterapia respiratória a partir do comportamento regional da aeração e ventilação pulmonar. Portanto, a presente dissertação teve como objetivo avaliar os efeitos agudos da ELTGOL e *Acapella*® sobre aeração e ventilação pulmonar regional avaliadas através da TIE em indivíduos com FC e saudáveis. Para tal, foi realizado um estudo, composto por 7 pacientes com FC e 7 indivíduos saudáveis, executado em 3 fases com washout  $\geq 48$  horas. Na primeira fase foram mensuradas medidas antropométricas, pressões respiratórias máximas e realizado teste de função pulmonar. Nas fases subsequentes foram realizadas em dias distintos, em sequência randomizada, as intervenções com ELTGOL e *Acapella*®. O efeito agudo foi avaliado através *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ); Variação de Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ ) global e das zonas ventral, dorsal, direita e esquerda e sincronia ventilatória nessas zonas através da TIE durante 30 minutos. E através do grau de dispneia, saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca, pressão arterial média (PAM). A presente dissertação resultou em dois artigos do tipo série de casos, em que foi observado: **Artigo 1** 6 indivíduos com FC reduziram EELZ entre -3% a -7% e 1 aumentou 4%. Nos saudáveis 3 reduziram entre -5% a -2% e 4 aumentaram entre 2% e 8%. A ventilação variou entre -6% e 37% nos indivíduos com FC e entre -7% e 30% nos saudáveis. Com relação as variáveis cardiorrespiratórias apenas o grupo FC aumentou grau de dispneia, FR e  $SpO_2$ . **Artigo 2:** Um voluntário do grupo FC apresentou redução do EELZ de 3,56% e os demais aumentos entre 3,93% e 8,35%. Em relação a ventilação pulmonar houve variações entre -0,47% e 14,28% de  $\Delta Z$ , e uma correlação linear positiva forte ( $r=0,0836$ ;  $r^2: 0,699$ ;  $p<0,001$ ) entre  $\Delta Z$  global e VC. Já no grupo de saudáveis houve aumento do EELZ entre 1,63% e 8,35%, redução do  $\Delta Z$  entre -5,08 e -21,71, e uma correlação linear positiva moderada ( $r= 0,455$ ;  $r^2: 0,407$ ;  $p < 0,001$ ) entre o  $\Delta Z$  global e VC. Ambos os grupos apresentam maior distribuição da ventilação nas zonas direita e dorsal, sincronismo

ventilatório e estabilidade hemodinâmica e respiratória após intervenção. Concluímos que a ELTGOL apresenta um padrão de redução do EELZ em indivíduos com FC, e heterogeneidade em relação ao padrão de resposta do EELZ em saudáveis e do  $\Delta Z$  em ambos os grupos. Não promove instabilidade respiratória e hemodinâmica importantes. Já a *Acapella*® parece aumentar aeração pulmonar em indivíduos com FC e saudáveis. Nos voluntários estudados todos apresentaram uma distribuição maior da ventilação nas zonas posterior e direita e sincronia ventilatória antes e após intervenção. E seu uso não promove instabilidades hemodinâmica e respiratória em FC e saudáveis.

**Palavras-chave:** Fibrose cística. Fisioterapia. Impedância elétrica.

## ABSTRACT

Techniques widely used in patients with cystic fibrosis (CF) such as *L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral* (ELTGOL) and Acapella® do not yet have their physiological effects fully clarified. Electrical impedance tomography (EIT) allows a non-invasive, radiation-free and continuous study of the behavior of respiratory physiotherapy techniques based on the regional behavior of ventilation and pulmonary ventilation. Therefore, the present dissertation aimed to evaluate the acute effects of ELTGOL and Acapella® on aeration and regional pulmonary ventilation assessed by EIT in healthy and CF subjects. A study was carried out, consisting of 7 patients with CF and 7 healthy individuals, performed in 3 phases with washout  $\geq 48$  hours. In the first phase, anthropometric measures, maximum respiratory pressures and lung function tests were measured. In the subsequent phases, the interventions with ELTGOL and Acapella® were carried out on different days, in a randomized sequence. The acute effect was assessed through End Expiratory Lung Impedance (EELZ); Electrical Impedance Variation ( $\Delta Z$ ) overall and the ventral, dorsal, right and left zones and ventilatory synchrony in these zones through the TIE for 30 minutes. And through the degree of dyspnea, peripheral oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), respiratory rate (RF), heart rate, mean arterial pressure (MAP). The present dissertation resulted in two articles of the series series, in which it was observed: **Article 1** 6 individuals with CF reduced EELZ by -3% to -7% and 1 increased by 4%. In the healthy 3 they reduced between -5% to -2% and 4 increased between 2% and 8%. Ventilation varied between -6% and 37% in subjects with CF and between -7% and 30% in healthy subjects. Regarding cardiorespiratory variables, only the CF group increased dyspnea, FR and SpO<sub>2</sub>. **Article 2** A volunteer of the FC group presented reduction of the EELZ of 3.56% and the other increases between 3.93% and 8.35%. In relation to pulmonary ventilation there were variations between -0.47% and 14.28% of  $\Delta Z$ , and a strong positive linear correlation ( $r = 0.0836$ ;  $r^2: 0.699$ ;  $p < 0.001$ ) between global  $\Delta Z$  and CV. In the healthy group, EELZ increased between 1.63% and 8.35%, a reduction of  $\Delta Z$  between -5.08 and -21.71, and a moderate positive linear correlation ( $r = 0.455$ ;  $r^2: 0.407$ ;  $p < 0.001$ ) between the global  $\Delta Z$  and VC. Both groups present greater distribution of ventilation in the right and dorsal areas, ventilatory synchronism, and hemodynamic and respiratory stability after intervention. We conclude that ELTGOL shows a pattern of EELZ

reduction in CF subjects, and heterogeneity in relation to the EELZ response pattern in healthy and  $\Delta Z$  in both groups. It does not promote important respiratory and hemodynamic instability. Acapella® appears to increase pulmonary aeration in healthy and CF subjects. In the studied volunteers all presented a greater distribution of ventilation in the posterior and right zones and ventilatory synchrony before and after intervention. And its use does not promote hemodynamic and respiratory instabilities in healthy CF and

**Key-Words:** Cystic fibrosis. Physical therapy modalities. Electric Impedance.

## LISTA DE FIGURAS

### REVISÃO DE LITERATURA

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> | Acapella® <i>Choice</i> , estrutura magnética de resistência expiratória, bucal e clipe nasal.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 33 |
| <b>Figura 2.</b> | <b>A:</b> Localização da cinta de eletrodos disposta no quinto espaço intercostal; <b>B:</b> Funcionamento dos eletrodos representado em uma secção transversa torácica correspondente ao quinto espaço intercostal, em que em uma sequência rotatória é intercalado um padrão de injeção de corrente elétrica de baixa amperagem; <b>C:</b> Conjunto de frames denominado imagem funcional adquirida através da tomografia por impedância elétrica..... | 39 |
| <b>Figura 3.</b> | Plestimograma da variação de impedância elétrica durante uma respiração basal.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 39 |
| <b>Figura 4.</b> | Equipamento de Tomografia por Impedância Elétrica, modelo Enlight (Timpel, Brasil) sendo utilizando em um voluntário durante protocolo de aquisição de dados.....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 40 |
| <b>Figura 5.</b> | Material necessário para funcionamento da Tomografia por Impedância Elétrica. <b>A:</b> Cinta; <b>B:</b> Kit de descartáveis; <b>C:</b> Sensor de fluxo e máscara orofacial; <b>D:</b> Cabo do eletrocardiograma; <b>E:</b> Fio terra.....                                                                                                                                                                                                               | 49 |
| <b>Figura 6.</b> | Protocolo de aquisição de dados da Tomografia por Impedância Elétrica. <b>RT:</b> Respiração Tranquila.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 49 |
| <b>Figura 7.</b> | Fisioterapeuta posicionado posteriormente em relação ao paciente aplicando a técnica de ELTGOL .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 50 |
| <b>Figura 8.</b> | <i>Paciente em sedestação realizando a técnica de oscilação</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |

|                   |                                                                                                                                                    |    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|                   | <i>oral de alta frequência com dispositivo de Acapella®</i> .....                                                                                  | 51 |
| <b>Figura 9.</b>  | <i>Aba Fast File Reader do software EIT Main 8.10 mostrando seleção de um trecho estável do padrão ventilatório</i> .....                          | 54 |
| <b>Figura 10.</b> | <i>aba Service/ Configuration para extração de ruídos de baixa, média e alta intensidade</i> .....                                                 | 55 |
| <b>Figura 11.</b> | <i>Filtro de ruídos cardíacos do software EIT Main 8.10</i> .....                                                                                  | 55 |
| <b>Figura 12.</b> | <i>Aba Image Tools &gt; Region Interest Analysis software EIT Main 8.10. A: Imagem Funcional; B: Delta Z; C: Item Export ROI Data (.txt)</i> ..... | 57 |
| <b>Figura 13.</b> | <i>Espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop, MK8, Inglaterra) acoplado a um bucal descartável e clipe nasal</i> .....                        | 58 |
| <b>Figura 14.</b> | <i>Manovacuômetro digital (NEPEB –LabCare/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil) com peça acrílica, bucal tipo mergulhador e clipe nasal</i> .....       | 50 |

## ARTIGO ORIGINAL 1

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1.</b> | <i>Fluxograma de captação e acompanhamento dos voluntários do estudo</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                   | 102 |
| <b>Figura 2.</b> | <i>Curvas individuais dos voluntários como fibrose cística da variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. EELZ: End Expiratory Lung Impedance; AU: Unidade arbitrária</i> ..... | 103 |
| <b>Figura 3.</b> | <i>Curvas individuais de variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo dos voluntários saudáveis. EELZ: End Expiratory Lung Impedance; AU: Unidade arbitrária</i> .....                                                                                                                                              | 103 |
| <b>Figura 4.</b> | <i>Curvas individuais de variação de impedância elétrica do <math>\Delta Z</math></i>                                                                                                                                                                                                                                            |     |

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                  | ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com fibrose cística com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. <b><math>\Delta Z</math></b> : Variação de impedância elétrica global; <b>AU</b> : Unidade arbitrária..... | 104 |
| <b>Figura 5.</b> | Curvas individuais de variação de impedância elétrica do $\Delta Z$ ao longo do tempo de voluntários saudáveis. <b><math>\Delta Z</math></b> : Variação de impedância elétrica global; <b>AU</b> : Unidade arbitrária.....                                                          | 104 |

## ARTIGO ORIGINAL 2

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 1.</b> | Fluxograma de captação e acompanhamento dos voluntários do estudo.....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 135 |
| <b>Figura 2.</b> | Curvas individuais de variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo de voluntários saudáveis. <b>EELZ</b> : End Expiratory Lung Impedance; <b>AU</b> : Unidade arbitrária.....                                                                                                                                               | 136 |
| <b>Figura 3.</b> | Curvas individuais dos voluntários como fibrose cística da variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. <b>EELZ</b> : End Expiratory Lung Impedance; <b>AU</b> : Unidade arbitrária..... | 136 |
| <b>Figura 4.</b> | Curvas individuais de variação de impedância elétrica do $\Delta Z$ ao longo do tempo de voluntários saudáveis. <b><math>\Delta Z</math></b> : Variação de impedância elétrica global; <b>AU</b> : Unidade arbitrária.....                                                                                                               | 137 |
| <b>Figura 5.</b> | Curvas individuais de variação de volume corrente em ml ao longo do tempo de voluntários saudáveis. <b>ml</b> : mililitros.....                                                                                                                                                                                                          | 137 |
| <b>Figura 6.</b> | Curvas individuais de variação de impedância elétrica do $\Delta Z$ ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com fibrose cística com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. <b><math>\Delta Z</math></b> :                                                              |     |

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                            |     |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                   | Variação de impedância elétrica global; <b>AU</b> : Unidade arbitrária.....                                                                                                                                                                                                | 138 |
| <b>Figura 7.</b>  | Curvas individuais de variação de volume corrente em ml o longo do tempo de voluntários com fibrose cística. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva, <b>ml</b> : mililitros..... | 138 |
| <b>Figura 8.</b>  | Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente saudável antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com <i>Acapella</i> ®. <b>VM</b> : volume minuto.....                                                                  | 139 |
| <b>Figura 9.</b>  | Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente doença ventilatória obstrutiva antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com <i>Acapella</i> ®. <b>VM</b> : volume minuto.....                                            | 140 |
| <b>Figura 10.</b> | Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente do doença ventilatória restritiva antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com <i>Acapella</i> ®. <b>VM</b> : volume minuto.....                                         | 141 |

## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO DE LITERATURA

|                   |                                                                                         |    |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 01.</b> | Estudos que avaliaram os efeitos da ELTGOL sobre as diversas patologias.....            | 30 |
| <b>Tabela 02.</b> | Estudos que avaliaram os efeitos da <i>Acapella</i> ® sobre as diversas patologias..... | 34 |

### ARTIGO ORIGINAL 1

|                   |                                                                                                                                                              |     |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 1.</b>  | Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo FC (N=7) incluídos na pesquisa.. ..           | 97  |
| <b>Tabela 2..</b> | Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo de saudáveis (N=7) incluídos na pesquisa..... | 98  |
| <b>Tabela 3.</b>  | Mudança percentual do EELZ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após ELTGOL.....                                                                  | 99  |
| <b>Tabela 4.</b>  | Mudança percentual do $\Delta Z$ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após ELTGOL.....                                                            | 100 |
| <b>Tabela 5.</b>  | Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias antes no 1º e 30º minuto após intervenção com ELTGOL.....                                                       | 102 |

### ARTIGO ORIGINAL 2

|                  |                                                                                                                                                              |     |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 1.</b> | Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo FC (N=7) incluídos na pesquisa.....           | 128 |
| <b>Tabela 2.</b> | Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo de saudáveis (N=7) incluídos na pesquisa..... | 129 |
| <b>Tabela 3.</b> | Correlação do volume corrente com a variação global de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) e razão $\Delta Z$ por volume corrente em                          |     |

|                  |                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                  | indivíduos com fibrose cística e saudáveis antes e após intervenção com <i>Acapella</i> ®.....                                                                                                               | 130 |
| <b>Tabela 4.</b> | Mudança percentual do EELZ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após uso da <i>Acapella</i> ®.....                                                                                                | 130 |
| <b>Tabela 5.</b> | Mudança percentual do $\Delta Z$ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após uso da <i>Acapella</i> ®.....                                                                                          | 131 |
| <b>Tabela 6.</b> | Distribuição variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) nas zonas ventral, dorsal, direita e esquerda, antes e 30 minutos após a intervenção com <i>Acapella</i> ® no grupo de saudáveis.....            | 132 |
| <b>Tabela 7.</b> | Distribuição variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) nas zonas ventral, dorsal, direita e esquerda, antes e após a intervenção com <i>Acapella</i> ® no grupo de voluntários com fibrose cística..... | 133 |
| <b>Tabela 8.</b> | Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com <i>Acapella</i> ®.....                                                                                          | 134 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|                       |                                                                               |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ATS                   | <i>American Thoracic Society</i>                                              |
| AU                    | Unidade Arbitrária                                                            |
| Bpm                   | Batimento por minuto                                                          |
| CEP                   | Comitê de Ética em Pesquisa                                                   |
| CRF                   | Capacidade Residual Funcional                                                 |
| CVF                   | Capacidade Vital Forçada                                                      |
| CNS                   | Conselho Nacional de Saúde                                                    |
| CPT                   | Capacidade Pulmonar Total                                                     |
| cmH <sub>2</sub> O    | Centímetros de água                                                           |
| DEFISIO               | Departamento de Fisioterapia                                                  |
| EELZ                  | <i>End Expiratory Lung Impedance</i>                                          |
| ELTGOL                | <i>L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral</i>          |
| ERS                   | <i>European Respiratory Society</i>                                           |
| FEF <sub>25-75%</sub> | (Fluxo Expiratório Forçado Médio entre 25% e 75% da Capacidade Vital Forçada) |
| FACEPE                | Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia                                     |
| FC                    | Fibrose Cística                                                               |
| FR                    | Frequência Respiratória                                                       |
| Ipm                   | Incursões Respiratórias por Minuto                                            |
| IMC                   | Índice de Massa Corpórea                                                      |
| IMIP                  | Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira                    |
| KHz                   | Kilo Hertz                                                                    |
| LACAP                 | Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar                                    |
| mA                    | Microampère                                                                   |
| MHz                   | Mega Hertz                                                                    |
| PAM                   | Pressão Arterial Média                                                        |
| OOAF                  | Oscilação Oral de Alta Frequência                                             |
| PEP                   | Pressão Positiva Expiratória                                                  |
| PE <sub>máx</sub>     | Pressão Expiratória Máxima                                                    |
| PI <sub>máx</sub>     | Pressão Inspiratória Máxima                                                   |
| SpO <sub>2</sub>      | Saturação Periférica de Oxigênio                                              |
| UFPE                  | Universidade Federal de Pernambuco                                            |

|            |                                                |
|------------|------------------------------------------------|
| $VEF_1$    | Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo |
| VR         | Volume Residual                                |
| $\Delta Z$ | Variação da Impedância Elétrica                |

## SUMÁRIO

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 APRESENTAÇÃO .....</b>                                                                    | <b>24</b> |
| <b>2 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                      | <b>25</b> |
| <b>3 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                           | <b>28</b> |
| <b>3.1 FISIOPATOLOGIA PULMONAR .....</b>                                                       | <b>28</b> |
| <b>3.2. TRATAMENTO PULMONAR NA FIBROSE CÍSTICA .....</b>                                       | <b>29</b> |
| <b>3.3 <i>L'EXPIRATION LENTE TOTALE GLOTTE OUVERTE EN DÉCUBITUS LATÉRAL</i> – ELTGOL .....</b> | <b>31</b> |
| <b>3.4 ACAPELLA® .....</b>                                                                     | <b>34</b> |
| <b>3.5 TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA.....</b>                                             | <b>40</b> |
| <b>4 JUSTIFICATIVA.....</b>                                                                    | <b>44</b> |
| <b>5 HIPÓTESE .....</b>                                                                        | <b>45</b> |
| <b>6 OBJETIVOS.....</b>                                                                        | <b>46</b> |
| <b>6.1 OBJETIVO GERAL.....</b>                                                                 | <b>46</b> |
| <b>6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>                                                          | <b>46</b> |
| <b>7 MATERIAL E MÉTODO.....</b>                                                                | <b>47</b> |
| <b>7.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO.....</b>                                                         | <b>47</b> |
| <b>7.2 POPULAÇÃO .....</b>                                                                     | <b>47</b> |
| <b>7.3 AMOSTRA.....</b>                                                                        | <b>47</b> |
| <b>7.4. SELEÇÃO DE PARTICIPANTES.....</b>                                                      | <b>47</b> |
| <b>7.4.1 Critérios de Inclusão .....</b>                                                       | <b>47</b> |
| <b>7.4.2 Critérios de Exclusão.....</b>                                                        | <b>47</b> |
| <b>7.5 TRIAGEM DOS PARTICIPANTES .....</b>                                                     | <b>48</b> |
| <b>7.6 LOCAL DO ESTUDO E PERÍODO DA COLETA DE DADOS .....</b>                                  | <b>48</b> |
| <b>7.7 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS.....</b>                                                   | <b>49</b> |
| <b>7.7.1 Fase I .....</b>                                                                      | <b>49</b> |
| <b>7.7.2 Fase II .....</b>                                                                     | <b>49</b> |

|                                                                                |            |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>7.7.3 Fase III .....</b>                                                    | <b>51</b>  |
| <b>7.8 INTERVENÇÕES .....</b>                                                  | <b>51</b>  |
| <b>7.8.1 ELTGOL .....</b>                                                      | <b>52</b>  |
| <b>7.8.2 Acapella® .....</b>                                                   | <b>53</b>  |
| <b>7.9 INSTRUMENTO PARA A COLETA DE DADOS .....</b>                            | <b>54</b>  |
| <b>7.9.1 Tomografia de Impedância Elétrica - TIE .....</b>                     | <b>54</b>  |
| 7.9.1.1 Extração e Análise de Dados da Tomografia por Impedância Elétrica..... | 55         |
| <b>7.10 ESPIROMETRIA .....</b>                                                 | <b>60</b>  |
| <b>7.11 MANOVACUOMETRIA .....</b>                                              | <b>61</b>  |
| <b>7.12 ESCALA MODIFICADA DE BORG .....</b>                                    | <b>63</b>  |
| <b>7.13 MONITOR MULTIPARAMÉTRICO DIXTAL, 2003 .....</b>                        | <b>63</b>  |
| <b>7.14 MEDIDAS DE DESFECHO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS .....</b>                | <b>63</b>  |
| <b>7.14.1 Variáveis independentes .....</b>                                    | <b>63</b>  |
| <b>7.14.2 Variáveis dependentes.....</b>                                       | <b>63</b>  |
| <b>7.14.3 Variáveis de controle .....</b>                                      | <b>65</b>  |
| <b>7.15 CRITÉRIOS DE INTERRUPTÃO DO ESTUDO.....</b>                            | <b>65</b>  |
| <b>7.16 ASPECTOS ÉTICOS.....</b>                                               | <b>65</b>  |
| <b>8 ANÁLISE DE DADOS.....</b>                                                 | <b>67</b>  |
| <b>9 RESULTADOS.....</b>                                                       | <b>68</b>  |
| <b>10 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                           | <b>69</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                        | <b>70</b>  |
| <b>APÊNDICE A .....</b>                                                        | <b>80</b>  |
| <b>APÊNDICE B .....</b>                                                        | <b>105</b> |
| <b>APÊNDICE C .....</b>                                                        | <b>142</b> |
| <b>APÊNDICE D .....</b>                                                        | <b>161</b> |
| <b>APÊNDICE E .....</b>                                                        | <b>164</b> |
| <b>APÊNDICE F.....</b>                                                         | <b>167</b> |

**ANEXO A.....167**

## 1 APRESENTAÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida na linha de pesquisa “Instrumentação e Intervenção Fisioterapêutica” do Programa de Pós-graduação *Strictu Senso*, nível mestrado em Fisioterapia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco.

O estudo foi caracterizado e registrado como Ensaio Clínico e dele foram elaborados 2 artigos originais:

ARTIGO ORIGINAL 1 - (APÊNDICE A): Efeito agudo da ELTGOL sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística.

- Revista a ser submetido: Respiratory Care
- Área de Concentração: Educação Física
- Qualis da revista: A2
- Fator de Impacto: 2.057

ARTIGO ORIGINAL 2 – (APÊNDICE B): Aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística após uso da *Acapella*®

- Revista que foi submetida: Respirology
  - Área de Concentração: Educação Física
  - Qualis da revista: A2
- Fator de Impacto: 3.078

A dissertação foi elaborada de acordo com as normas vigentes do Programa de Pós-graduação *Strictu Senso* em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco, e os artigos redigidos conforme as normas das revistas aos quais os mesmos serão submetidos

## 2 INTRODUÇÃO

A Fibrose Cística (FC) representa a doença autossômica recessiva letal mais frequente e ameaçadora a vida, levando a óbito, ainda na infância a maioria dos indivíduos acometidos (ELBORN, 2016).

Sua incidência varia de 1: 3.200 caucasianos até 1: 31.000 asiáticos (FARRELL, 2008). No Brasil, embora ainda não existam estudos epidemiológicos ou triagem neonatal abrangente que determine a incidência nas diversas regiões do país, estima-se que esteja em torno de 1:9.000 nascidos vivos. (RASKIN *et al.*, 2008; RODRIGUES *et al.*, 2009)

É provocada pela disfunção no transporte da proteína denominada Proteína Reguladora da Condutância Transmembrana da Fibrose Cística (CFTR), presente nas células epiteliais dos órgãos, afetando de forma sistêmica o indivíduo (YAMMINE ; SINGER & LATZIN, 2016).

No pulmão, a deficiência da proteína CFTR provoca o espessamento das secreções brônquicas o que dificulta a expectoração pulmonar e ocasiona infecções respiratórias recorrentes, bronquiectasias, atelectasias e progressiva piora da função respiratória, tornando o acometimento pulmonar responsável pelo maior número de casos de morbidade e mortalidade relacionada à doença. (ELBORN, 2016).

O aparecimento dos primeiros sinais e sintomas da doença pulmonar nesses pacientes é marcada por alterações nos volumes pulmonares, como a diminuição do Fluxo Expiratório Forçado Médio entre 25% e 75% da Capacidade Vital Forçada (FEF<sub>25-75%</sub>), correspondentes a obstrução das vias aéreas de pequeno calibre, localizadas distalmente na árvore traqueobrônquica (SZCZESNIAK *et al.*, 2016). Fazendo com que a principal intervenção fisioterapêutica nesses pacientes seja a terapia de desobstrução brônquica (PRASAD & MAIN, 1998).

Acredita-se que técnicas de ação distal sejam mais eficazes nesses pacientes, que, inicialmente, não possuem defeito no sistema de *clearance* pulmonar, apenas dificuldade de expectoração decorrente do aumento da viscosidade do muco, e que têm a prevenção da progressão da doença como principal aliado no aumento da qualidade e expectativa de vida (SZCZESNIAK *et al.*, 2016).

Segundo POSTIAUX (2013), técnicas manuais de expiração lenta, como *L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral* (ELTGOL), cujo princípio de ação baseia-se na desinsuflação lenta com objetivo de evitar o colapamento precoce das vias aéreas, são capazes de remover secreções principalmente de vias aéreas periféricas, podendo repercutir na melhora dos fluxos e volumes pulmonares.

Alguns dispositivos também podem ser utilizados para este fim, como a Oscilação Oral de Alta frequência (OOAF) com dispositivo do tipo *Acapella*®, que apresenta como vantagens maior independência do paciente, pois não depende da presença de um profissional especializado, não depende da ação da gravidade para o seu funcionamento e possui ajuste da pressão expiratória final de acordo com a necessidade de cada indivíduo resultando em uma maior aderência ao tratamento em relação a outras intervenções (FLUME *et al.*, 2009).

Foi realizada busca nas bases de dados por estudos que utilizassem a ELTGOL ou *Acapella*® no tratamento de pacientes portadores de FC. Foi encontrando apenas um artigo (GUIMARAES *et al.*, 2014) envolvendo ELTGOL, assim como apenas um com *Acapella*® nessa população (WEST ; WALLEN & FOLLETT, 2010).

No estudo com ELTGOL, GUIMARAES *et al.* (2014) compararam o efeito da técnica com um dispositivo de oscilação oral de alta frequência (OOAF) do tipo *Flutter*®, através do peso seco de escarro, espirometria e plet(YAMMINE ; SINGER & LATZIN, 2016)ismografia de corpo inteiro. Eles observaram que a ELTGOL apresentou maior aumento no peso de escarro expectorado que o *Flutter*®, porém nenhuma alteração nos volumes pulmonares após intervenção com ELTGOL foi observada.

Com relação a *Acapella*®, WEST ; WALLEN and FOLLETT (2010) compararam seu efeito a PEP em indivíduos adultos com FC. Foi avaliado a função pulmonar através da espirometria e volume total de escarro expectorado durante dez dias. Não foram encontradas diferenças entre os grupos.

Vários fatores contribuem para essa escassez de evidência, desde resultados conflitantes, que envolvem metodologias de estudo distintas a limitações relacionada a instrumentos de avaliação pouco sensíveis, que interferem no padrão ventilatório

dos pacientes e que não possibilitam monitorização contínua do efeito das técnicas sobre os indivíduos estudados (WARNOCK & GATES, 2015).

Portanto, a escolha das técnicas de desobstrução em indivíduos com FC tem se pautado em fatores como: idade e preferência do paciente, disponibilidade de equipamentos e custos da terapêutica a ser utilizada (BUTTON *et al.*, 2016)

Com o advento de novos instrumentos de análise, a Tomografia por Impedância Elétrica (TIE) tem se consolidado como instrumento que permite o estudo fisiológico das intervenções de higiene brônquica a partir do comportamento regional da aeração e ventilação pulmonar (WETTSTEIN ; RADLINGER & RIEDEL, 2014).

Possibilita avaliar pacientes ininterruptamente por um período de tempo maior, sem desconexão do paciente ao instrumento de análise, alterar o padrão ventilatório dos voluntários, necessidade de inalar aerossóis ou emitir radiação para os indivíduos (FRERICHS *et al.*, 2002; MEIER *et al.*, 2008; ZHAO *et al.*, 2013).

Portanto, diante da necessidade de verificar os efeitos agudos das intervenções com menor viés de mensuração e com menor exposição dos pacientes a efeitos adversos, a presente dissertação tem como objetivo avaliar os efeitos agudos da ELTGOL e *Acapella*® sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da TIE.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 FISIOPATOLOGIA PULMONAR

As manifestações clínicas da FC resultam da disfunção de uma proteína denominada Proteína Reguladora da Condutância Transmembrana na FC (CFTR) (YAMMINE ; SINGER & LATZIN, 2016). Esta proteína é encontrada na membrana apical de células epiteliais do trato respiratório e, de modo sistêmico, nas glândulas submucosas, do pâncreas exócrino, dentre outros sítios (EGAN, 2016).

Sua principal função é agir com o canal de cloro, regulando o balanço entre os íons e água através do epitélio, desta forma causando impacto e comprometimento diferentes de um órgão para outro (SIMMONDS *et al.*, 2010).

No pulmão, a permeabilidade diminuída ao cloro, faz com que a água siga o fluxo de sódio, o que provoca um ressecamento dos fluídos extracelulares que se encontram no interior dos ductos das glândulas exócrinas, fazendo com que o muco secretado pela árvore traqueobrônquica fique cerca de 30 a 60 vezes mais viscoso (ASHLOCK & OLSON, 2011).

Logo, inicialmente, o sistema de transporte mucociliar não é afetado pela FC, contudo, este torna-se incapaz de transportar uma secreção tão viscosa (PITTMAN & DAVIS, 2016). Devido a esta incapacidade, as vias aéreas se estreitam ou obstruem, levando a hiperinsuflação pulmonar e maior predisposição do indivíduo acumular muco (CHANG *et al.*, 2010).

O acúmulo de muco pulmonar conduz ao aumento prejudicial do número de bactérias e fungos nas vias aéreas, o que gera infecções pulmonares de repetição e destruição dos tecidos, gerando bronquiectasias, bronquiloectasias e fibrose pulmonar nos estágios mais avançados da doença (MORENO-SASTRE *et al.*, 2016).

A espirometria inicialmente apresenta sinais de obstrução em zonas periféricas e alçaponamento aéreo, evidenciadas pela redução do  $FEF_{25-75\%}$ , diminuição do  $VEF_1\%/CVF\%$  e aumento da relação VR/CPT, e a medida que a doença obstrutiva se instala há o aparecimento concomitantemente da redução do  $VEF_1\%$  (SAVI *et al.*, 2015). Na fase tardia, há o aparecimento de fibrose pulmonar, e

um padrão misto ou restritivo pode se sobrepor pela diminuição associada da capacidade vital forçada (CVF) (SZCZESNIAK *et al.*, 2016).

Outras manifestações clínicas da doença são o tórax em forma de barril e diminuição da excursão torácica, em decorrência da hiperinsuflação pulmonar, aumento do diâmetro anteroposterior torácico e da cifose dorsal; diminuição do murmúrio vesicular associado a crepitações e sibilos; aumento do trabalho respiratório e consequente hipertrofia dos músculos ventilatórios acessórios; respiração com o lábio em protrusão; cianose e baqueteamento dos dedos (MCCOLLEY *et al.*, 2012).

A piora da função pulmonar também está associada a perda de peso, anorexia e outras disfunções metabólicas (HEIJERMAN *et al.*, 2009). Diante deste contexto, o acometimento pulmonar é a principal causa de morbidade e mortalidade dos pacientes com FC, sendo responsável por mais de 80% dos óbitos (AHMED ; BUSH & DAVIES, 2014) e apresenta o declínio do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>%) como principal marcador de pior prognóstico para doença (KEREM *et al.*, 2014).

### 3.2. TRATAMENTO PULMONAR NA FIBROSE CÍSTICA

Nas últimas décadas, avanços científicos no diagnóstico e tratamento adequado de pacientes com FC, têm propiciado cada vez mais a população afetada chegar na idade adulta, fazendo com que atualmente mais de 45% dos fibrocísticos tenham mais de 18 anos com expectativa de vida em torno de 50 anos nos países desenvolvidos (DODGE *et al.*, 2007; JACKSON *et al.*, 2011).

O aumento na expectativa de vida está diretamente relacionada ao diagnóstico precoce e adequada instituição do tratamento pois, embora desde o século passado já se tenha descoberto a mutação genética causadora da FC, ainda não há cura para esta enfermidade, este, baseia-se apenas em prevenção e na terapia sintomatológica apresentada pelos pacientes (BOSCH & DE BOECK, 2015).

O tratamento pulmonar medicamentoso tem o objetivo de melhorar a função pulmonar e diminuir o número de exacerbações infecciosas, o que inclui diversos medicamentos, tais como: alfadornase (DNase), solução salina hipertônica, macrolídeos, antibióticos por via inalatória, esquemas de antibióticos programados

ou em casos de exacerbação aguda, beta-adrenérgicos inalatórios, corticosteroides e vitaminas administrados isoladamente ou em associação de acordo com a necessidade individual de cada paciente. (MOGAYZEL *et al.*, 2013).

Entretanto, o tratamento com alfadornase foi o mais revolucionário nos últimos anos, funciona agindo na clivagem do DNA, o que faz com que as secreções sejam diluídas e expectoradas com maior facilidade (FLORES *et al.*, 2016).

Quase três décadas após sua implantação, estudos prospectivos têm demonstrado que o tratamento com o alfadornase minimiza a progressão do detoramento da função pulmonar e diminui o número de exarcebações pulmonares por ano (FUCHS *et al.*, 1994; KONSTAN *et al.*, 2011; ROZOV *et al.*, 2013), consolidando-se através de recomendações em *guidelines* como o tratamento padrão junto com a fisioterapia respiratória para os pacientes portadores de FC com acometimento pulmonar moderado a grave (MOGAYZEL *et al.*, 2013).

Dentre as técnicas fisioterapêuticas, as de desobstrução brônquica e a reabilitação cardiopulmonar são as principais intervenções empregas nesses pacientes. A primeira tem o objetivo primordial de manter a permeabilidade das vias aéreas, facilitar o clearance pulmonar e reduzir o número de complicações pulmonares relacionadas a doença (FLUME *et al.*, 2009)

Já a reabilitação cardiopulmonar atua como coadjuvante no combate ao declínio da capacidade funcional provocado pelo estresse oxidativo, fraqueza muscular periférica, inflamação sistêmica e inatividade presente nos pacientes com FC (TROOSTERS *et. al.*, 2009).

As técnicas de desobstrução brônquica convencionalmente mais utilizadas são drenagens posturais, vibrações, *shakings*, *huffing*, tosse assistida (MAIN ; PRASAD & SCHANS, 2005) e ELTGOL (*L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral*) (POSTIAUX, 1990), que em sua maioria necessitam da presença de um fisioterapeuta para sua aplicação.

Mais recentemente surgiram as técnicas auto administradas e dispositivos de desobstrução brônquica como a oscilação oral de alta frequência (OOAF), ciclo ativo da respiração, técnicas de expiração forçada e drenagem autógena (MAIN ; PRASAD & SCHANS, 2005)

Porém, as técnicas convencionais e tampouco as mais recentes, não possuem seu mecanismo de ação e efeitos fisiológicos completamente esclarecidos, sendo constantemente objeto de estudo (MORRISON & AGNEW, 2014).

### 3.3 *L'EXPIRATION LENTE TOTALE GLOTTE OUVERTE EN DÉCUBITUS LATÉRAL – ELTGOL*

A ELTGOL foi primeiramente descrita por POSTIAUX, G. (1987) em meados da década de 80 como uma intervenção que promove maior deflação pulmonar na região depende da gravidade e por consequência consegue aumentar a depuração das secreções especialmente na região mais periférica do pulmão. Foi validada através de vídeo broncoscopia e exames estetoacústicos em um voluntário saudável (POSTIAUX, G. 1987) e videobroncografia em indivíduos com diferentes pneumopatias (POSTIAUX, G. 1990).

É indicada especialmente para pacientes obstrutivos crônicos, com discinesia da árvore traqueobrônquica, que manobras forçadas de expiração provocam o colapso precoce das vias aéreas impedindo a expectoração das secreções pulmonares (POSTIAUX, G. 2004). É contraindicada para lactentes e crianças até 10 ou 12 de idade, pacientes com obstruções cavitárias, abscessos e bronquiectasias importantes (POSTIAUX, G. 2004).

Consiste em uma técnica ativo-passiva, em que o paciente é colocado em decúbito lateral e são realizadas expirações lentas a partir da capacidade residual funcional (CRF) até o volume residual (VR) com o auxílio de um fisioterapeuta (MARTINS *et al.*, 2012).

Este, localizado atrás do paciente, exercer uma pressão abdominal infralateral com uma das mãos sobre o paciente e uma pressão contra apoio no gradil costal supra lateral com a outra mão. Essas pressões dirigidas favorecem uma maior desinsuflação pulmonar infralateral (POSTIAUX, G. 2004).

Com isto, há uma maior variação do diâmetro e comprimento dos brônquios no pulmão infralateral em decorrência de três forças: (1) maior variação da pressão pleural devido à gravidade, (2) peso do mediastino sobre o pulmão dependente da

gravidade e (3) pressão das vísceras abdominais exercidas contra o diafragma potencializando sua mobilidade (MARTINS *et al.*, 2012).

Esses fatores aumentam a ventilação alveolar, que estimulam a atividade ciliar, promovendo uma maior depuração das pequenas vias aéreas periféricas contra gravitacionalmente (MARTINS *et al.*, 2012).

Portanto, apesar de ser uma técnica desobstrutiva, seu princípio de ação norteia-se pelo aumento da ventilação alveolar, alguns estudos têm verificado resultados promissores em diversas patologias no aumento da depuração mucociliar (Tabela 1), porém, somente um estudo avaliou seus efeitos fisiológicos sobre os volumes pulmonares em pacientes com FC (GUIMARAES *et al.*, 2014).

GUIMARAES *et al.* (2014) avaliaram a CRF, VR, Capacidade Pulmonar Total (CPT) e fluxos expiratórios forçados através da pletismografia de corpo inteiro em indivíduos com FC. Não houve diferença nos volumes pulmonares após intervenção, portanto, seu efeito sobre os volumes pulmonares ainda permanece desconhecido.

**Tabela 1:** Estudos que avaliaram os efeitos da ELTGOL sobre as diversas patologias.

| Autor                         | Ano  | População                     | Desfechos analisados                                                                                                                                                     | Resultado                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HERRERO-CORTINA <i>et. al</i> | 2015 | Pacientes com Bronquiectasia  | Peso de escarro expectorado durante a sessão e 24 horas após cada sessão;<br><br>Função pulmonar após cada semana de tratamento;<br><br>Número de tosse ao longo do dia. | Aumentou o peso de escarro expectorado durante a intervenção e reduziu após 24 horas após intervenção.<br><br>Não houve diferenças significativas com relação aos outros desfechos. |
| LANZA <i>et. al.</i>          | 2015 | Pacientes com DPOC            | Volume de Reserva Expiratório (VRE) durante a intervenção                                                                                                                | Aumentou em 80% o VRE                                                                                                                                                               |
| GUIMARÃES <i>et. al.</i>      | 2014 | Pacientes com Fibrose Cística | Capacidade pulmonar total (CPT);<br><br>Capacidade Residual Funcional (CRF);                                                                                             | Aumentou o peso de escarro expectorado<br><br>Diminuiu a resistência das vias aéreas;                                                                                               |

|                          |      |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          |      |                                 | <p>Volume Residual (VR);</p> <p>Função pulmonar;</p> <p>Resistência e condutância das vias aéreas e</p> <p>Peso de escarro expectorado antes e após intervenção.</p>                                                                                    | <p>Melhorou a condutância;</p> <p>Não houve diferença significativa com relação aos outros desfechos.</p>                                                                  |
| GUIMARÃES <i>et. al.</i> | 2012 | Pacientes com Bronquiectasia    | <p>Capacidade pulmonar total (CPT);</p> <p>Capacidade Residual Funcional (CRF);</p> <p>Volume Residual (VR);</p> <p>Função pulmonar;</p> <p>Resistência e condutância das vias aéreas e</p> <p>Peso de escarro expectorado antes e após intervenção</p> | <p>Reduziu a CPT, CRF e VR;</p> <p>Aumentou peso de escarro expectorado.</p> <p>Não houve diferença significativa com relação aos outros desfechos.</p>                    |
| MARTINS <i>et. al.</i>   | 2012 | Pacientes com Bronquite Crônica | <p>Depuração mucociliar após intervenção.</p>                                                                                                                                                                                                           | <p>Aumentou por 120 minutos da depuração mucociliar.</p>                                                                                                                   |
| KODRIC <i>et. al.</i>    | 2009 | Pacientes com DPOC              | <p>Volume de escarro expectorado durante e 24 horas após intervenção;</p> <p>Função pulmonar;</p> <p>SpO<sub>2</sub>;</p> <p>Gasometria arterial;</p> <p>Grau de dispneia;</p> <p>Tempo de</p>                                                          | <p>Diminuiu o volume de escarro expectorado 24 horas após intervenção.</p> <p>Reduziu grau de dispneia</p> <p>Não houve diferença significativas nos outros desfechos.</p> |

|                       |      |                                                     |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                              |
|-----------------------|------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |      |                                                     | hospitalização;<br>Grau de dispneia;<br>Qualidade de Vida após<br>1 mês de tratamento.;<br>Número de novas<br>exacerbações e<br>hospitalizações após 6<br>meses de tratamento. |                                                                                                                              |
| BELLONE <i>et al.</i> | 2000 | Pacientes com<br>Bronquite<br>Crônica<br>exacerbada | SpO <sub>2</sub> e função pulmonar<br>antes, 15 minutos e 1<br>hora após a intervenção;<br>Peso escarro<br>expectorado<br>imediatamente e 1 horas<br>após intervenção.         | Aumentou a expectoração em<br>todos os momentos;<br>Não houve diferenças significativas<br>com relação aos outros desfechos. |

### 3.4 ACAPELLA®

A *Acapella*® é um dispositivo OOAF auto administrado desenvolvido na década de 90 na Suíça, com o objetivo de facilitar o clearance de secreções. Portanto, está indicada para pacientes portadores de FC, doença pulmonar obstrutiva crônica e doenças pulmonares que cursam com hipersecreção, útil também na prevenção e reversão de atelectasias (MUELLER *et al.*, 2014)

Existem diversos tipos de dispositivos de OOAF, dentre eles *Flutter*®, *Shaker*® e *Acapella*® (Figura 1). Todos os dispositivos partem do mesmo princípio: promover oscilações intratorácicas que reduzem a viscoelasticidade do muco, facilitando o clearance pulmonar, associado a uma resistência expiratória que aumenta a pressão positiva dentro da via aérea, esta, por sua vez, estimula a ventilação colateral e torna a via aérea pérvia durante toda a fase expiratória (MORRISON & AGNEW, 2014).

Não há relatos de contra indicações absolutas para uso deste dispositivo, sendo o cuidado relativo a sua aplicação os mesmo referentes a qualquer tratamento com uso de pressão expiratória positiva (PEP), como cuidados especiais

nas seguintes situações: pacientes com instabilidade hemodinâmica; incapazes de tolerar aumento do trabalho respiratório; com pressão intracraniana maior que 20mmHg; traumas e/ou cirurgias recentes de face ou esôfago; com suspeita ou ruptura de membrana timpânica; sinusite aguda; epistaxe; hemoptise e pneumotórax não drenado (MCCARREN & ALISON, 2006; ALVES SILVA *et al.*, 2009)



**Figura 01:** *Acapella® Choice*, estrutura magnética de resistência expiratória, bucal e clipe nasal.

**Fonte:** Acervo pessoal

Para o adequado funcionamento dos dispositivos de OOAF, deve-se levar em consideração a amplitude da oscilação (diferença entre os valores de maior e menor pressão gerada através da *Acapella®*), frequência da oscilação (número de oscilações por segundo) e pressão expiratória positiva ( $PEP \geq 10 \text{ cmH}_2\text{O}$ ) gerada (DOS SANTOS *et al.*, 2013).

A pressão, vibração e PEP exercidas através do *Flutter®* e *Shaker®* são dependentes do fluxo expiratório mantido pelo paciente e do equilíbrio entre a angulação dos dispositivos acoplados ao paciente e à força da gravidade incidente sobre o dispositivo, o que faz com que uma esfera de aço dentro destes dispositivos promova interrupções na passagem de ar que repercutem com a vibração torácica (VOLSKO ; DIFIORE & CHATBURN, 2003)

Já a *Acapella*® foi desenvolvida para ser utilizada em qualquer posição, sem depender da gravidade, pois é composta por estrutura rígida cuneiforme, que inclui uma válvula unidirecional com uma alavanca e estrutura magnética de resistência expiratória, inerentes a força gravitacional (ALVES SILVA *et al.*, 2009)

A *Acapella*® dispõe de dois modelos, onde é possível a escolha do equipamento de acordo com o fluxo expiratório do paciente e realizar o ajuste manual da PEP de acordo com a individualidade de cada paciente (VOLSKO ; DIFIORE & CHATBURN, 2003; MUELLER *et al.*, 2014).

A *Acapella Blue*®, para pacientes que não conseguem manter um fluxo expiratório acima de 15L/min por mais que 3 segundos e a *Acapella Green*®, para os que conseguem manter um fluxo expiratório igual ou maior que 15 L/min por pelo menos 3 segundos (MUELLER *et al.*, 2014).

Portanto, ao utilizar a *Acapella*® é possível ajustar a: frequência de oscilações, para que seja garantido uma frequência entre 12-15 Hz (PATTERSON *et al.*, 2007). A Amplitude das oscilações, garantindo uma amplitude de oscilação em torno de 6 cmH<sub>2</sub>O (ALVES SILVA *et al.*, 2009), e PEP gerada através deste dispositivo para que produza uma PEP  $\geq 10$  cmH<sub>2</sub>O (DARBEE *et al.*, 2004).

Ainda assim, estudos apontam que não há evidências suficientes para comprovar a superioridade de um dispositivo em relação ao outros (MORRISON & AGNEW, 2014) ou de que a OOAF seja mais eficaz na promoção da desobstrução brônquica e aumento dos volumes pulmonares em relação a fisioterapia convencional (MAIN ; PRASAD & SCHANS, 2005), pois, poucos estudos avaliarem os efeitos fisiológicos de dispositivos de OOAF, como *Acapella*® (Tabela 2).

Após busca nas bases de dados, somente um estudo foi encontrado utilizando *Acapella*® em indivíduos com FC (WEST ; WALLEN & FOLLETT, 2010). Apesar disso, recomendações em *guidelines* têm indicado essa terapia para os pacientes com FC (FLUME *et al.*, 2009).

Essa recomendação tem se pautado na maior independência na higiene brônquica dos pacientes com FC proporcionada por um dispositivo que não necessita da presença de um profissional especializado para sua aplicação, de fácil manuseio, não dependência da gravidade para seu adequado funcionamento e boa aceitação por parte dos pacientes com FC, que têm como principal marcador de

sucesso da terapia, a aderência dos pacientes ao tratamento proposto (LESTER & FLUME, 2009; BUTTON *et al.*, 2016).

**Tabela 02:** Estudos que avaliaram os efeitos da *Acapella*® sobre as diversas patologias

| Autor             | Ano  | População       | Intervenção                    | Desfechos analisados                                                                                                                                                                     | Resultado                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|------|-----------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Guimarães et. al. | 2014 | Fibrose Cística | <i>Flutter</i> ® versus ELTGOL | Capacidade pulmonar total (CPT);<br>Capacidade Residual Funcional (CRF);<br>Volume Residual (VR);<br>Função pulmonar;<br>Resistência e condutância das vias aéreas e<br>Peso de escarro. | A ELTGOL aumentou o peso de escarro expectorado, diminuiu a resistência das vias aéreas e melhorou a condutância. Não houve diferença significativa com relação aos outros desfechos analisados. |
| Guimarães et. al. | 2012 | Bronquiectasia  | <i>Flutter</i> ® versus ELTGOL | Capacidade pulmonar total (CPT);<br>Capacidade Residual Funcional (CRF);<br>Volume Residual (VR);<br>Função pulmonar;<br>Resistência e                                                   | A ELTGOL reduziu a CPT, CRF e VR, aumentou o peso de escarro expectorado. Não houve diferença significativa com relação aos outros desfechos analisados.                                         |

|                   |      |                              |                                                                                        |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |      |                              |                                                                                        | condutância das vias aéreas e<br>Peso de escarro expectorado<br>antes e após intervenção                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Sotang et. a.     | 2010 | Fibrose Cística              | <i>Flutter</i> ® versus Drenagem postural e percussão versus colete de alta frequência | Função pulmonar<br>Tempo sem necessidade de antibiótico intravenoso<br>Uso de terapias pulmonares<br>Aderência ao tratamento<br>Satisfação<br>Qualidade de vida | O declínio anual do FEV25-75% foi maior no grupo do colete de alta frequência<br>Os pacientes aderiram mais ao tratamento com colete de alta frequência e <i>Flutter</i> ®<br>Não houve diferenças significativas para os demais desfechos analisados |
| West et. al.      | 2009 | Fibrose cística              | <i>Acapella</i> ® versus máscara de PEP.                                               | Função pulmonar<br>Capacidade Funcional<br>Peso de escarro<br>Satisfação com o tratamento                                                                       | Não houve diferenças significativas para os desfechos analisados                                                                                                                                                                                      |
| Patterson et. al. | 2007 | Bronquiectasia na fase aguda | <i>Acapella</i> ® versus ciclo ativo da respiração                                     | Função pulmonar<br>SpO2<br>Dispneia<br>Peso de escarro<br>Número de tosse                                                                                       | Não houve diferenças significativas para os desfechos analisados                                                                                                                                                                                      |
| Patterson et. al. | 2005 | Bronquiectasia               | <i>Acapella</i> ® versus ciclo ativo da                                                | Função pulmonar                                                                                                                                                 | Não houve diferenças                                                                                                                                                                                                                                  |

|                 |      |                               |                                                                 |                                                                      |                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |      |                               | respiração                                                      | SpO2<br>Dispneia<br>Peso de escarro<br>Número de tosse               | significativas para os desfechos analisados                                                                                                                                                        |
| Thompson et. a. | 2002 | Bronquiectasia                | Flutter® versus Ciclo ativo da respiração                       | Função pulmonar<br>Dispneia<br>Qualidade da saúde<br>Peso de escarro | Não houve diferenças significativa para os desfechos analisados.                                                                                                                                   |
| Gondor et. al.  | 1999 | Fibrose Cística               | Flutter® versus drenagem postural + percussão + vibrocompressão | Função pulmonar<br>Capacidade funcional                              | Flutter® apresentou maior capacidade vital forçada e volume expiratório forçado no primeiro segundo após uma semana de intervenção. Não houve diferenças entre os grupos para os demais desfechos. |
| App et. al.     | 1998 | Fibrose Cística               | Flutter® e drenagem autógena                                    | Função Pulmonar<br>Peso de escarro<br>Viscoelasticidade do muco      | Flutter® reduz a viscoelasticidade do muco. Não houve diferença entre os grupos para os demais desfechos analisados.                                                                               |
| Homnick et. al. | 1998 | Fibrose Cística na fase aguda | Flutter® versus protocolo do hospital                           | Função pulmonar<br>Complicações pulmonares                           | Não houve diferenças entre os grupos para os desfechos                                                                                                                                             |

|                    |      |                 |                                                           |                                                    |                                                                                                             |
|--------------------|------|-----------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |      |                 |                                                           | como:<br>hemoptise,<br>hipoxemia e<br>pneumotórax  | analisados.                                                                                                 |
| Konstan et.<br>al. | 1994 | Fibrose Cística | <i>Flutter</i> ® versus<br>Huffing e drenagem<br>postural | Peso de escarro<br>expectorado<br>Efeitos adversos | Peso de escarro<br>maior no grupo<br>de <i>Flutter</i> ® e<br>nenhum grupo<br>apresentou efeito<br>adverso. |

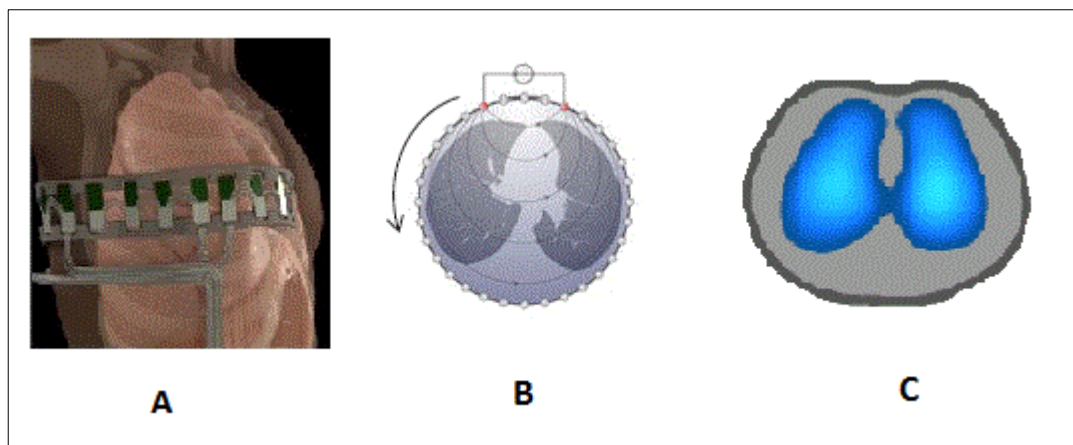
### 3.5 TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

A tomografia por impedância elétrica (TIE) é um método de avaliação desenvolvido na década de 1980 por BROWN ; BARBER and SEAGAR (1985) capaz de fornecer informações espaciais em tempo real relacionadas a alterações estruturais e fisiológicas a partir das diferenças de propriedades elétricas, como resistividade ou condutividade.

Este método é baseado no conceito de que impedância elétrica se refere à relação entre gradiente de tensão gerado em um determinado circuito elétrico e a corrente elétrica resultante deste circuito (GRYCHTOL *et al.*, 2010).

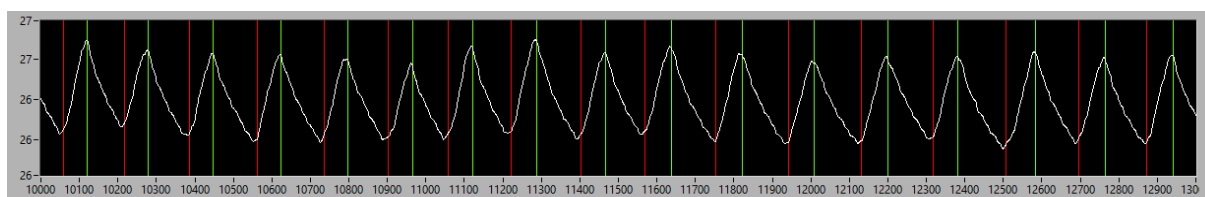
Isto significa que quanto mais resistente à passagem de corrente elétrica (menos condutor) um circuito, um material ou mesmo um tecido é, maior será o valor da impedância. Como o ar é importante isolante elétrico, mudanças em volumes pulmonares induzem mudanças na distribuição da condutividade do tórax que revelam informações sobre as respectivas condições pulmonares. (BROWN *et al.*, 1994; ADLER *et al.*, 1998; HOVNANIAN *et al.*, 2011).

Para aquisição do sinal, um conjunto de eletrodos dispostos em uma circunferência do tórax, na altura do quinto espaço intercostal, emitem uma injeção de corrente elétrica de baixa amperagem. O aparelho converte os sinais captados em uma imagem funcional (ou conjunto de dados denominado frames) que fornecem informações dinâmicas, em uma frequência de 50-80 frames/segundo a respeito da ventilação pulmonar referente àquela secção transversal torácica, (FRERICHS *et al.*, 2002; WOLF & ARNOLD, 2005) (Figura 02).



**Figura 02:** **A:** Localização da cinta de eletrodos disposta no quinto espaço intercostal; **B:** Funcionamento dos eletrodos representado em uma secção transversa torácica correspondente ao quinto espaço intercostal, em que em uma sequência rotatória é intercalado um padrão de injeção de corrente elétrica de baixa amperagem; **C:** Conjunto de frames denominado imagem funcional adquirida através da tomografia por impedância elétrica.

O sinal captado também é transformado em um gráfico de plestimograma da variação de impedância ao longo do tempo, que representa a soma da variação da impedância ( $\Delta Z$ ) em todos os pixels de uma imagem. (Figura 03)



**Figura 03:** Plestimograma da variação de impedância elétrica durante uma respiração basal.

Para tal, a maioria dos equipamentos de impedância elétrica utilizam 16 ou 32 eletrodos, que podem ser colocados individualmente ao redor do tórax do paciente, obedecendo um espaçamento equidistante de acordo com sua anatomia, ou integrados a uma cinta, o que facilita a aplicação do instrumento (FRERICHS *et al.*, 2016)

Neste estudo, foi utilizado o equipamento Enlight, (Timpel, Brasil) (Figura 04) que possui 4 diferentes tamanhos de cintas, compostas por 32 eletrodos, que garantem uma maior resolução do sinal captado e avaliação de pacientes com diferentes circunferências torácicas.

Ainda assim, as imagens geradas pela TIE não permitem uma visualização clara de estruturas anatômicas, mas sua alta resolução temporal oferece possibilidade de se estudar *off-line* através da interpretação dos dados de variação de impedância torácica dos comportamentos dinâmicos da distribuição do ar no sistema pulmonar. (VICTORINO *et al.*, 2004; GATTINONI *et al.*, 2006).



**Figura 04:** Equipamento de Tomografia por Impedância Elétrica, modelo Enlight (Timpel, Brasil) sendo utilizado em um voluntário durante protocolo de aquisição de dados. **Fonte:** acervo pessoal.

Diversos estudos mostram correlação linear positiva entre as alterações globais de volumes pulmonares mostradas através da TIE comparadas à técnicas como tomografia computadorizada, lavagem de nitrogênio e espirometria, fazendo com que este instrumento permita diferentes interpretações a respeito das condições pulmonares (ADLER *et al.*, 1998; HINZ *et al.*, 2003a; ZHAO *et al.*, 2012a).

Apresenta como vantagens a monitorização contínua da distribuição dos volumes pulmonares, sem exposição dos indivíduos a radiação, alterar o padrão

ventilatório ou necessitar da colaboração dos mesmos (HINZ *et al.*, 2003b; VICTORINO *et al.*, 2004; WOLF & ARNOLD, 2005; TANAKA *et al.*, 2008; ZHAO *et al.*, 2012b).

Portanto, a partir da interpretação da variação de impedância elétrica pulmonar, um grande número de variáveis têm sido propostas, e podem ser categorizadas em três grandes grupos: (1) medidas globais e regionais de impedância elétrica; (2) medidas de distribuição espacial da ventilação pulmonar e (3) medidas específicas, que caracterizam aspectos específicos da fisiologia pulmonar usando exames ou medições de TIE específicas em paralelo com outros sinais, como fluxo e volume corrente pulmonar.

Diante desse contexto, a TIE tornou-se um instrumento útil e válido em diversas situações clínicas e vem auxiliando pesquisas dentro de diversos contextos, com destaque na atuação da monitorização e recrutamento alveolar de pacientes com lesão pulmonar aguda em ventilação mecânica (LOWHAGEN ; LUNDIN & STENQVIST, 2010); detecção pneumotórax (COSTA *et al.*, 2008) e na avaliação da distribuição regional de ventilação pulmonar (HOUGH *et al.*, 2013).

Em ventilação espontânea, estudos têm utilizado a TIE para demonstrar inhomogeneidade na distribuição da ventilação pulmonar de pacientes com FC e monitorizar a progressão da doença pulmonar (LEHMANN *et al.*, 2016).

Alguns estudos também têm utilizado este instrumento durante a aplicação de técnicas de fisioterapia respiratória como *continuous positive airway pressure* (CPAP), *end positive airway pressure* (EPAP) e padrões respiratórios com o objetivo de determinar o mecanismo de ação de técnicas expansão e desobstrução brônquica durante sua aplicação (SCHNIDRIG *et al.*, 2013; WETTSTEIN ; RADLINGER & RIEDEL, 2014).

Mas, nosso estudo é pioneiro no uso desse instrumento para descrever o efeito terapêutico das técnicas de ELTGOL e *Acapella*® sobre o comportamento da aeração e ventilação pulmonar de indivíduos com fibrose cística.

#### 4 JUSTIFICATIVA

Consensos de pneumologia recomendam o tratamento fisioterapêutico como aliado na melhora da qualidade de vida e sobrevida dos pacientes com FC, sendo a terapia de higiene brônquica a mais utilizada. Contudo, a diversidade de técnicas e dispositivos utilizados para esse fim, associados à escassez de conhecimento sobre seus efeitos fisiológicos, torna a prescrição da terapêutica desobstrutiva empírica e pautada na preferência pessoal do profissional que assiste o paciente.

Consequentemente torna-se imprescindível compreender o efeito de intervenções fisioterapêuticas como ELTGOL e OOAF com *Acapella*®, descritos na literatura como recursos importantes no tratamento de indivíduos com FC.

Diante desse contexto, a Tomografia por Impedância Elétrica, torna-se um instrumento importante na identificação do efeito terapêutico e temporal dessas técnicas. Apresentando como vantagens a avaliação de volumes pulmonares sem alterar o padrão ventilatório dos voluntários, de forma não invasiva, sem emissão de radiação e em ventilação espontânea.

Portanto, estudar os efeitos agudos quanto à aeração e ventilação pulmonar das técnicas de ELTGOL e *Acapella*® em indivíduos com FC, utilizando a Tomografia por Impedância Elétrica, como instrumento de avaliação, pode colaborar com a prática clínica baseada em evidência e subsidiar o profissional de saúde na assistência a essa população.

## 5 HIPÓTESE

### Artigo I

- A ELTGOL promove efeito distinto em indivíduos com diferentes tipos de comprometimento pulmonar:
  - Em indivíduos com função pulmonar preservada, a ELTGOL não altera a aeração e aumenta a ventilação pulmonar.
  - Em indivíduos com fibrose cística com comprometimento da função pulmonar presente, a ELTGOL promove redução da aeração, refletindo diminuição da hiperinsuflação e aumenta a ventilação pulmonar.

### Artigo II

- A *Acapella*® promove efeito distinto em indivíduos com diferentes tipos de comprometimento pulmonar:
  - Em indivíduos com função pulmonar preservada, a *Acapella*® não altera aeração e mantém a ventilação pulmonar.
  - Em indivíduos com fibrose cística com comprometimento da função pulmonar, a *Acapella*® promove redução da aeração, refletindo desinsuflação e aumenta da ventilação pulmonar.

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos agudos da ELTGOL e *Acapella*® sobre aeração e ventilação pulmonar regional avaliadas através da tomografia por impedância elétrica (TIE) em indivíduos com fibrose cística e saudáveis.

### 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I – Avaliar o efeito agudo da ELTGOL e *Acapella*® sobre o *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ);

II - Avaliar o efeito agudo da ELTGOL e *Acapella*® sobre a Variação de Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ );

III – Mensurar o tempo de duração do efeito terapêutico na manutenção do EELZ e  $\Delta Z$ .

IV – Avaliar a distribuição do  $\Delta Z$  nas regiões ventral, dorsal, direita e esquerda antes e após aplicação das técnicas da ELTGOL e *Acapella*®;

V- Correlacionar a variação de VC com  $\Delta Z$

VI – Mapear o movimento do fluxo de ar nas regiões ventral, dorsal, direita e esquerda através da variação de impedância elétrica regional, com análise simultânea do volume corrente e fluxo inspiratório/expiratório antes e após a aplicação as técnicas ELTGOL e *Acapella*®;

VII - Avaliar o efeito agudo da ELTGOL e *Acapella*® sobre o grau de dispneia, saturação periférica de oxigênio, frequência respiratória, frequência cardíaca e pressão arterial média antes, imediatamente após e 30 minutos após intervenções;

VIII – Verificar a presença de efeitos adversos associado a aplicação da ELTGOL e *Acapella*®;

## **7 MATERIAL E MÉTODO**

### **7.1 DELINEAMENTO DO ESTUDO**

Trata-se um estudo experimental do tipo antes e depois.

### **7.2 POPULAÇÃO**

A população do estudo foi composta por 126 pacientes cadastrados no banco de dados do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueira (IMIP) como portadores de FC. Único centro de referência no diagnóstico e tratamento de paciente com FC no estado de Pernambuco. E, voluntários saudáveis pareados em relação a idade, sexo e índice de massa corpórea (IMC) de acordo com os pacientes do grupo FC.

### **7.3 AMOSTRA**

A amostra foi selecionada após levantamento no banco de dados do setor de pneumologia do IMIP e os saudáveis após divulgação do projeto de pesquisa na Universidade Federal de Pernambuco – UFPE.

### **7.4. SELEÇÃO DE PARTICIPANTES**

#### **7.4.1 Critérios de Inclusão**

Para inclusão no grupo FC, voluntários diagnosticados com FC através do teste do suor positivo e/ou análise genética e hemiperímetro torácico  $\geq 37$  cm (tamanho mínimo para uso da cinta de eletrodos da TIE). Para inclusão no grupo saudáveis, voluntários sem histórico de tabagismo e hemiperímetro torácico  $\geq 37$  cm (tamanho mínimo para uso da cinta de eletrodos da TIE).

#### **7.4.2 Critérios de Exclusão**

- Grupo Fibrose Cística: Foram excluídos aqueles sem acometimento pulmonar, com  $VEF_1 > 80\%$  do previsto (PEREIRA ; SATO & RODRIGUES, 2007); que apresentaram episódio de exacerbação pulmonar (ROSENFELD *et al.*, 2001) nas últimas quatro semanas ou durante o período do estudo; fumantes; deformidade facial que provocasse escape aéreo durante o uso da *Acapella*®; indivíduos com trauma ou cirurgias recentes de face ou esôfago; lobectomias; transplante de pulmão; dor torácica; pneumotórax não tratado; uso contínuo de suplementação de oxigênio ( $> 8$  horas/dia); que não compreendessem as orientações relativas à aplicação das técnicas propostas e que o contato não foi realizado por estarem com informações cadastrais desatualizadas.

- Grupo Saudáveis: Foram excluídos aqueles com  $VEF_1 < 80\%$  do previsto (PEREIRA ; SATO & RODRIGUES, 2007); deformidade facial que provocasse escape aéreo durante o uso da *Acapella*® e que não compreendessem as orientações relativas à aplicação das técnicas propostas.

## 7.5 TRIAGEM DOS PARTICIPANTES

Inicialmente foi realizada a divulgação do projeto nos locais escolhidos para triagem dos voluntários com o objetivo de esclarecer o propósito do estudo e, dessa forma, ter acesso ao registro dos prontuários dos pacientes com FC cadastrados e obter maior adesão de voluntários saudáveis. Ao identificar os voluntários elegíveis de acordo com as informações contidas nos prontuários e mensuração do hemiperímetro torácico, foi feito o convite para o indivíduo (ou, se fosse o caso, responsável legal) comparecesse em dia e hora marcados no Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco - DEFISIO/UFPE para demais esclarecimentos.

## 7.6 LOCAL DO ESTUDO E PERÍODO DA COLETA DE DADOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia (LACAP-DEFISIO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), entre os meses de março de 2015 e julho de 2016.

## 7.7 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

### 7.7.1 Fase I

Inicialmente os voluntários eram esclarecidos em relação ao protocolo e procedimentos a serem realizados no estudo e caso aceitassem participar era solicitado aos maiores de 18 anos a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE - APÊNDICE C) e aos menores de idade a assinatura do Termo de Assentimento Livre e esclarecido (TALE – APÊNDICE D) e do TCLE para os seus respectivos responsáveis legais (TCLE - APÊNDICE E) para que fosse feita a avaliação inicial.

A avaliação inicial era composta pelo preenchimento da ficha de avaliação (APÊNDICE F), a qual contemplava entrevista acerca do estado geral de saúde do indivíduo, dados antropométricos (peso, estatura e circunferência torácica), pressão inspiratória máxima (PI<sub>máx</sub>), pressão expiratória máxima (PE<sub>máx</sub>) e teste de função pulmonar (espirometria).

Em seguida, eram marcados mais dois encontros para realização da segunda e terceira fase do estudo, com um intervalo de pelo menos 48h entre cada fase (MARTINS *et al.*, 2012). Durante o período de intervalo os voluntários do grupo FC eram orientados a não utilizarem equipamentos de higiene brônquica, como: *flutter*®, *shaker*®, *Acapella*®, realizar padrões respiratórios, drenagens posturais assim como qualquer outro método de remoção de secreção, com o objetivo de minimizar a sobreposição do efeito residual de uma técnica sobre a outra. Caso o paciente sentisse necessidade de realizar alguma dessas intervenções neste intervalo de tempo, era solicitado que o mesmo informasse o pesquisador responsável via telefone, e então, nova sessão era marcada para as 48 horas subsequentes. A tosse não era contraindicada durante o intervalo de 48h.

### 7.7.2 Fase II

Inicialmente o voluntário(a) era posicionado em sedestação em uma maca e o pesquisador principal, responsável pelas avaliações, registrava dados iniciais de Borg, frequência cardíaca, frequência respiratória (FR), pressão arterial média

(PAM), saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ) e perguntava ao voluntário(a) se o mesmo apresentava náusea, dor de cabeça, tontura ou algum outro sintoma que o incomodasse.

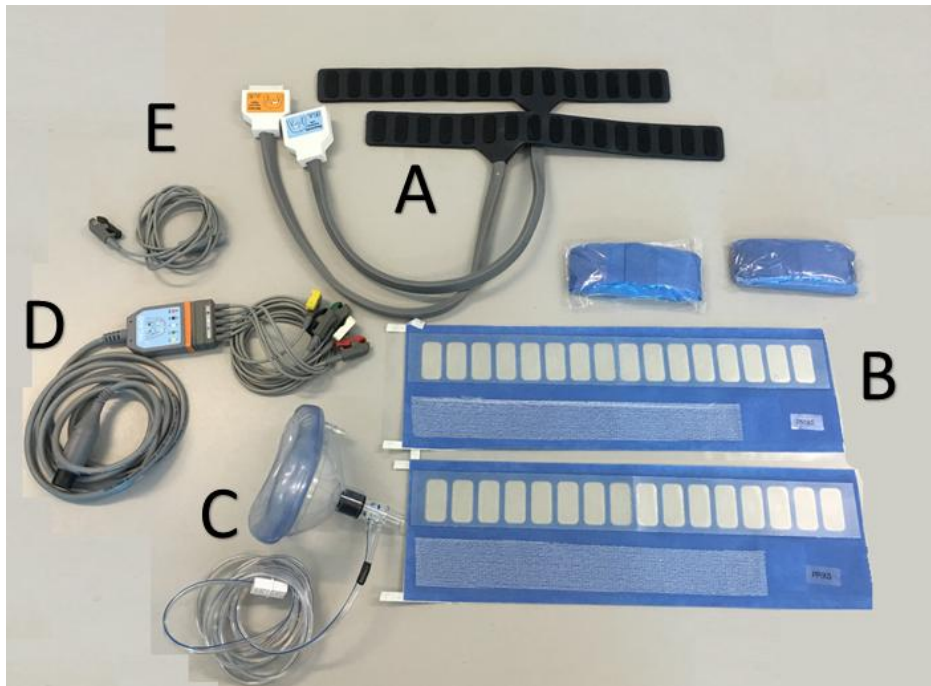
Em seguida era realizada a escolha da adequada cinta eletrodos da TIE de acordo com a medição da circunferência torácica 2 cm acima da linha mamária. Para hemiperímetro de 37 a 43 cm era utilizada cinta de eletrodos tamanho PP, 44 a 49 cm cinta tamanho P, 50 a 55 cm cinta tamanho M e de 56 a 61 cm cinta tamanho G.

Para dar início a aquisição de dados da TIE, a cinta escolhida era envolta de um material de uso individual e descartável e fixada no tórax do voluntário, eram ainda fixados um cabo de eletrodos de eletrocardiograma, fio terra e sensor de fluxo através de uma máscara orofacial (Figura 05).

Após conexão do voluntário(a) à TIE, o mesmo era instruído a respirar tranquilamente durante a coleta com os braços repousados sobre as pernas evitando movimentos bruscos para minimizar a interferência de ruídos externos durante a coleta.

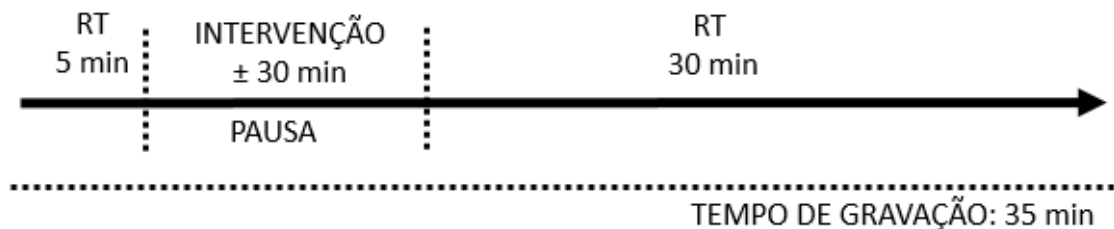
Para aquisição dos dados iniciais de respiração basal através da TIE eram gravados 5 minutos de respiração tranquila (RT) em sedestação. Ao término, o pesquisador responsável pelas avaliações pausava a gravação dos dados do tomógrafo e deixava o local da coleta para que o fisioterapeuta responsável por ministrar as intervenções realizasse a primeira intervenção de acordo com uma sequência randomizada de intervenções. Durante a aplicação da intervenção a gravação dos dados da TIE era interrompida devido o contato manual do fisioterapeuta com a caixa torácica do paciente.

Imediatamente após a intervenção o pesquisador responsável pelas avaliações retornava ao local de coleta para aquisição dos sinais clínicos (Borg, frequência cardíaca, FR,  $SpO_2$  e PAM) e de efeitos adversos (náuseas, tonturas, dor de cabeça e outros) e logo em seguida era iniciada a aquisição de dados do efeito terapêutico através da TIE com a monitorização contínua durante os 30 minutos subsequentes. Ao final dos 30 minutos, o pesquisador responsável pelas avaliações coletava novamente sinais clínicos e de efeitos adversos apresentados pelos voluntários.



**Figura 05:** Material necessário para funcionamento da Tomografia por Impedância Elétrica. **A:** Cinta; **B:** Kit de descartáveis; **C:** Sensor de fluxo e máscara orofacial; **D:** Cabo do eletrocardiograma; **E:** Fio terra. **Fonte:** Acervo pessoal

**Figura 06:** Protocolo de aquisição de dados da Tomografia por Impedância Elétrica.



**RT:** Respiração Tranquila.

### 7.7.3 Fase III

A terceira fase foi composta pelo mesmo protocolo utilizado na Fase II (Figura 06), sendo realizada a segunda intervenção de acordo com a sequência randomizada de intervenções aberta na fase II.

## 7.8 INTERVENÇÕES

### 7.8.1 ELTGOL

Os indivíduos eram posicionados em decúbito lateral e orientados a realizar expirações lentas com a glote aberta através de um bocal acoplado à boca a partir da capacidade residual funcional (CRF) até o volume residual (VR). Concomitantemente, o fisioterapeuta (pesquisador responsável pelas intervenções) posicionado posteriormente em relação ao voluntário, realizava uma compressão manual na região abdominal dependente e no gradil costal contralateral para potencializar a deflação pulmonar (Figura 07). Esta intervenção era executada de forma que o tempo entre cada repetição fosse homogêneo com intervalo de 2 minutos entre cada série. Para tal, eram realizadas três séries com dez repetições em cada decúbito lateral (direito e esquerdo). A tosse espontânea e expectoração eram permitidos em qualquer momento durante o procedimento (GUIMARAES *et al.*, 2012; MARTINS *et al.*, 2012). O decúbito inicial para aplicação da ELTGOL era determinado por sorteio simples com moeda imediatamente antes do início da intervenção.



**Figura 07:** Fisioterapeuta posicionado posteriormente em relação ao paciente aplicando a técnica de ELTGOL.

**Fonte:** Acervo pessoal

### 7.8.2 Acapella®

Neste estudo, foi utilizado o modelo *Acapella® Choice* (Acapella DH, Smiths Medical ASD. Inc., Keene, NH, USA), que consiste em uma peça bucal removível acoplada a uma estrutura rígida cuneiforme, que inclui uma válvula unidirecional, uma alavanca com uma estrutura magnética e uma resistência expiratória de ajuste manual que varia do nível 1 ao 5, capaz de produzir oscilações quando o ar exalado é intermitentemente ocluído através da atração magnética da alavanca.

O paciente era posicionado em sedestação com os cotovelos apoiados em uma mesa, para facilitar a expansão torácica (ALVES SILVA *et al.*, 2009). A peça bucal era acoplada adequadamente para não permitir vazamentos e a carga de resistência utilizada era ajustada para que o indivíduo fosse capaz de manter um fluxo expiratório por tempo  $\geq 3$  segundos ininterruptos (VOLSKO ; DIFIORE & CHATBURN, 2003).

Ao posicionar o paciente (Figura 08), este era instruído a inspirar lenta e profundamente, com volumes pulmonares entre o VR e a capacidade pulmonar total (CPT), objetivando sempre uma relação I:E 1.3 / 1.4, durante 4 séries de 5 minutos com intervalo de 1 minuto entre as séries. Era solicitado ainda uma pausa inspiratória de 2 segundos no final da fase inspiratória (CHO *et al.*, 2014).



**Figura 08:** Paciente em sedestação realizando a técnica de oscilação oral de alta frequência com dispositivo de Acapella®.

**Fonte:** Acervo Pessoal

## 7.9 INSTRUMENTO PARA A COLETA DE DADOS

### 7.9.1 Tomografia de Impedância Elétrica - TIE

A Tomografia por Impedância Elétrica consiste em um equipamento baseado na tecnologia Enlight® (Timpel, Brasil), capaz de gravar 50 imagens por segundo de uma secção transversa do pulmão através de 32 eletrodos igualmente espaçados fixados ao redor do tórax 2 cm acima da linha mamária.

Uma corrente eléctrica de 5 mA é injetada a 125 KHz por meio de pares de elétrodos numa sequência rotatória, sempre com três eletrodos injetável interposto entre um par de eletrodo não injetável (TANAKA *et al.*, 2009). Uma volta completa consiste em 32 padrões de injeção e 864 medidas de voltagem, constituindo o conjunto de voltagens brutas que servem para geração de uma imagem relativa.

Essas imagens são geradas mediante um algoritmo de construção, baseado em uma matriz de sensibilidade derivada de uma malha tridimensional de elementos

finitos, equivalente à descrita por COSTA *et al.* (2008) porém baseada em tórax humano.

As imagens relativas primárias criadas por comparação do conjunto de voltagens brutas adquiridas no momento que uma volta de corrente completa um círculo no tórax do voluntário, utilizam como referência basal dados obtidos a partir de um arquivo basal determinado no momento de análise dos dados. O valor de cada pixel presente nas imagens relativas primárias é utilizado na determinação das alterações percentuais em impedância tecidual.

Ao reunir um conjunto de imagens relativas primárias referentes à a respiração tranquila de um indivíduo ao longo do tempo, é gerado um sinal pletismográfico global contra o tempo e a partir da soma ou a média de todos os pixels das imagens relativas.

A partir desse conceito, é possível avaliar o comportamento da aeração e ventilação pulmonar através da extração e análise dos dados gravados no equipamento.

Para avaliar a aeração pulmonar foi analisado a *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ), equivalente a capacidade residual funcional (CRF), obtido através da razão da soma das medidas de impedância elétrica no final da expiração (HINZ *et al.*, 2003a).

A variação da impedância elétrica ( $\Delta Z$ ), equivalente ao volume corrente pulmonar, foi obtido pela diferença da média aritmética entre a impedância elétrica ao final da inspiração e do final da expiração dos ciclos respiratórios selecionados (VICTORINO *et al.*, 2004)

Para seleção dos trechos analisados foi identificado o minuto com padrão ventilatório mais estável do arquivo basal, assim como o minuto com padrão ventilatório estável correspondente ao 1º, 5º, 10º, 15º, 20º, 25º e 30º minuto após intervenção do arquivo de tempo de efeito terapêutico.

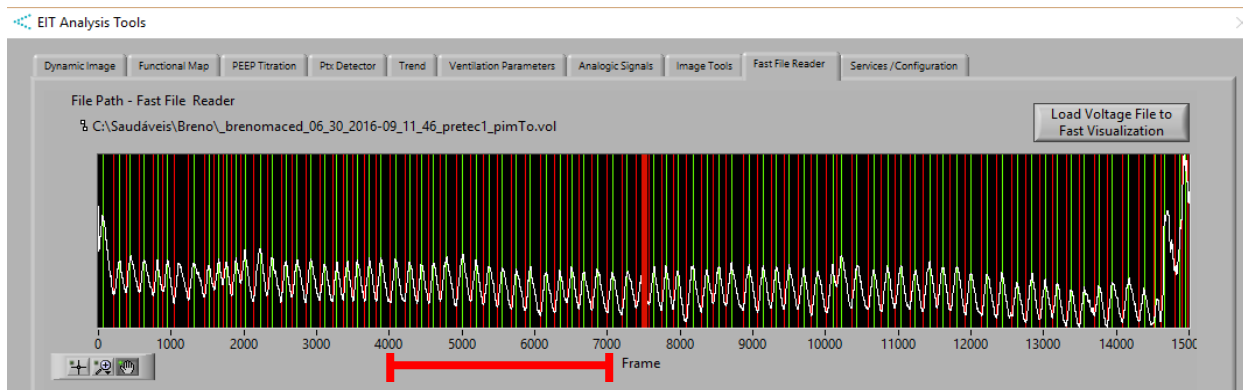
#### 7.9.1.1 Extração e Análise de Dados da Tomografia por Impedância Elétrica

Os dados gravados na Tomografia por Impedância Elétrica são armazenados no seu HD interno no formato **.pim**. Para extração, é necessário acoplar um dispositivo externo de USB e transferir os arquivos **.pim** para um computador

habilitado com o *software EIT Main*. Para análise dos dados da presente dissertação foi utilizado a versão *EIT Main 8.10*.

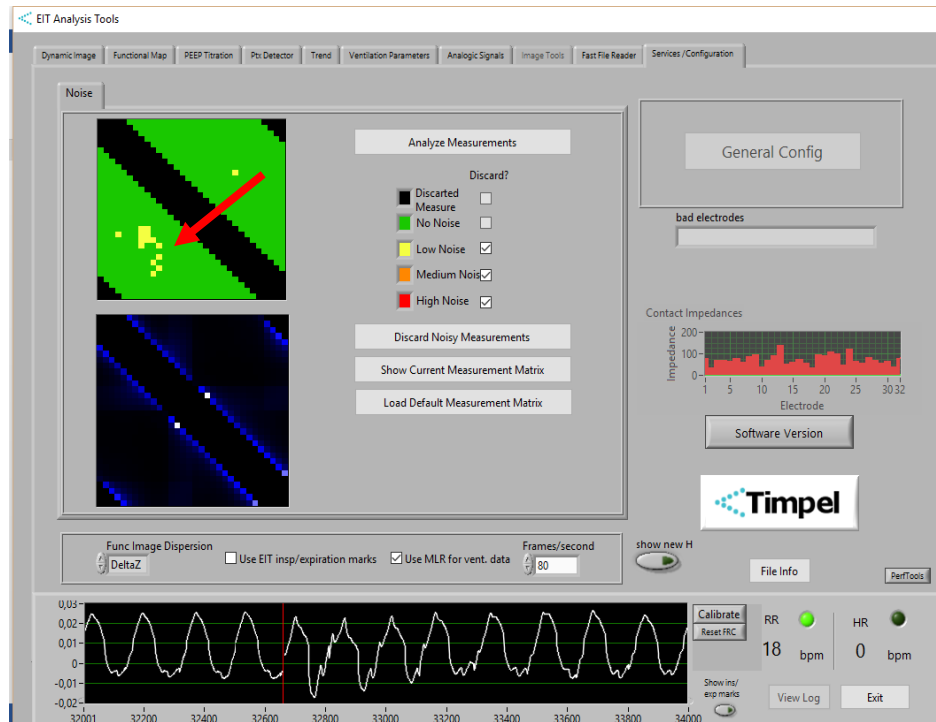
Ao abrir o software, foi primeiramente transformado os arquivos no formato **.pim** para o formato **.vol** através da opção “*Pim To Vol Converter*” do *software*. Em seguida foi utilizada a opção “*EIT Analysis Tools*” para demais passos da extração de dados:

1. Na aba “*Service/ Configuration > General Config*” foi selecionado o hemiperímetro torácico do paciente a ser analisado de acordo com a mensuração torácica realizada na Fase 1 do estudo e sexo do voluntário. Em seguida o *software* automaticamente sugeria uma malha tridimensional de elementos finitos para adequada interpretação dos dados imputados para análise.
2. Na aba *Fast File Reader > Load Voltage File To Fast Visualization* era aberto o arquivo no formato **.vol** para identificação do minuto com padrão respiratório mais estável para análise.
  - a. Para seleção de um trecho estável de respiração basal era aberto um arquivo **.vol** basal de 5 minutos e visualmente identificado um trecho que apresentasse menor variação de amplitude na curva do pletismógrafo (Figura 09).
  - b. Para seleção de um trecho estável dos momentos 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos de um arquivo **vol**. de tempo efeito terapêutico, era selecionado o minuto que apresentasse menor variação de amplitude no minuto de interesse, levando em consideração um desvio de 2 minutos para mais ou para menos.

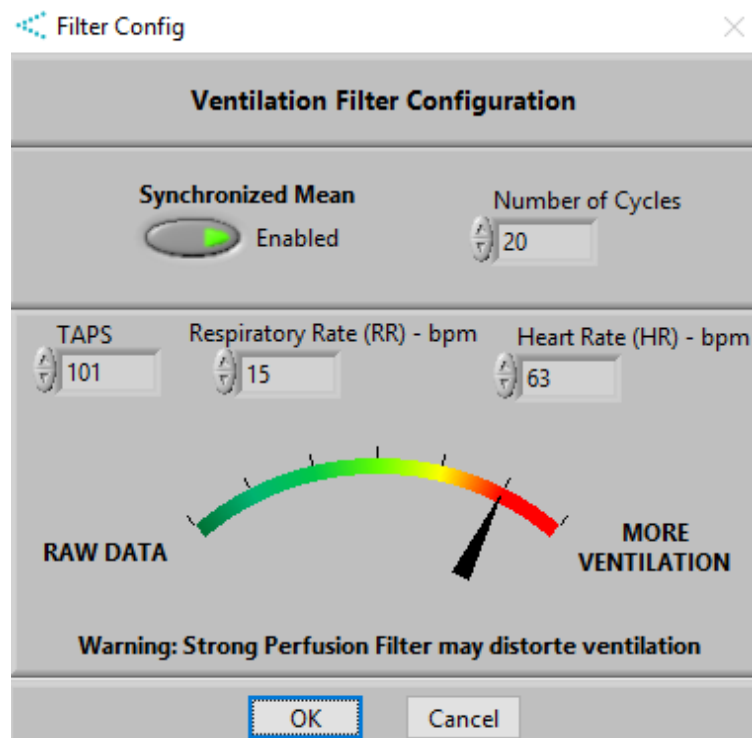


**Figura 09:** Aba *Fast File Reader* do software *EIT Main 8.10* mostrando seleção de um trecho estável do padrão ventilatório.

3. Na aba *Dynamic Image > Start Image > Set Off Line Image Parameters* era selecionado o arquivo **vol.** desejado e digitado os frames previamente escolhidos nos itens *III.a* e *III.b* para ser realizado o filtro de ruídos de média e alta intensidade, visando remover ruídos proveniente de movimentos do voluntário durante a coleta:
  - a. Automaticamente era iniciado um filme a 80 frames/segundo da impedância torácica na aba *Service/ Configuration* e plotado de amarelo, laranja e vermelho na caixa de ruídos, interferências passíveis de extração, de baixa, média e alta intensidade. As interferências que eram visualmente identificadas eram descartadas no item *Discard Noisy Measurements* (figura 10).
4. Na aba *Image Tools > Volt to Img Graph 1* o minuto previamente selecionado e filtrado recebia um segundo filtro, para eliminar ruídos cardíacos (Figura 11).



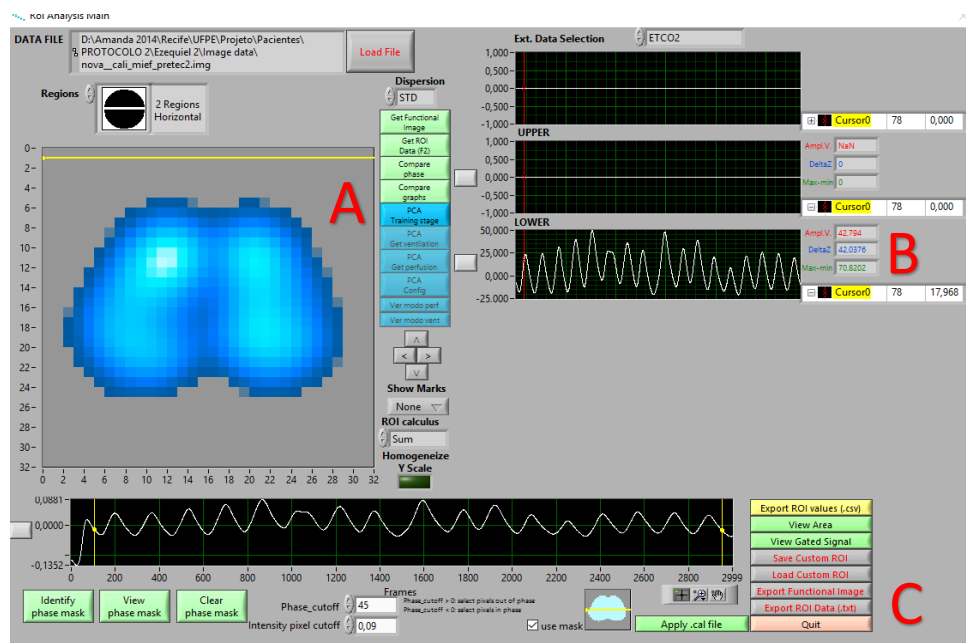
**Figura 10:** aba *Service/ Configuration* para extração de ruídos de baixa, média e alta intensidade.



**Figura 11:** Filtro de ruídos cardíacos do software *EIT Main 8.10*

Neste momento da análise, com o objetivo de sincronizar o arquivo basal com o arquivo de tempo de efeito terapêutico, que não foram gravados de forma contínua pois a gravação era pausada durante as intervenções, criava-se um arquivo calibração. Esse arquivo calibração tornava as imagens relativas primárias do arquivo basal como referência para comparação do conjunto de voltagens brutas adquiridas no arquivo de tempo de efeito terapêutico.

5. Para transformação do arquivo **.vol** basal em **.Img**, na aba *Image File Generation* era selecionado a opção *Create new.cal file*, e salvo o arquivo **.Img** no computador com nome Ex.: *Arq\_Cali\_Basal\_Paciente1\_Tec1*.
6. Para transformação do arquivo **.vol** tempo de efeito terapêutico em 7 arquivos **.Img** equivalentes ao 1º , 5º , 10º , 15º , 20º , 25º e 30º minuto após as intervenções, na aba *Volt to Img Graph 1* era selecionado o minuto desejado, em seguida na aba *Select a Calibration File* era sincronizado o arquivo *Arq\_Cali\_Basal\_Paciente1\_Tec1* ao arquivo de tempo de efeito terapêutico e o mesmo era denominado com nome Ex.: *Pós\_Tec1\_01*.
7. Após transformação dos dados em arquivo **.Img**, era possível fazer a extração das variáveis de interesse do estudo. Na aba *Image Tools > Region Interest Analysis* eram abertos os arquivos **Img**, e em seguida:
  - a. Gerado as imagens relativas funcionais através da opção *Get Functional Image* (Figura 12.a).
  - b. Extraído os dados de  $\Delta Z$  (Variação de Impedância Elétrica), através soma dos pixels presente na zona pulmonar escolhida (Figura 12.b).
  - c. Extraído os dados de  $\Delta Z$  ventral, dorsal, direita e esquerda. Após seleção customizada na opção *<regions>*.
  - d. Extraído arquivo referente a imagem funcional em formato txt. na opção opção *Export ROI Data (.txt)* (figura 12.c) , do qual serão extraídos as variáveis de volume corrente (VC), EELV (*End Expiratory Lung Volume*) através da média de pixel presente na zona pulmonar, e gráficos dos plestimógrafos referentes à de variação de fluxo, volume e impedância global, ventral, dorsal, direita e esquerda.



**Figura 12:** *Aba Image Tools > Region Interest Analysis software EIT Main 8.10. A: Imagem Funcional; B: Delta Z; C: Item Export ROI Data (.txt).*

## 7.10 ESPIROMETRIA

Para realização dos testes de função pulmonar foi utilizado um espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop, MK8, Inglaterra) (Figura 13), devidamente calibrado antes do início de cada sessão, sendo os valores obtidos interpretados de acordo com os valores preditos de PEREIRA ; SATO and RODRIGUES (2007).

A mensuração das medidas espirométricas foram realizada com os participantes confortavelmente sentados, usando uma boquilha descartável e clipe nasal. Foi solicitado que os mesmos realizassem até 8 manobras respiratórias máximas para obtenção de 3 curvas aceitáveis de acordo com as recomendações da *Amerian Thoracic Socity Guildelines/European Respiratory Society (ATS/ERS, 2002)*.

As variáveis obtidas foram capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), volume expiratório forçado entre 25% e 75% da CVF e relação VEF1/CVF.



**Figura 13** Espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop, MK8, Inglaterra) acoplado a um bucal descartável e clipe nasal.

#### 7.11 MANOVACUOMETRIA

Para realizar as avaliações das pressões respiratórias máximas foi utilizado um manovacuômetro digital NEPEB – LabCare/UFMG (Belo Horizonte – MG, Brasil) (Figura 14) e um software próprio (*PUMA PC, Micro Medical, Kent, England*), para registro do sinal captado.

Para aferir a  $P_{lm\acute{a}x}$ , foi solicitado aos participantes que expirassem através de um bocal até o Volume Residual (VR) e, posteriormente, realizassem uma inspiração máxima contra uma via aérea ocluída. Para aferir a  $P_{Em\acute{a}x}$ , os participantes inspiravam através do bocal até a Capacidade Pulmonar Total (CPT) e, em seguida, realizavam um esforço máximo expiratório contra a via aérea ocluída (EVANS & WHITELAW, 2009)

Ambas as manobras respiratórias foram realizadas com os voluntários em sedestação, eretos e com braços livres com um bocal do tipo mergulhador acoplado a boca com um orifício de fuga de ar de 2mm de diâmetro interno (para prevenir o fechamento glótico e reduzir a ação dos músculos bucinadores), e sustentadas por pelo menos 1,5s, para que fosse obtido as pressões respiratórias máximas.

Para evitar o escape aéreo ao redor da boca, o sujeito era orientado ainda a segurar as bochechas com as mãos durante o esforço expiratório e a pressionar os lábios firmemente contra bocal. (ATS/ERS, 2002).

Então, eram selecionados três testes, não necessariamente sequenciais, em que a Pressão Média Máxima tivesse variação menor ou igual a 10% entre elas, para garantir que as manobras fossem reprodutíveis e fosse registrado apenas a medida de maior valor. A interpretação dos dados foi realizada de acordo com os valores de referência para população brasileira (COSTA *et al.*, 2010)



**Figura 14:** Manovacômetro digital (NEPEB –LabCare/UFMG, Belo Horizonte-MG, Brasil) com peça acrílica, bocal tipo mergulhador e clipe nasal.

## 7.12 ESCALA MODIFICADA DE BORG

A Escala de Borg Modificada foi utilizada para avaliar o nível de percepção de dispneia dos indivíduos. Consiste em níveis verticais de graduação de 0 a 10, com expressões correspondentes a um aumento progressivo do nível de percepção de dispneia. Zero corresponde a expressão absolutamente nada e 10 o nível mais elevado de dispneia possível (BORG, 1982).

## 7.13 MONITOR MULTIPARAMÉTRICO DIXTAL, 2003

As variáveis cardiorrespiratórias foram avaliados através de um monitor multiparamétrico DIXTAL 2003 (Manaus, Brasil) conectado aos participantes da pesquisa durante todo protocolo deste estudo com o objetivo de determinar a segurança clínica durante a aplicação das técnicas e registrar os momentos basal e imediatamente e 30 minutos após a intervenção.

Foi considerado estabilidade respiratória  $SpO_2 \geq 90\%$  e  $FR < 35$  ipm e  $> 10$  ipm, e estabilidade hemodinâmica  $PAM < 120$  mmHg e  $> 60$  mmHg e frequência cardíaca  $< 120$  bpm e  $< 60$  bpm (JONES *et al.*, 2013).

A presença de efeitos adversos como tonturas, náuseas, dor de cabeça ou outros sintomas que incomodassem os voluntários durante ou após aplicação das técnicas foi avaliada através de uma pergunta aberta aos voluntários (FAUROUX *et al.*, 1999) no mesmo momento que eram registradas as variáveis cardiorrespiratórias.

## 7.14 MEDIDAS DE DESFECHO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

### 7.14.1 Variáveis independentes

- Indivíduos com fibrose cística
- Indivíduos saudáveis

### 7.14.2 Variáveis dependentes

- End Expiratory Lung Impedance
- Variação de impedância elétrica global
- Variação de impedância elétrica ventral, dorsal, direita e esquerda

#### 7.14.2.1 Desfechos Primários

- **End Expiratory Lung Impedance (EELZ):** variável quantitativa contínua expressa em unidades arbitrária.
- **Porcentagem de EELZ (EELZ%) :** variável quantitativa contínua expressa em porcentagem
- **Variação da Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ ):** variável quantitativa contínua expressa em unidades arbitrária.
- **Porcentagem de variação de  $\Delta Z$  ( $\Delta Z\%$ ):** variável quantitativa contínua expressa em porcentagem
- **Distribuição da Variação de Impedância Elétrica ventral, dorsal, direita e esquerda:** variável quantitativa contínua expressa em unidades arbitrária.
- **Comportamento do Fluxo de Ar global e nas zonas ventral, dorsal, direita e esquerda:** expressada em gráficos

#### 7.14.2.2 Desfechos Secundários

- **Saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ):** variável quantitativa contínua expressa em porcentagem (%);
- **Frequência Respiratória (FR):** variável quantitativa discreta, expressa em batimentos por minuto.
- **Pressão Arterial Média:** variável quantitativa discreta, expressão em mmHg.
- **Frequência Cardíaca:** variável quantitativa discreta, expressa em batimentos por minuto.
- **Grau de dispneia:** variável quantitativa discreta, expressa em números de 0 a 10, sendo 0 absolutamente nada e 10 esforço extremamente forte.
- **Efeitos adversos:** variável dicotômica, expressa em sim ou não.

### 7.14.3 – Variáveis de controle

- **Sexo:** variável qualitativa nominal: masculino e feminino;
- **Idade:** variável quantitativa contínua expressa em anos completos;
- **IMC:** variável quantitativa contínua, composta por peso (kg) e altura (cm), expressa em  $\text{kg/m}^2$ .
- **Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>):** variável quantitativa contínua expressa em litros/segundo (L/s), transformada em percentual do previsto (%).
- **Capacidade vital forçada (CVF):** variável quantitativa contínua expressa em litros/segundo (L/s), transformada em percentual do previsto (%).
- **VEF<sub>1</sub>/CVF:** variável quantitativa contínua expressa em litros/segundo (L/s), transformada em percentual do previsto (%).
- **Fluxo Expiratório Forçado Médio entre 25% e 75% da CVF (FEF<sub>25-75%</sub>):** variável quantitativa contínua expressa em litros/segundo (L/s), transformada em percentual do previsto (%).
- **Pressão Inspiratória Máxima (PI<sub>máx</sub>):** variável quantitativa discreta expressa em centímetros de água ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).
- **Pressão Expiratória Máxima (PE<sub>máx</sub>):** variável quantitativa discreta expressa em centímetros de água ( $\text{cmH}_2\text{O}$ ).

### 6.15 CRITÉRIOS DE INTERRUPÇÃO DO ESTUDO

Foram considerados como critérios para a interrupção do estudo instabilidade hemodinâmica ( $\text{PAM} < 60 \text{ mmHg}$  ou  $> 120 \text{ mmHg}$ ; frequência cardíaca  $> 120 \text{ bpm}$ ) e respiratória ( $\text{SpO}_2 < 90\%$  e  $\text{FR} > 35 \text{ rpm}$ ) durante a aplicação do protocolo do estudo e sustentada após interrupção da coleta (JONES *et al.*, 2013)

### 7.16 ASPECTOS ÉTICOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) e do

Comitê de Ética e Pesquisa do IMIP (CEP-IMIP) sobre número de CAAE: 37906314.3.0000.5208 e registrado no *Clinical Trials* com NCT: 02600039.

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) e Declaração de Helsinque.

## 8 ANÁLISE DE DADOS

O processamento de entrada dos dados foi realizado por dois digitadores independentes e dois bancos de dados foram criados inicialmente no programa *Microsoft Office Excel* 2013. Os resultados encontrados foram expressados de maneira descritiva e apresentados em tabelas, gráficos e imagens.

## 9 RESULTADOS

Em atendimento 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 nos Apêndices A e B, respectivamente:

ARTIGO ORIGINAL 1 - (APÊNDICE A): Efeito agudo da ELTGOL sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística.

- Revista a ser submetido: Respiratory Care
- Área de Concentração: Educação Física
- Qualis da revista: A2
- Fator de Impacto: 2.057

ARTIGO ORIGINAL 2 – (APÊNDICE B): Aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística após uso da *Acapella*®.

- Revista que foi submetida: Respirology
- Área de Concentração: Educação Física
- Qualis da revista: A2
- Fator de Impacto: 3.078

Ambos os artigos foram apresentados conforme as normas de submissão dos periódicos aos quais foram submetidos.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluimos que a execução da ELTGOL não altera aeração e ventilação pulmonar em pacientes com FC e indivíduos saudáveis. Do ponto de vista cardiorrespiratório, está associada ao aumento da FR, grau de dispneia e SpO<sub>2</sub> em indivíduos com FC, porém, sem alterar estabilidade hemodinâmica e respiratória nas populações estudadas e provocar efeitos adversos

A *Acapella*® promoveu aumento sustentado por 30 minutos da aeração em voluntários saudáveis, com FC com doença ventilatória restritiva e reduziu a aeração pulmonar em um paciente com doença ventilatória obstrutiva. Promoveu redução do  $\Delta Z$  e VC em voluntários saudáveis. E não alterou estabilidade respiratória e hemodinâmica dos pacientes incluídos nessa pesquisa.

Foi observado ainda uma maior ventilação pulmonar nas zonas pulmonares posterior e direita dos voluntários incluídos neste estudo e uma sincronia ventilatória entre as zonas pulmonares direita, esquerda, anterior e posterior antes e após intervenção com *Acapella*® independente do grau de comprometimento pulmonar. .

## REFERÊNCIAS

ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. **Am J Respir Crit Care Med**, 166, 4, 518-624, Aug 15, 2002.

ADLER, A.; SHINOZUKA, N.; BERTHIAUME, Y.; GUARDO, R.; BATES, J. H. Electrical impedance tomography can monitor dynamic hyperinflation in dogs. **J Appl Physiol** (1985), 84, 2, 726-732, Feb, 1998.

AHMED, B.; BUSH, A.; DAVIES, J. C. How to use: bacterial cultures in diagnosing lower respiratory tract infections in cystic fibrosis. **Arch Dis Child Educ Pract Ed**, 99, 5, 181-187, Oct, 2014.

ALVES SILVA, C. E.; SANTOS, J. G.; JANSEN, J. M.; DE MELO, P. L. Laboratory evaluation of the Acapella device: pressure characteristics under different conditions, and a software tool to optimize its practical use. **Respir Care**, 54, 11, 1480-1487, Nov, 2009.

ASHLOCK, M. A.; OLSON, E. R. Therapeutics development for cystic fibrosis: a successful model for a multisystem genetic disease. **Annu Rev Med**, 62, 107-125, 2011.

BELLONE, A.; LASCIOLI, R.; RASCHI, S.; GUZZI, L.; ADONE, R. Chest physical therapy in patients with acute exacerbation of chronic bronchitis: effectiveness of three methods. **Arch Phys Med Rehabil**, 81, 5, 558-560, May, 2000.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, 14, 5, 377-381, 1982.

BOSCH, B.; DE BOECK, K. Searching for a cure for cystic fibrosis. A 25-year quest in a nutshell. **Eur J Pediatr**, Nov 14, 2015.

BROWN, B. H.; BARBER, D. C.; MORICE, A. H.; LEATHARD, A. D. Cardiac and respiratory related electrical impedance changes in the human thorax. **IEEE Trans Biomed Eng**, 41, 8, 729-734, Aug, 1994.

BROWN, B. H.; BARBER, D. C.; SEAGAR, A. D. Applied potential tomography: possible clinical applications. **Clin Phys Physiol Meas**, 6, 2, 109-121, May, 1985.

BUTTON, B. M.; WILSON, C.; DENTICE, R.; COX, N. S.; MIDDLETON, A.; TANNENBAUM, E.; BISHOP, J.; COBB, R.; BURTON, K.; WOOD, M.; MORAN, F.; BLACK, R.; BOWEN, S.; DAY, R.; DEPIAZZI, J.; DOIRON, K.; DOUMIT, M.; DWYER, T.; ELLIOT, A.; FULLER, L.; HALL, K.; HUTCHINS, M.; KERR, M.; LEE, A. L.; MANS, C.; O'CONNOR, L.; STEWARD, R.; POTTER, A.; RASEKABA, T.; SCOONES, R.; TARRANT, B.; WARD, N.; WEST, S.; WHITE, D.; WILSON, L.; WOOD, J.; HOLLAND, A. E. Physiotherapy for cystic fibrosis in Australia and New Zealand: A clinical practice guideline. **Respirology**, 21, 4, 656-667, May, 2016.

CHANG, A. B.; BELL, S. C.; BYRNES, C. A.; GRIMWOOD, K.; HOLMES, P. W.; KING, P. T.; KOLBE, J.; LANDAU, L. I.; MAGUIRE, G. P.; MCDONALD, M. I.; REID, D. W.; THIEN, F. C.; TORZILLO, P. J. Chronic suppurative lung disease and bronchiectasis in children and adults in Australia and New Zealand. **Med J Aust**, 193, 6, 356-365, Sep 20, 2010.

CHO, Y. J.; RYU, H.; LEE, J.; PARK, I. K.; KIM, Y. T.; LEE, Y. H.; LEE, H.; HONG, D. M.; SEO, J. H.; BAHK, J. H.; JEON, Y. A randomised controlled trial comparing incentive spirometry with the Acapella(R) device for physiotherapy after thoracoscopic lung resection surgery. **Anaesthesia**, 69, 8, 891-898, Aug, 2014.

COSTA, D.; GONCALVES, H. A.; LIMA, L. P.; IKE, D.; CANCELLIERO, K. M.; MONTEBELO, M. I. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. **J Bras Pneumol**, 36, 3, 306-312, May-Jun, 2010.

COSTA, E. L.; CHAVES, C. N.; GOMES, S.; BERALDO, M. A.; VOLPE, M. S.; TUCCI, M. R.; SCHETTINO, I. A.; BOHM, S. H.; CARVALHO, C. R.; TANAKA, H.; LIMA, R. G.; AMATO, M. B. Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. **Crit Care Med**, 36, 4, 1230-1238, Apr, 2008.

DARBEE, J. C.; OHTAKE, P. J.; GRANT, B. J.; CERNY, F. J. Physiologic evidence for the efficacy of positive expiratory pressure as an airway clearance technique in patients with cystic fibrosis. **Phys Ther**, 84, 6, 524-537, Jun, 2004.

DODGE, J. A.; LEWIS, P. A.; STANTON, M.; WILSHER, J. Cystic fibrosis mortality and survival in the UK: 1947-2003. **Eur Respir J**, 29, 3, 522-526, Mar, 2007.

DOS SANTOS, A. P.; GUIMARAES, R. C.; DE CARVALHO, E. M.; GASTALDI, A. C. Mechanical behaviors of Flutter VRP1, Shaker, and Acapella devices. **Respir Care**, 58, 2, 298-304, Feb, 2013.

EGAN, M. E. Genetics of Cystic Fibrosis: Clinical Implications. **Clin Chest Med**, 37, 1, 9-16, Mar, 2016.

ELBORN, J. S. Cystic fibrosis. **Lancet**, Apr 29, 2016.

EVANS, J. A.; WHITELOW, W. A. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. **Respir Care**, 54, 10, 1348-1359, Oct, 2009.

FARRELL, P. M. The prevalence of cystic fibrosis in the European Union. **J Cyst Fibros**, 7, 5, 450-453, Sep, 2008.

FAUROUX, B.; BOULE, M.; LOFASO, F.; ZERAH, F.; CLEMENT, A.; HARF, A.; ISABEY, D. Chest physiotherapy in cystic fibrosis: improved tolerance with nasal pressure support ventilation. **Pediatrics**, 103, 3, E32, Mar, 1999.

FLORES, J. S.; ROVEDDER, P. M.; ZIEGLER, B.; PINOTTI, A. F.; BARRETO, S. S.; DALCIN PDE, T. Clinical Outcomes and Prognostic Factors in a Cohort of Adults With Cystic Fibrosis: A 7-Year Follow-Up Study. **Respir Care**, 61, 2, 192-199, Feb, 2016.

FLUME, P. A.; ROBINSON, K. A.; O'SULLIVAN, B. P.; FINDER, J. D.; VENDER, R. L.; WILLEY-COURAND, D. B.; WHITE, T. B.; MARSHALL, B. C. Cystic fibrosis pulmonary guidelines: airway clearance therapies. **Respir Care**, 54, 4, 522-537, Apr, 2009.

FRERICHS, I.; AMATO, M. B.; VAN KAAM, A. H.; TINGAY, D. G.; ZHAO, Z.; GRYCHTOL, B.; BODENSTEIN, M.; GAGNON, H.; BOHM, S. H.; TESCHNER, E.; STENQVIST, O.; MAURI, T.; TORSANI, V.; CAMPOROTA, L.; SCHIBLER, A.; WOLF, G. K.; 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**, Sep 5, 2016.

FRERICHS, I.; HINZ, J.; HERRMANN, P.; WEISSER, G.; HAHN, G.; DUDYKEYVYCH, T.; QUINTEL, M.; HELLIGE, G. Detection of local lung air content by electrical impedance tomography compared with electron beam CT. **J Appl Physiol** (1985), 93, 2, 660-666, Aug, 2002.

FUCHS, H. J.; BOROWITZ, D. S.; CHRISTIANSEN, D. H.; MORRIS, E. M.; NASH, M. L.; RAMSEY, B. W.; ROSENSTEIN, B. J.; SMITH, A. L.; WOHL, M. E. Effect of aerosolized recombinant human DNase on exacerbations of respiratory symptoms and on pulmonary function in patients with cystic fibrosis. The Pulmozyme Study Group. **N Engl J Med**, 331, 10, 637-642, Sep 8, 1994.

GATTINONI, L.; CAIRONI, P.; VALENZA, F.; CARLESSO, E. The role of CT-scan studies for the diagnosis and therapy of acute respiratory distress syndrome. **Clin Chest Med**, 27, 4, 559-570; abstract vii, Dec, 2006.

GRYCHTOL, B.; WOLF, G. K.; ADLER, A.; ARNOLD, J. H. Towards lung EIT image segmentation: automatic classification of lung tissue state from analysis of EIT monitored recruitment manoeuvres. **Physiol Meas**, 31, 8, S31-43, Aug, 2010.

GUIMARAES, F. S.; LOPES, A. J.; MOCO, V. J.; CAVALCANTI DE SOUZA, F.; SILVEIRA DE MENEZES, S. L. Eltgol acutely improves airway clearance and reduces static pulmonary volumes in adult cystic fibrosis patients. **J Phys Ther Sci**, 26, 6, 813-816, Jun, 2014.

GUIMARAES, F. S.; MOCO, V. J.; MENEZES, S. L.; DIAS, C. M.; SALLES, R. E.; LOPES, A. J. Effects of ELTGOL and Flutter VRP1(R) on the dynamic and static pulmonary volumes and on the secretion clearance of patients with bronchiectasis. **Rev Bras Fisioter**, 16, 2, 108-113, Apr, 2012.

HEIJERMAN, H.; WESTERMAN, E.; CONWAY, S.; TOUW, D.; DORING, G. Inhaled medication and inhalation devices for lung disease in patients with cystic fibrosis: A European consensus. **J Cyst Fibros**, 8, 5, 295-315, Sep, 2009.

HERRERO-CORTINA, B.; VILARO, J.; MARTI, D.; TORRES, A.; SAN MIGUEL-PAGOLA, M.; ALCARAZ, V.; POLVERINO, E. Short-term effects of three slow expiratory airway clearance techniques in patients with bronchiectasis: a randomised crossover trial. **Physiotherapy**, Dec 1, 2015.

HINZ, J.; HAHN, G.; NEUMANN, P.; SYDOW, M.; MOHRENWEISER, P.; HELDIGE, G.; BURCHARDI, H. End-expiratory lung impedance change enables bedside monitoring of end-expiratory lung volume change. **Intensive Care Med**, 29, 1, 37-43, Jan, 2003a.

HINZ, J.; NEUMANN, P.; DUDYKEVYCH, T.; ANDERSSON, L. G.; WRIGGE, H.; BURCHARDI, H.; HEDENSTIERNA, G. Regional ventilation by electrical impedance tomography: a comparison with ventilation scintigraphy in pigs. **Chest**, 124, 1, 314-322, Jul, 2003b.

HOUGH, J. L.; JOHNSTON, L.; BRAUER, S.; WOODGATE, P.; SCHIBLER, A. Effect of body position on ventilation distribution in ventilated preterm infants. **Pediatr Crit Care Med**, 14, 2, 171-177, Feb, 2013.

HOVNANIAN, A.; MENEZES, E.; HOETTE, S.; JARDIM, C.; JASINOWODOLINSKI, D.; SOUZA, R. The role of imaging techniques in the assessment of pulmonary circulation. **J Bras Pneumol**, 37, 3, 389-403, May-Jun, 2011.

JACKSON, A. D.; DALY, L.; JACKSON, A. L.; KELLEHER, C.; MARSHALL, B. C.; QUINTON, H. B.; FLETCHER, G.; HARRINGTON, M.; ZHOU, S.; MCKONE, E. F.; GALLAGHER, C.; FOLEY, L.; FITZPATRICK, P. Validation and use of a parametric model for projecting cystic fibrosis survivorship beyond observed data: a birth cohort analysis. **Thorax**, 66, 8, 674-679, Aug, 2011.

JONES, A.; BILTON, D.; EVANS, T. W.; FINNEY, S. J. Predictors of outcome in patients with cystic fibrosis requiring endotracheal intubation. **Respirology**, 18, 4, 630-636, May, 2013.

KEREM, E.; VIVIANI, L.; ZOLIN, A.; MACNEILL, S.; HATZIAGOROU, E.; ELLEMUNTER, H.; DREVINEK, P.; GULMANS, V.; KRIVEC, U.; OLESEN, H.

Factors associated with FEV1 decline in cystic fibrosis: analysis of the ECFS patient registry. **Eur Respir J**, 43, 1, 125-133, Jan, 2014.

KODRIC, M.; GARUTI, G.; COLOMBAN, M.; RUSSI, B.; PORTA, R. D.; LUSUARDI, M.; CONFALONIERI, M. The effectiveness of a bronchial drainage technique (ELTGOL) in COPD exacerbations. **Respirology**, 14, 3, 424-428, Apr, 2009.

KONSTAN, M. W.; WAGENER, J. S.; PASTA, D. J.; MILLAR, S. J.; JACOBS, J. R.; YEGIN, A.; MORGAN, W. J. Clinical use of dornase alpha is associated with a slower rate of FEV1 decline in cystic fibrosis. **Pediatr Pulmonol**, 46, 6, 545-553, Jun, 2011.

LANZA, F. C.; ALVES, C. S.; DOS SANTOS, R. L.; DE CAMARGO, A. A.; DAL CORSO, S. Expiratory Reserve Volume During Slow Expiration With Glottis Opened in Infralateral Decubitus Position (ELTGOL) in Chronic Pulmonary Disease: Technique Description and Reproducibility. **Respir Care**, 60, 3, 406-411, Mar, 2015.

LEHMANN, S.; LEONHARDT, S.; NGO, C.; BERGMANN, L.; AYED, I.; SCHRADING, S.; TENBROCK, K. Global and regional lung function in cystic fibrosis measured by electrical impedance tomography. **Pediatr Pulmonol**, Apr 29, 2016.

LESTER, M. K.; FLUME, P. A. Airway-clearance therapy guidelines and implementation. **Respir Care**, 54, 6, 733-750; discussion 751-733, Jun, 2009.

LOWHAGEN, K.; LUNDIN, S.; STENQVIST, O. Regional intratidal gas distribution in acute lung injury and acute respiratory distress syndrome--assessed by electric impedance tomography. **Minerva Anesthesiol**, 76, 12, 1024-1035, Dec, 2010.

MAIN, E.; PRASAD, A.; SCHANS, C. Conventional chest physiotherapy compared to other airway clearance techniques for cystic fibrosis. **Cochrane Database Syst Rev**, 1, CD002011, 2005.

MARTINS, J. A.; DORNELAS DE ANDRADE, A.; BRITTO, R. R.; LARA, R.; PARREIRA, V. F. Effect of slow expiration with glottis opened in lateral posture (ELTGOL) on mucus clearance in stable patients with chronic bronchitis. **Respir Care**, 57, 3, 420-426, Mar, 2012.

MCCARREN, B.; ALISON, J. A. Physiological effects of vibration in subjects with cystic fibrosis. **Eur Respir J**, 27, 6, 1204-1209, Jun, 2006.

MCCOLLEY, S. A.; REN, C. L.; SCHECHTER, M. S.; REGELMANN, W. E.; PASTA, D. J.; KONSTAN, M. W. Risk factors for onset of persistent respiratory symptoms in children with cystic fibrosis. **Pediatr Pulmonol**, 47, 10, 966-972, Oct, 2012.

MOGAYZEL, P. J., JR.; NAURECKAS, E. T.; ROBINSON, K. A.; MUELLER, G.; HADJILIADIS, D.; HOAG, J. B.; LUBSCH, L.; HAZLE, L.; SABADOSA, K.; MARSHALL, B. Cystic fibrosis pulmonary guidelines. Chronic medications for maintenance of lung health. **Am J Respir Crit Care Med**, 187, 7, 680-689, Apr 1, 2013.

MORENO-SASTRE, M.; PASTOR, M.; ESQUISABEL, A.; SANS, E.; VINAS, M.; FLEISCHER, A.; PALOMINO, E.; BACHILLER, D.; PEDRAZ, J. L. Pulmonary delivery of tobramycin-loaded nanostructured lipid carriers for *Pseudomonas aeruginosa* infections associated with cystic fibrosis. **Int J Pharm**, 498, 1-2, 263-273, Feb 10, 2016.

MORRISON, L.; AGNEW, J. Oscillating devices for airway clearance in people with cystic fibrosis. **Cochrane Database Syst Rev**, 7, CD006842, 2014.

MUELLER, G.; BERSCH-PORADA, I.; KOCH-BORNER, S.; RAAB, A. M.; JONKER, M.; BAUMBERGER, M.; MICHEL, F. Laboratory evaluation of four different devices for secretion mobilization: Acapella choice, green and blue versus water bottle. **Respir Care**, 59, 5, 673-677, May, 2014.

PATTERSON, J. E.; HEWITT, O.; KENT, L.; BRADBURY, I.; ELBORN, J. S.; BRADLEY, J. M. Acapella versus 'usual airway clearance' during acute exacerbation in bronchiectasis: a randomized crossover trial. **Chron Respir Dis**, 4, 2, 67-74, 2007.

PEREIRA, C. A.; SATO, T.; RODRIGUES, S. C. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. **J Bras Pneumol**, 33, 4, 397-406, Jul-Aug, 2007.

PITTMAN, J. E.; DAVIS, S. D. Decline in Forced Expiratory Volume in 1 Second in Cystic Fibrosis-Watch the Pendulum Swing. **J Pediatr**, 169, 7-9, Feb, 2016.

PRASAD, S. A.; MAIN, E. Finding evidence to support airway clearance techniques in cystic fibrosis. **Disabil Rehabil**, 20, 6-7, 235-246, Jun-Jul, 1998.

RASKIN, S.; PEREIRA-FERRARI, L.; REIS, F. C.; ABREU, F.; MAROSTICA, P.; ROZOV, T.; CARDIERI, J.; LUDWIG, N.; VALENTIN, L.; ROSARIO-FILHO, N. A.; CAMARGO NETO, E.; LEWIS, E.; GIUGLIANI, R.; DINIZ, E. M.; CULPI, L.; PHILLIP, J. A., 3RD; CHAKRABORTY, R. Incidence of cystic fibrosis in five different states of Brazil as determined by screening of p.F508del, mutation at the CFTR gene in newborns and patients. **J Cyst Fibros**, 7, 1, 15-22, Jan, 2008.

RODRIGUES, R.; MAGALHAES, P. K.; FERNANDES, M. I.; GABETTA, C. S.; RIBEIRO, A. F.; PEDRO, K. P.; VALDETARO, F.; SANTOS, J. L.; SOUZA, R. M.; PAZIN FILHO, A.; MACIEL, L. M. Neonatal screening for cystic fibrosis in Sao Paulo State, Brazil: a pilot study. **Braz J Med Biol Res**, 42, 10, 973-978, Oct, 2009.

ROSENFELD, M.; EMERSON, J.; WILLIAMS-WARREN, J.; PEPE, M.; SMITH, A.; MONTGOMERY, A. B.; RAMSEY, B. Defining a pulmonary exacerbation in cystic fibrosis. **J Pediatr**, 139, 3, 359-365, Sep, 2001.

ROZOV, T.; SILVA, F. A.; SANTANA, M. A.; ADDE, F. V.; MENDES, R. H. A first-year dornase alfa treatment impact on clinical parameters of patients with cystic fibrosis: the Brazilian cystic fibrosis multicenter study. **Rev Paul Pediatr**, 31, 4, 420-430, Dec, 2013.

SAVI, D.; SIMMONDS, N.; DI PAOLO, M.; QUATTRUCCI, S.; PALANGE, P.; BANYA, W.; HOPKINSON, N. S.; BILTON, D. Relationship between pulmonary exacerbations and daily physical activity in adults with cystic fibrosis. **BMC Pulm Med**, 15, 151, 2015.

SCHNIDRIG, S.; CASAULTA, C.; SCHIBLER, A.; RIEDEL, T. Influence of end-expiratory level and tidal volume on gravitational ventilation distribution during tidal breathing in healthy adults. **Eur J Appl Physiol**, 113, 3, 591-598, Mar, 2013.

SIMMONDS, N. J.; MACNEILL, S. J.; CULLINAN, P.; HODSON, M. E. Cystic fibrosis and survival to 40 years: a case-control study. **Eur Respir J**, 36, 6, 1277-1283, Dec, 2010.

SZCZESNIAK, R. D.; MCPHAIL, G. L.; LI, D.; AMIN, R. S.; CLANCY, J. P. Predicting future lung function decline in cystic fibrosis patients: Statistical methods and clinical connections. **Pediatr Pulmonol**, 51, 2, 217-218, Feb, 2016.

TANAKA, H.; ORTEGA, N. R.; GALIZIA, M. S.; BORGES, J. B.; AMATO, M. B. Fuzzy modeling of electrical impedance tomography images of the lungs. **Clinics (Sao Paulo)**, 63, 3, 363-370, Jun, 2008.

VICTORINO, J. A.; BORGES, J. B.; OKAMOTO, V. N.; MATOS, G. F.; TUCCI, M. R.; CARAMEZ, M. P.; TANAKA, H.; SIPMANN, F. S.; SANTOS, D. C.; BARBAS, C. S.; CARVALHO, C. R.; AMATO, M. B. Imbalances in regional lung ventilation: a validation study on electrical impedance tomography. **Am J Respir Crit Care Med**, 169, 7, 791-800, Apr 1, 2004.

VOLSKO, T. A.; DIFIORE, J.; CHATBURN, R. L. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. **Respir Care**, 48, 2, 124-130, Feb, 2003.

WARNOCK, L.; GATES, A. Chest physiotherapy compared to no chest physiotherapy for cystic fibrosis. **Cochrane Database Syst Rev**, 12, CD001401, 2015.

WEST, K.; WALLEN, M.; FOLLETT, J. Acapella vs. PEP mask therapy: a randomised trial in children with cystic fibrosis during respiratory exacerbation. **Physiother Theory Pract**, 26, 3, 143-149, Apr 22, 2010.

WETTSTEIN, M.; RADLINGER, L.; RIEDEL, T. Effect of different breathing aids on ventilation distribution in adults with cystic fibrosis. **PLoS One**, 9, 9, e106591, 2014.

WOLF, G. K.; ARNOLD, J. H. Noninvasive assessment of lung volume: respiratory inductance plethysmography and electrical impedance tomography. **Crit Care Med**, 33, 3 Suppl, S163-169, Mar, 2005.

YAMMINE, S.; SINGER, F.; LATZIN, P. CFTR modulation for young children with cystic fibrosis. **Lancet Respir Med**, 4, 2, 84-85, Feb, 2016.

ZHAO, Z.; FISCHER, R.; FRERICHS, I.; MULLER-LISSE, U.; MOLLER, K. Regional ventilation in cystic fibrosis measured by electrical impedance tomography. **J Cyst Fibros**, 11, 5, 412-418, Sep, 2012a.

ZHAO, Z.; FISCHER, R.; MULLER-LISSE, U.; MOELLER, K. Ventilation inhomogeneity in patients with cystic fibrosis measured by electrical impedance tomography. **Biomed Tech (Berl)**, Sep 4, 2012b.

## **APÊNDICE A – Artigo Original 1**

### **ARTIGO ORIGINAL 1:**

EFEITO AGUDO DA ELTGOL SOBRE AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADAS ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA.

### **SUBMETIDO AO PERIÓDICO:**

Respiratory Care

**Efeito Agudo da ELTGOL Sobre a Aeração e Ventilação Pulmonar  
Avaliadas Através da Tomografia por Impedância Elétrica em Indivíduos  
com Fibrose Cística**

Amanda Couto MSc<sup>1</sup>, Murilo Carlos Brito PhD<sup>1</sup>, Caio César Araújo Moraes MSc<sup>1</sup>, Sóstynis Albuquerque MSc<sup>1</sup>, Sandra Fluhr MSc<sup>1</sup>, Armèle Dornelas de Andrade PhD<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco LACAP-UFPE, Recife-PE, Brasil.

**Correspondência:** Amanda Couto. Departamento de Fisioterapia. Av. Moraes Rêgo, S/N, Cidade Universitária, CEP 506670-091. Recife-PE, Brasil. E-mail: [sc\\_amanda@hotmail.com](mailto:sc_amanda@hotmail.com)

Declaramos que não temos nenhum conflito de interesse nessa publicação.

## RESUMO

**Introdução:** A escassez de evidência sobre o uso do ELTGOL (*L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral*) em indivíduos com Fibrose Cística (FC) pode estar relacionada com o desconhecimento de sua interferência sobre os volumes pulmonares. **Objetivo:** Descrever os efeitos agudos da ELTGOL em indivíduos com FC e saudáveis sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica (TIE) e quantificar as repercussões nas variáveis cardiorrespiratórias associados a aplicação da técnica. **Método:** Trata-se de um estudo experimental com 7 voluntários com FC e 10 indivíduos saudáveis submetidos à intervenção com ELTGOL (3 séries de 10 repetições para cada hemitórax). Pela TIE foram avaliados *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ) e Variação de Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ ), correspondentes a aeração e ventilação

pulmonar, respectivamente, antes e durante 30 minutos após intervenção. Medidas de grau de dispneia, frequência respiratória (FR), saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) pressão arterial média (PAM), frequência cardíaca e presença de efeitos adversos foram registradas antes, imediatamente e 30 minutos após intervenção. **Resultado:** 6 indivíduos com FC reduziram EELZ entre -3% a -7% e 1 aumentou 4%. Nos saudáveis 3 reduziram entre -5% a -2% e 4 aumentaram entre 2% e 8%. A ventilação variou entre -6% e 37% nos indivíduos com FC e entre -7% e 30% nos saudáveis. Com relação as variáveis cardiorrespiratórias apenas o grupo FC aumentou grau de dispneia, FR e SpO<sub>2</sub>. **Conclusão:** ELTGOL apresenta um padrão de redução do EELZ em indivíduos com FC, e heterogeneidade em relação ao padrão de resposta do EELZ em saudáveis e do  $\Delta Z$  em ambos os grupos. Não promove instabilidade respiratória e hemodinâmica importantes.

**Palavras-chave:** Fibrose Cística; Fisioterapia; Tomografia por Impedância Elétrica; Terapia Manual; Terapia de Desobstrução brônquica; Volumes Pulmonares.

## INTRODUÇÃO

O comprometimento do sistema pulmonar está presente em mais de 95% dos pacientes com fibrose cística (FC)<sup>1</sup>. O aumento da viscosidade da secreção brônquica causado pela doença promove inicialmente obstrução das vias aéreas periféricas de menor calibre, acarretando recorrentes processos infecciosos e inflamatórios de intensidade variável <sup>2</sup>. Responsáveis pela diminuição da qualidade de vida, aumento na taxa hospitalizações e principal causa de óbito ainda na infância dessa população <sup>3</sup>.

Portanto, dentre as diversas técnicas de desobstrução brônquica utilizadas nos pacientes com FC, técnicas de ação distal parecem ser mais eficazes nesses pacientes <sup>4</sup>. Alguns estudos têm utilizando a ELTGOL (*L'Expiration Lente Totale Glotte Ouverte en Décubitus Latéral*) como opção terapêutica em indivíduos com FC <sup>4</sup>, bronquiectasia <sup>5</sup> e Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) <sup>6</sup>. Pois, segundo Martins, et al. <sup>7</sup>, o fluxo expiratório lento associado a maior variação de volume alveolar nas zonas dependentes da gravidade, evitam o colapso precoce das vias aéreas proximais provocado por manobras forçadas, o que facilita a depuração mucociliar de secreções distais para vias aéreas mais centrais <sup>7</sup>.

Porém, apesar de alguns estudos mostrarem resultados promissores da técnica no aumento do *clearance* pulmonar <sup>4, 5, 8 9</sup>, seus efeitos agudos sobre os volumes pulmonares ainda não são completamente esclarecidos.

Com o avanço dos instrumentos de avaliação, atualmente, dispomos da Tomografia por Impedância Elétrica (TIE), que permite o estudo fisiológico das intervenções de higiene brônquica a partir do comportamento da aeração e ventilação pulmonar, sem alterar o padrão ventilatório dos pacientes, de forma contínua, não invasiva e livre de radiação <sup>10</sup>

Estudos têm demonstrado uma boa correlação entre o *End Expiratory Lung Volume* (EELV) e a Capacidade Residual Funcional (CRF)<sup>11</sup> e da Variação de Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ ) com o Volume Corrente (VC) <sup>12</sup>, tornando este instrumento válido na avaliação da aeração e ventilação pulmonar.

Portanto, o objetivo desse estudo foi determinar o efeito agudo da ELTGOL sobre a aeração e ventilação pulmonar avaliada através da TIE em indivíduos com FC e saudáveis, bem como quantificar as repercussões nas

variáveis cardiorrespiratórias e presença de efeitos adversos associados a aplicação da técnica nessa população.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de uma série de casos com uma amostra por conveniência de voluntários com fibrose cística e saudáveis, realizado no período entre março de 2015 a julho de 2016 no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco (LACAP/DEFISIO). Foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) obedecendo as recomendações da Declaração de Helsinque, sob número de CAAE: 37906314.3.0000.5208.

Foram incluídos no grupo fibrose cística voluntários com diagnóstico clínico e laboratorial através do teste do suor ou análise genética do DNA registrados no banco de dados do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueiral (IMIP), localizado na cidade de Recife-PE, Brasil, que apresentassem hemiperímetro torácico  $\geq 37$ cm. O grupo controle foi pareado em relação a idade, sexo e índice de massa corpórea e incluídos voluntários sem histórico de tabagismo e que apresentassem hemiperímetro torácico  $\geq 37$ cm.

Os critério de exclusão do grupo FC foram: indivíduos sem acometimento pulmonar caracterizado por Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo ( $VEF_1$ )  $> 80\%$  do previsto<sup>13</sup>; deformidade facial que provocasse escape aéreo durante o uso da *Acapella*®; traumas ou cirurgias recentes de face ou esôfago; episódio de exacerbação pulmonar nas últimas

quatro semanas que antecederam o início da coleta <sup>14</sup>, lobectomia, transplante de pulmão, dor torácica, uso contínuo de oxigênio > 8 horas/dia, instabilidade hemodinâmica (PAM <60mmHg ou > 120mmHg, FC > 120 bpm); instabilidade respiratória (FR > 35 ipm e SpO<sub>2</sub> < 90%) e não compreendessem as instruções relativas ao uso do equipamento. Para o grupo de saudáveis, foi considerado critério de exclusão indivíduos com com VEF<sub>1</sub> < 80% do previsto <sup>13</sup>

Dois pesquisadores participaram do estudo: um responsável pelas avaliações e análise dos dados e o segundo pesquisador responsável por esclarecer os voluntários sobre o uso da *Acapella*®. O estudo foi realizado em duas fases, com um período de pelo menos 48 horas de intervalo entre elas. Na primeira fase foi realizada a avaliação inicial e na segunda a aplicação do protocolo de intervenção com *Acapella*® e avaliação dos desfechos de interesse.

### **Avaliação Inicial**

Durante a avaliação inicial, foram realizadas medidas da função pulmonar, pressões respiratórias máximas e de dados antropométricos como: peso, altura, índice de massa corpórea e sexo. O teste de função pulmonar foi realizado utilizando um espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop, MK8, Inglaterra) de acordo com as recomendações da *American Thoracic Society /European Respiratory Society* (ATS/ERS, 2002) e os valores obtidos foram interpretados de acordo com os valores preditos para população brasileira segundo Pereira, et al. <sup>13</sup>. Foram extraídas as seguintes variáveis: VEF<sub>1</sub>, Capacidade Vital Forçada (CVF) e Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75%

da CVF ( $FEF_{25-75\%}$ ) e  $VEV_1$ / CVF. Para medição das pressões inspiratórias e expiratórias máximas, foi utilizado um manovacuômetro digital NEPEB – LabCare/UFMG (Belo Horizonte – MG, Brasil) com software próprio PUMA PC, Micro Medical, Kent, England, e realizadas manobras de acordo com as recomendações da ATS/ERS (2002). Os valores obtidos foram interpretados de acordo com os valores de referência da população braseira <sup>16</sup>

### **Oscilação Oral de Alta frequência – *Acapella*®**

A intervenção com *Acapella*® foi realizada utilizando o modelo *Acapella*® Choice (Acapella DH, Smiths Medical ASD. Inc., Keene, NH, USA) com o paciente confortavelmente sentado e cotovelos apoiados em uma mesa com o objetivo de facilitar a expansão torácica <sup>17</sup>. Um fisioterapeuta treinado era responsável por realizar as orientações sobre o uso do equipamento aos voluntários e ajustar a carga de resistência da PEP. A peça bucal era acoplada adequadamente para não permitir vazamentos e a carga de resistência utilizada era ajustada de modo que o voluntário fosse capaz de manter um fluxo expiratório por tempo  $\geq 3$  segundos ininterruptos<sup>18</sup>. Em seguida, o voluntário era instruído a inspirar lenta e profundamente, a partir do volume residual até a capacidade pulmonar total<sup>19</sup> seguido de uma pausa inspiratória de 2 segundos<sup>20</sup> e manter uma padrão ventilatório com uma relação I:E 1.3 / 1.4. Foram realizadas 4 séries de 5 minutos com intervalo de 1 minuto entre cada série.

### **Instrumento de Avaliação**

Para avaliar a aeração e ventilação pulmonar foi utilizando a TIE. Instrumento de avaliação é baseado na tecnologia Enlight® (Timpel, Brasil), capaz de gerar 50 imagens por segundo de uma secção transversa do pulmão através de uma cinta com 32 eletrodos, igualmente espaçados fixados ao redor do tórax, 2 cm acima da linha mamária. Uma corrente eléctrica na frequência de 5 mA foi injetada a 125 KHz por meio de pares de elétrodos numa sequência rotatória, sempre com três eletrodos injetáveis interpostos entre um par de eletrodo não injetável . Uma volta completa consistia em 32 padrões de injeção e 864 medidas de voltagem, constituindo o conjunto de voltagens brutas que serviam para geração de uma imagem relativa. Essas imagens eram geradas mediante um algoritmo de construção, baseado em uma matriz de sensibilidade derivada de uma malha tridimensional de elementos finitos, equivalente à descrita por Costa, et al.<sup>10</sup>.

Para conexão do voluntário à TIE, foi selecionado uma cinta de 32 eletrodos, que variavam entre tamanhos de 74 a 122 cm de diâmetro, de acordo com o perímetro torácico dos voluntários. As variáveis extraídas foram: *End Expiratory Lung Volume* (EELV)<sup>11</sup>, equivalente a aeração pulmonar, e *Variação Impedância Elétrica* ( $\Delta Z$ )<sup>12</sup>, equivalente à ventilação pulmonar. O EELV foi calculado a partir da medida de impedância elétrica pulmonar presente nos pulmões no final de uma expiração, e o  $\Delta Z$  a partir da média da variação da impedância elétrica entre o final de uma inspiração e o o final de uma expiração, durante um minuto.

A aquisição dos dados foi realizada com os voluntários em sedestação nos momentos pré e durante 30 minutos após intervenção com *Acapella*®.

Primeiramente eram gravados 5 minutos basais de respiração tranquila e após intervenção 30 minutos de efeito agudo da técnica com o voluntário posicionado em sedestação.

A análise dos dados gerados pela TIE era realizada *offline* através do software *EIT Main* versão 8.10. Para seleção dos trechos analisados foi identificado o minuto com padrão ventilatório mais estável do arquivo basal e o minuto com padrão ventilatório mais estável correspondente aos momentos 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos do arquivo de tempo de efeito terapêutico, levando em consideração um desvio de  $\pm 2$  minutos para identificação do trecho mais estável.

### **Variáveis Cardiorrespiratórias**

Dados como frequência respiratória (FR), saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), frequência cardíaca, pressão arterial média (PAM) foram registrados através da monitor multiparamétrico DIXTAL 2003 (Manaus, Brasil) conectado aos participantes da pesquisa durante todo protocolo deste estudo com o objetivo de determinar a segurança clínica durante a aplicação das técnicas. O grau de dispneia, através da Escala Modificada de Borg. E as medidas obtidas nos momentos pré intervenção, imediatamente e 30 minutos após a intervenção.

### **Análise dos dados**

Para análise dos dados de EELV os valores basais foram normalizados a zero e todos os outros momentos da análise foram interpretados a partir da

variação de impedância do momento basal. E os dados extraídos dessa análise apresentados de maneira descritiva em figuras e tabelas.

## RESULTADOS

Foram triados 126 indivíduos no grupo FC, do quais 119 foram excluídos devido os seguintes motivos: informações de contato nos prontuários estarem desatualizadas (n=26), hemiperímetro torácico < 37cm (n=77), cirurgias prévias de lobectomia (n=2), função pulmonar preservada (n=8), tabagismo (n=2), e uso de O<sub>2</sub> suplementar > 8h/dia (n=4). No grupo de saudáveis foram triados 7 indivíduos e nenhum foi excluído. Não houve perda de seguimento ou interrupção da intervenção em nenhuma fase do estudo e todos os voluntários que foram incluídos na pesquisa foram analisados (Figura 1).

Fizeram parte do grupo FC 7 indivíduos (3 homens e 4 mulheres) e do grupo saudáveis 7 voluntários (3 homens e 4 mulheres) com as características de função pulmonar, pressões respiratórias máximas e antropométricas expressadas nas Tabelas 1 e 2.

Ao analisar o EELV no grupo FC, houve um padrão de redução da aeração nos voluntários com FC (Figura 02) com doença ventilatória obstrutiva (DVO) e doença ventilatória restritiva (DVR) entre -3% a -7% da aeração (Tabela 03). Um paciente com DVO apresentou aumento de 4%.

No grupo de saudáveis, foi observado comportamento heterogêneo (Figura 03), com variações da aeração entre -5% a -2% em três voluntários e 2% a 8% da aeração pulmonar em 4 voluntários (Tabela 03).

Em relação ao  $\Delta Z$ , no grupo de voluntário com FC com DVO (Figura 04), houve aumento entre 30% a 37% em três voluntários e redução de -6% em um

voluntário (Tabela 04). Nos voluntários com FC com DVR houve redução da ventilação pulmonar em todos voluntários entre -8% e -9%.

No grupo de saudáveis (Figura 5) houve redução da ventilação pulmonar em 5 indivíduos entre -7% e -30% e um aumento de 28% (Tabela 04).

Em relação as variáveis cardiorrespiratórias, apenas o grupo FC apresentou alterações em relação ao grau de dispneia, FR e SpO<sub>2</sub> conforme expressados na tabela (Tabela 05).

## DISCUSSÃO

Este é o primeiro estudo que mostra o comportamento da aeração e ventilação pulmonar após intervenção com ELTGOL em indivíduos portadores de FC e saudáveis utilizando como instrumento de análise a TIE.

Através dessa análise foi observado que 6 voluntários com FC perderam<sup>21</sup> a aeração pulmonar após intervenção com ELTGOL. Analisando as medidas do EELV nos indivíduos com FC, acreditamos que esse padrão de redução do EELV, pode ter sido desencadeado pela compressão manual do fisioterapeuta na caixa torácica dos indivíduos. A compressão manual exercida na região abdominal dependente e no gradil costal contralateral utilizados para potencializar a deflação pulmonar durante a fase expiratória pode ter gerado áreas de micro atelectasias não revertidas durante a fase de descompressão torácica<sup>22, 23</sup>.

Guimarães et. al.<sup>4</sup> realizou um estudo avaliando os volumes pulmonares através da pletismografia de corpo todo em indivíduos com FC, seus achados mostram que não houve alteração significativa dos volumes pulmonares. Guimaraes, et al.<sup>5</sup>, em outro estudo semelhante, porém com pacientes com

bronquiectasias, observaram uma diminuição do volume residual, capacidade residual funcional e capacidade pulmonar total após aplicação da ELTGOL.

No grupo de saudáveis foi identificado padrão heterogêneo do EELV em resposta à técnica, provavelmente devido a ausência de comprometimento pulmonar<sup>22</sup> Este comportamento pode estar relacionado a complacência e resistência pulmonar de cada voluntário, que responde de forma proporcionalmente diferente à compressão manual da caixa torácica<sup>24</sup>.

Portanto, acreditamos que talvez as diferenças encontradas no EELV após intervenção com ELTGOL nas duas populações pode ser explicada pelas diferentes características de complacência e comprometimento pulmonar presente nos voluntários.

Segundo, Schnidrig, et al.<sup>24</sup> e Wettstein, et al.<sup>25</sup>, essas características individuais podem alterar a aeração e ventilação pulmonar tanto de pacientes com FC como de indivíduos saudáveis.

Em relação a ventilação pulmonar, acreditava-se que haveria aumento da ventilação pulmonar após a intervenção com ELTGOL, pois, segundo Martins, et al.<sup>7</sup>, a expiração lenta prolongada com a glote aberta associada a expansão-compressão pulmonar em decúbito lateral, ocasionam uma hiperventilação no pulmão dependente capaz de aumentar as forças de cisalhamento do clearance pulmonar, carreando secreções de vias aéreas distais para proximais contra gravitacionalmente.

Contudo, nossos resultados mostraram um padrão heterogêneo de ventilação pulmonar após intervenção com ELTGOL nos voluntários com FC e um padrão de redução da ventilação nos voluntários saudáveis.

Martins et. al.<sup>7</sup> observou um efeito residual da ELTGOL por até 120 minutos após a intervenção no aumento da depuração *mucociliar*. Em seu protocolo, a técnica era realizada apenas no pulmão direito, dependente da gravidade, e a aquisição de imagens feita em ambos os pulmões com o paciente em decúbito lateral direito. Foi observado um aumento do *clearance* pulmonar total no pulmão direito e nas zonas central, intermediária e periférica, sendo a região periférica dependente da gravidade a que apresentou maior tempo de efeito terapêutico. Contudo, vale ressaltar que as imagens de cintilografia foram adquiridas em decúbito lateral, diferentemente de nossa avaliação, que foi realizada em sedestação. O decúbito lateral por si só favorece uma maior depuração *mucociliar*<sup>26</sup> e ventilação pulmonar<sup>27</sup> devido a menor negativação da pressão pleural durante o final da expiração, o que pode ter postergado o efeito terapêutico da técnica, pela manutenção da postura infra lateral.

Ao analisar as variáveis cardiorrespiratórias, o aumento da FR e pontuação da Escala de Borg no grupo FC, evidenciam que técnicas desobstrutivas aumentam o trabalho respiratório. Alguns estudos<sup>28-31</sup> já demonstraram que apesar da necessidade de se instituir técnicas desobstrutivas em pacientes com FC, estas manobras estão associadas ao aumento do gasto energético e podem diminuir a SpO<sub>2</sub>, provocar fadiga da musculatura ventilatória e dispneia.

Acreditamos que ainda podemos atribuir o aumento da FR e grau de dispneia imediatamente após a intervenção com ELTGOL ainda às áreas de micro atelectasias provocadas pela compressão manual da técnica.

Segundo Pasquina et. al.<sup>32</sup>, em pacientes com regiões de atelectasia, ocorre uma diminuição dos volumes pulmonares e o organismo com objetivo de manter o volume pulmonar ideal, aumenta a FR para manter o volume minuto adequado. Porém, essas mudanças não foram clinicamente importante, pois não atingiram limiares de instabilidade respiratória<sup>33</sup>.

O aumento sustentado da SpO<sub>2</sub> pode ter ocorrido pois a ELTGOL pode ser uma manobra eficaz na remoção de secreções, melhorando regiões de trocas gasosas, o que pode ter repercutido com o aumento da SpO<sub>2</sub>. Contudo, neste estudo não foi realizado gasometria arterial, peso de escarro expectorado, ou verificado outras medidas de melhora de troca gasosa e remoção de secreção pulmonar. Em outros estudos, após intervenção com ELTGOL, mas em pacientes com bronquite crônica<sup>34</sup> e DPOC<sup>6</sup> não foram observadas mudanças na SpO<sub>2</sub>.

## **CONCLUSÃO**

Concluimos que a execução da ELTGOL não altera aeração e ventilação pulmonar em pacientes com FC e indivíduos saudáveis. Do ponto de vista cardiorrespiratório, está associada ao aumento da FR, grau de dispneia e SpO<sub>2</sub> em indivíduos com FC, porém, sem alterar estabilidade hemodinâmica e respiratória nas populações estudadas e provocar efeitos adversos.

## **AGRADECIMENTOS**

Nós agradecemos a equipe de fisioterapia do Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar LACAP-UFPE pelo suporte fornecido durante o período de coleta de dados e aos voluntários com FC e saudáveis que se disponibilizaram em contribuir com este estudo.

## QUICK LOOK

### *Current Knowledge*

A expiração lenta com a glote aberta em decúbito lateral (ELTGOL) é eficiente em aumentar o clearance pulmonar em regiões periféricas do pulmão dependentes da gravidade e é usada na prática clínica para aumentar a secreção de vias aéreas periféricas.

### *What This Paper Contributes To Our Knowledge*

A ELTGOL não promove alteração na aeração e ventilação pulmonar. Do ponto de vista cardiorrespiratório não promove alteração clínica hemodinâmica e respiratória, assim como não desencadeia efeitos adversos em pacientes com FC e indivíduos saudáveis.

## REFERÊNCIAS

1. Brewington J, Clancy JP. Diagnostic Testing in Cystic Fibrosis. Clin Chest Med 2016;37(1):31-46.
2. Szczesniak RD, McPhail GL, Li D, Amin RS, Clancy JP. Predicting future lung function decline in cystic fibrosis patients: Statistical methods and clinical connections. Pediatr Pulmonol 2016;51(2):217-218.
3. Kopp BT, Nicholson L, Paul G, Tobias J, Ramanathan C, Hayes D, Jr. The Geographic Impact on Hospitalization in Patients with Cystic Fibrosis. J Pediatr 2016;170:246-252 e244.
4. Guimaraes FS, Lopes AJ, Moco VJ, Cavalcanti de Souza F, Silveira de Menezes SL. Eltgol acutely improves airway clearance and reduces static pulmonary volumes in adult cystic fibrosis patients. J Phys Ther Sci 2014;26(6):813-816.
5. Guimaraes FS, Moco VJ, Menezes SL, Dias CM, Salles RE, Lopes AJ. Effects of ELTGOL and Flutter VRP1(R) on the dynamic and static pulmonary volumes and on the secretion clearance of patients with bronchiectasis. Rev Bras Fisioter 2012;16(2):108-113.
6. Kodric M, Garuti G, Colomban M, Russi B, Porta RD, Lusuardi M, et al. The effectiveness of a bronchial drainage technique (ELTGOL) in COPD exacerbations. Respirology 2009;14(3):424-428.
7. Martins JA, Dornelas de Andrade A, Britto RR, Lara R, Parreira VF. Effect of slow expiration with glottis opened in lateral posture (ELTGOL) on mucus clearance in stable patients with chronic bronchitis. Respir Care 2012;57(3):420-426.

8. Lanza FC, Alves CS, dos Santos RL, de Camargo AA, Dal Corso S. Expiratory Reserve Volume During Slow Expiration With Glottis Opened in Infralateral Decubitus Position (ELTGOL) in Chronic Pulmonary Disease: Technique Description and Reproducibility. *Respir Care* 2015;60(3):406-411.
9. Martin U. Pluripotent stem cells for disease modeling and drug screening: new perspectives for treatment of cystic fibrosis? *Mol Cell Pediatr* 2015;2(1):15.
10. Costa EL, Chaves CN, Gomes S, Beraldo MA, Volpe MS, Tucci MR, et al. Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. *Crit Care Med* 2008;36(4):1230-1238.
11. Hinz J, Hahn G, Neumann P, Sydow M, Mohrenweiser P, Hellige G, et al. End-expiratory lung impedance change enables bedside monitoring of end-expiratory lung volume change. *Intensive Care Med* 2003;29(1):37-43.
12. Victorino JA, Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Tucci MR, Carames MP, et al. Imbalances in regional lung ventilation: a validation study on electrical impedance tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169(7):791-800.
13. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol* 2007;33(4):397-406.
14. Rosenfeld M, Emerson J, Williams-Warren J, Pepe M, Smith A, Montgomery AB, et al. Defining a pulmonary exacerbation in cystic fibrosis. *J Pediatr* 2001;139(3):359-365.
15. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166(4):518-624.
16. Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;36(3):306-312.
17. Alves Silva CE, Santos JG, Jansen JM, de Melo PL. Laboratory evaluation of the Acapella device: pressure characteristics under different conditions, and a software tool to optimize its practical use. *Respir Care* 2009;54(11):1480-1487.
18. Volsko TA, DiFiore J, Chatburn RL. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. *Respir Care* 2003;48(2):124-130.
19. Patterson JE, Hewitt O, Kent L, Bradbury I, Elborn JS, Bradley JM. Acapella versus 'usual airway clearance' during acute exacerbation in bronchiectasis: a randomized crossover trial. *Chron Respir Dis* 2007;4(2):67-74.
20. Cho DY, Skinner D, Zhang S, Fortenberry J, Sorscher EJ, Dean NR, et al. Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator activation by the solvent ethanol: implications for topical drug delivery. *Int Forum Allergy Rhinol* 2016;6(2):178-184.
21. Yammine S, Singer F, Latzin P. CFTR modulation for young children with cystic fibrosis. *Lancet Respir Med* 2016;4(2):84-85.
22. Guimaraes FS, Zin WA. Thoracic percussion yields reversible mechanical changes in healthy subjects. *Eur J Appl Physiol* 2008;104(4):601-607.
23. Leelarungrayub J, Eungpinichpong W, Klaphajone J, Prasannarong M, Boontha K. Effects of manual percussion during postural drainage on lung volumes and metabolic status in healthy subjects. *J Bodyw Mov Ther* 2016;20(2):356-363.

24. Schnidrig S, Casaulta C, Schibler A, Riedel T. Influence of end-expiratory level and tidal volume on gravitational ventilation distribution during tidal breathing in healthy adults. *Eur J Appl Physiol* 2013;113(3):591-598.
25. Wettstein M, Radlinger L, Riedel T. Effect of different breathing aids on ventilation distribution in adults with cystic fibrosis. *PLoS One* 2014;9(9):e106591.
26. Alcoforado L, Pessoa Filho LC, Brandao DC, Galvao AM, Reinaux CM, Andrade AD. Influence of change in lateral decubitus on pulmonary aerosol deposition. *Rev Bras Fisioter* 2011;15(4):278-283.
27. Glenny RW, Robertson HT. Spatial distribution of ventilation and perfusion: mechanisms and regulation. *Compr Physiol* 2011;1(1):375-395.
28. Miller S, Hall DO, Clayton CB, Nelson R. Chest physiotherapy in cystic fibrosis: a comparative study of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques with postural drainage. *Thorax* 1995;50(2):165-169.
29. Cecins NM, Jenkins SC, Pengelley J, Ryan G. The active cycle of breathing techniques--to tip or not to tip? *Respir Med* 1999;93(9):660-665.
30. Fauroux B, Boule M, Lofaso F, Zerah F, Clement A, Harf A, et al. Chest physiotherapy in cystic fibrosis: improved tolerance with nasal pressure support ventilation. *Pediatrics* 1999;103(3):E32.
31. Williams MT, Parsons DW, Frick RA, Ellis ER, Martin AJ, Giles SE, et al. Acute respiratory infection in patients with cystic fibrosis with mild pulmonary impairment: comparison of two physiotherapy regimens. *Aust J Physiother* 2001;47(4):227-236.
32. Pasquina P, Merlani P, Granier JM, Ricou B. Continuous positive airway pressure versus noninvasive pressure support ventilation to treat atelectasis after cardiac surgery. *Anesth Analg* 2004;99(4):1001-1008, table of contents.
33. Jones A, Bilton D, Evans TW, Finney SJ. Predictors of outcome in patients with cystic fibrosis requiring endotracheal intubation. *Respirology* 2013;18(4):630-636.
34. Bellone A, Laschioli R, Raschi S, Guzzi L, Adone R. Chest physical therapy in patients with acute exacerbation of chronic bronchitis: effectiveness of three methods. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(5):558-560.

**Tabela 01:** Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo FC (N=7) incluídos na pesquisa.

| Voluntário | Idade<br>(anos) | IMC<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | VEF <sub>1</sub><br>(%pred) | CVF<br>(%pred) | VEF <sub>1</sub> /C<br>VC<br>(%pred) | FEF <sub>25-75</sub><br>(%pred) | Função Pulmonar | PI <sub>max</sub><br>(cmH <sub>2</sub> O) | PE <sub>max</sub><br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | 29              | 19,8                         | 27                          | 56             | 49                                   | 7                               | DVO grave       | 42                                        | 59                                        |
| 2          | 17              | 18,9                         | 32                          | 52             | 58                                   | 10                              | DVO grave       | 70                                        | 83                                        |
| 3          | 24              | 19,5                         | 53                          | 68             | 78                                   | 24                              | DVO moderada    | 65                                        | 106                                       |
| 4          | 22              | 19,7                         | 55                          | 77             | 78                                   | 25                              | DVO moderada    | 82                                        | 78                                        |
| 5          | 19              | 23,3                         | 55                          | 51             | 106                                  | 72                              | DVR moderada    | 60                                        | 86                                        |
| 6          | 36              | 21,5                         | 56                          | 71             | 80                                   | 30                              | DVR moderada    | 75                                        | 114                                       |
| 7          | 19              | 24,6                         | 68                          | 67             | 94                                   | 76                              | DVR leve        | 99                                        | 77                                        |

**FC:** Fibrose Cística; **IMC:** Índice de Massa Corpórea; **VEF<sub>1</sub>:** Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; **CVF:** Capacidade Vital Forçada; **FEF<sub>25-75</sub>:** Fluxo Expiratório Forçado Médio de um segmento da manobra de CVF; **DVO:** Doença ventilatória obstrutiva; **DVR:** Doença ventilatória restritiva; **PI<sub>max</sub>:** Pressão Inspiratória Máxima; **PE<sub>max</sub>:** Pressão Expiratória Máxima.

**Tabela 02::** Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo de saudáveis (N=7) incluídos na pesquisa.

| Voluntário | Idade<br>(anos) | IMC<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | VEF <sub>1</sub> (%) | CVF<br>(%) | VEF <sub>1</sub> /CVC<br>(%) | FEF <sub>25-75</sub><br>(%) | Função Pulmonar | PImax<br>(cmH <sub>2</sub> O) | PEmax<br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------|-----------------|------------------------------|----------------------|------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 8          | 19              | 22,6                         | 101                  | 103        | 95                           | 101                         | Normal          | 120                           | 145                           |
| 9          | 36              | 22,2                         | 87                   | 81         | 107                          | 87                          | Normal          | 90                            | 105                           |
| 10         | 29              | 20,9                         | 80                   | 94         | 83                           | 80                          | Normal          | 134                           | 127                           |
| 11         | 22              | 17,6                         | 107                  | 110        | 90                           | 107                         | Normal          | 137                           | 140                           |
| 12         | 24              | 22,3                         | 96                   | 94         | 92                           | 96                          | Normal          | 110                           | 105                           |
| 13         | 17              | 22,8                         | 105                  | 107        | 91                           | 105                         | Normal          | 98                            | 107                           |
| 14         | 19              | 20,3                         | 98                   | 99         | 101                          | 98                          | Normal          | 99                            | 89                            |

**IMC:** Índice de Massa Corpórea; **VEF<sub>1</sub>:** Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; **CVF:** Capacidade Vital Forçada; **FEF<sub>25-75</sub>:** Fluxo Expiratório Forçado Médio de um segmento da manobra de CVF; **PImax:** Pressão Inspiratória Máxima; **PEmax:** Pressão Expiratória Máxima.

**Tabela 03:** Mudança percentual do EELZ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após ELTGOL.

| Voluntário | FC                    | Saudáveis             |
|------------|-----------------------|-----------------------|
|            | $\Delta\text{EELZ}\%$ | $\Delta\text{EELZ}\%$ |
| 1          | -3                    | 8                     |
| 2          | -4                    | -2                    |
| 3          | 4                     | -3                    |
| 4          | -1                    | 2                     |
| 5          | -7                    | 4                     |
| 6          | -3                    | 2                     |
| 7          | -5                    | -5                    |

**EELZ%:** Mudança percentual do End Expiratory Lung Impedance; **FC:** fibrose cística.

**Tabela 04:** Mudança percentual do  $\Delta Z$  nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após ELTGOL.

|            | FC           | Saudáveis    |
|------------|--------------|--------------|
| Voluntário | $\Delta Z\%$ | $\Delta Z\%$ |
| 1          | -6           | -29          |
| 2          | 47           | -14          |
| 3          | 30           | -30          |
| 4          | 30           | -25          |
| 5          | -8           | -15          |
| 6          | -9           | 28           |
| 7          | -8           | -7           |

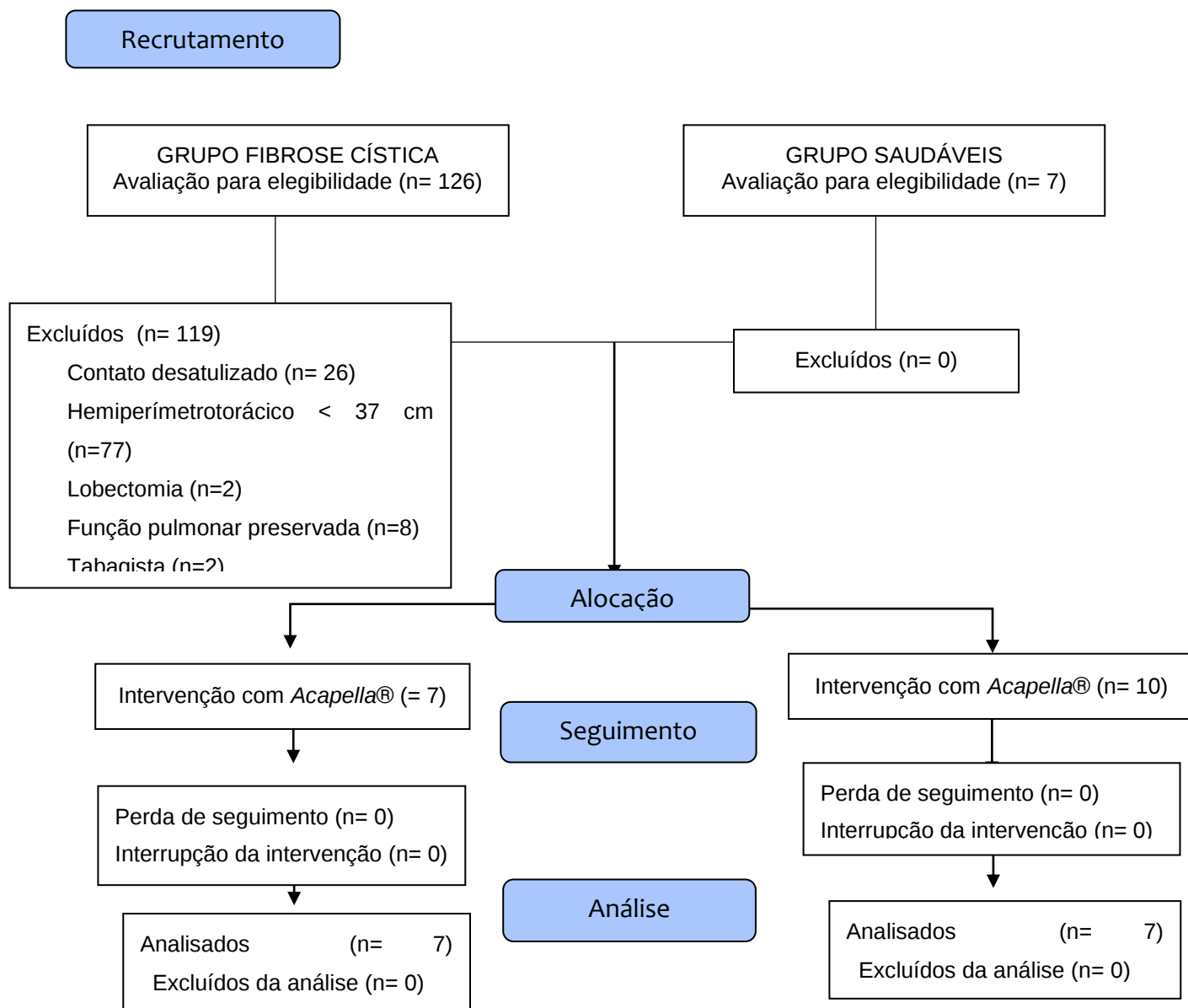
**$\Delta Z\%$ :** Mudança percentual da Variação de impedância elétrica global; **FC:** fibrose cística.

**Tabela 05:** Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias antes no 1º e 30º minuto após intervenção com ELTGOL.

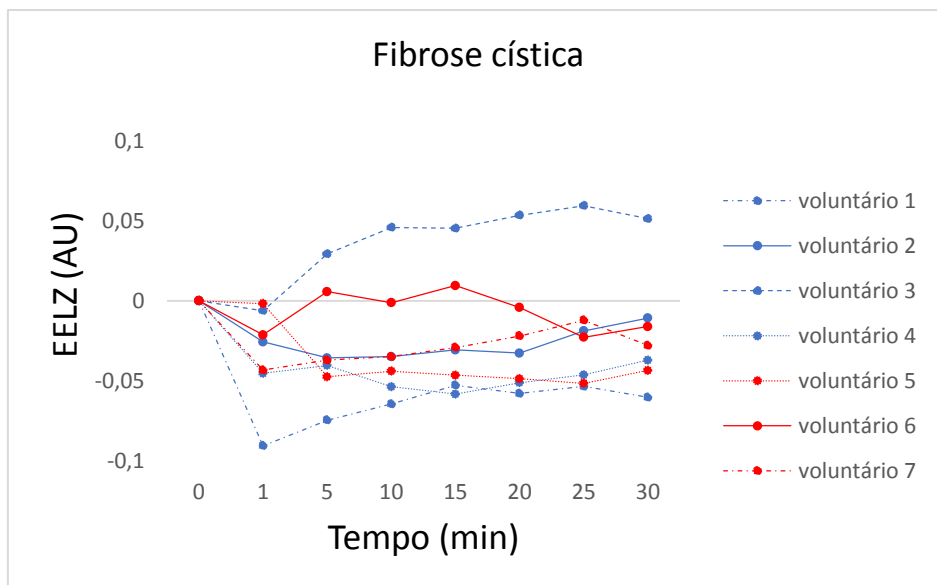
| Voluntário | Borg  |     |     | FR (ipm) |    |     | SpO <sub>2</sub> (%) |     |     | FC (bpm) |    |     | PAM (mmHg) |    |     |
|------------|-------|-----|-----|----------|----|-----|----------------------|-----|-----|----------|----|-----|------------|----|-----|
|            | Basal | 1'  | 30' | Basal    | 1' | 30' | Basal                | 1'  | 30' | Basal    | 1' | 30' | Basal      | 1' | 30' |
| 1          | 0     | 0   | 0   | 22       | 23 | 16  | 98                   | 99  | 100 | 85       | 92 | 79  | 73         | 80 | 96  |
| 2          | 0     | 2   | 0,5 | 16       | 18 | 16  | 98                   | 99  | 99  | 73       | 67 | 83  | 83         | 83 | 83  |
| 3          | 0     | 2   | 0   | 18       | 19 | 17  | 92                   | 96  | 96  | 104      | 89 | 95  | 73         | 83 | 83  |
| 4          | 0     | 1   | 0   | 18       | 20 | 20  | 96                   | 98  | 98  | 102      | 84 | 106 | 93         | 80 | 86  |
| 5          | 0     | 1   | 0,5 | 16       | 16 | 22  | 98                   | 100 | 100 | 73       | 59 | 66  | 93         | 83 | 86  |
| 6          | 0     | 1   | 0   | 17       | 17 | 19  | 98                   | 98  | 99  | 91       | 83 | 70  | 83         | 90 | 80  |
| 7          | 0     | 3   | 0   | 6        | 21 | 17  | 97                   | 99  | 97  | 95       | 69 | 97  | 80         | 70 | 70  |
| 8          | 0     | 0,5 | 0   | 15       | 16 | 16  | 98                   | 97  | 99  | 76       | 80 | 69  | 96         | 96 | 96  |
| 9          | 0     | 0   | 0   | 16       | 17 | 13  | 99                   | 98  | 98  | 80       | 94 | 89  | 93         | 80 | 86  |
| 10         | 0     | 0   | 0   | 16       | 21 | 12  | 98                   | 99  | 100 | 66       | 68 | 63  | 93         | 83 | 90  |
| 11         | 0     | 0   | 0   | 18       | 25 | 16  | 99                   | 100 | 99  | 72       | 65 | 71  | 83         | 90 | 80  |
| 12         | 0     | 0   | 0   | 22       | 15 | 14  | 100                  | 100 | 98  | 77       | 78 | 79  | 80         | 70 | 76  |
| 13         | 0     | 0   | 0   | 16       | 16 | 16  | 100                  | 99  | 99  | 89       | 86 | 86  | 83         | 70 | 80  |
| 14         | 0     | 0   | 0   | 12       | 22 | 21  | 99                   | 99  | 98  | 57       | 65 | 62  | 80         | 83 | 80  |

**FR:** frequência respiratória; **SpO<sub>2</sub>:** saturação periférica de oxigênio; **FC:** frequência cardíaca;

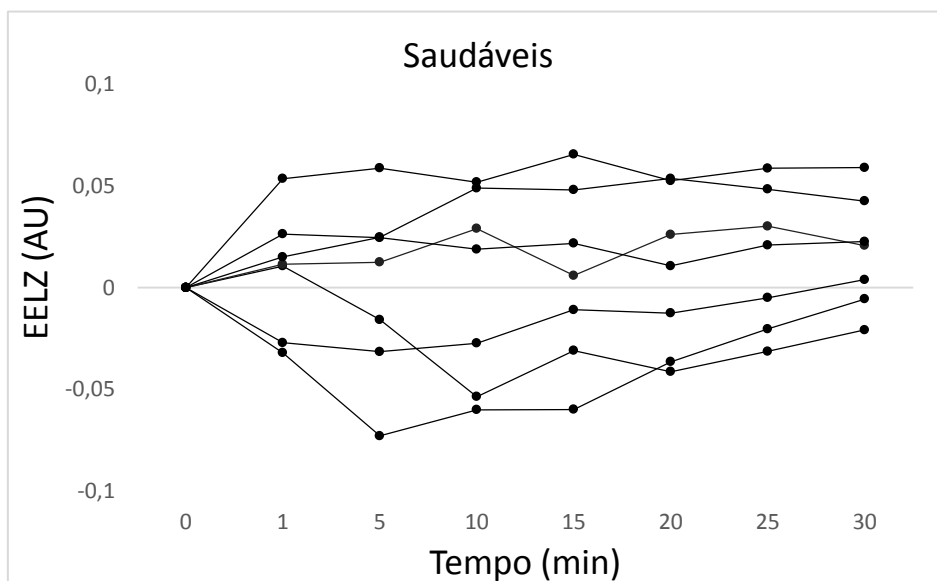
**PAM:** pressão arterial média.



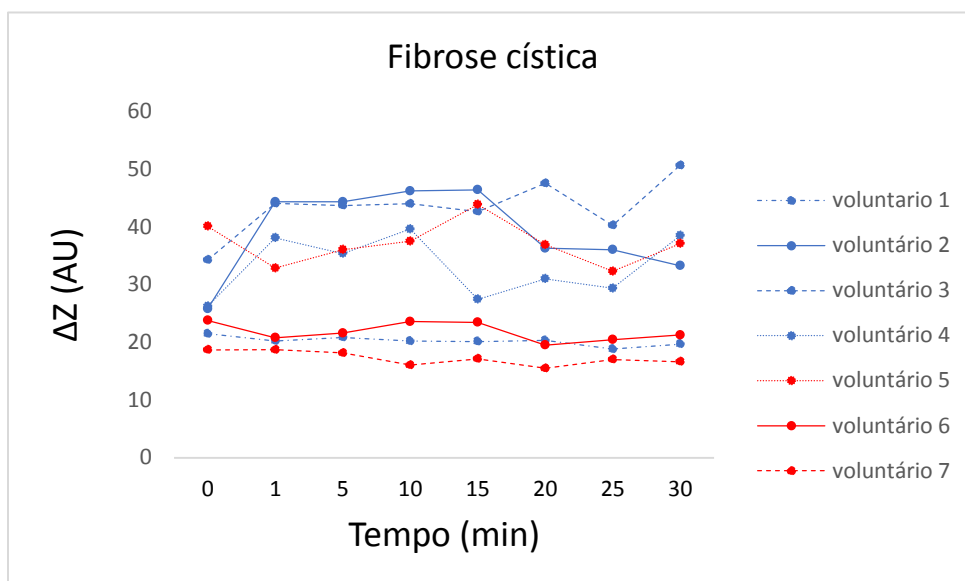
**Figura 01:** Fluxograma de captação e acompanhamento dos voluntários do estudo.



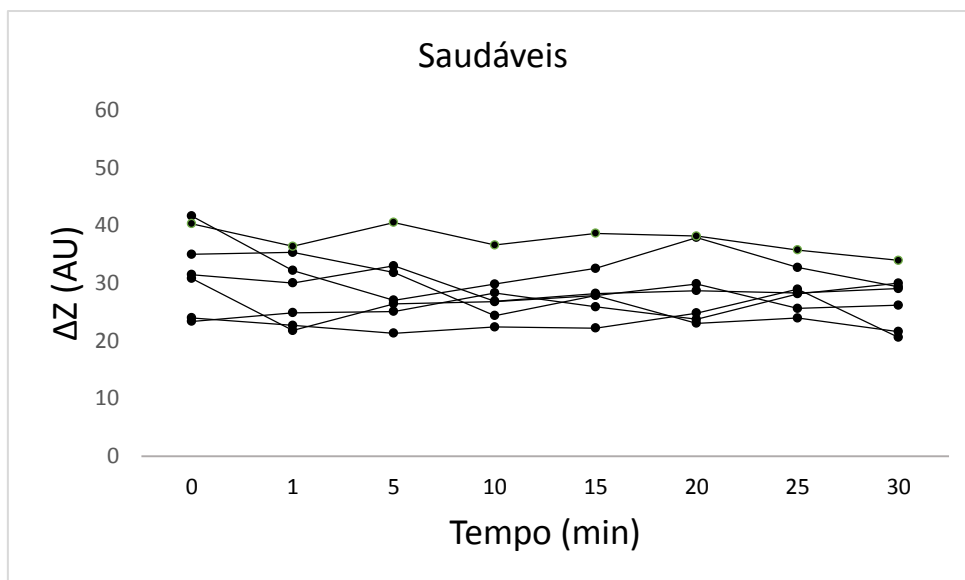
**Figura 02:** Curvas individuais dos voluntários como fibrose cística da variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. **EELZ:** End Expiratory Lung Impedance; **AU:** Unidade arbitrária.



**Figura 03:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo dos voluntários saudáveis. **EELZ:** End Expiratory Lung Impedance; **AU:** Unidade arbitrária.



**Figura 04:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do  $\Delta Z$  ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com fibrose cística com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva.  $\Delta Z$ : Variação de impedância elétrica global; AU: Unidade arbitrária.



**Figura 05:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do  $\Delta Z$  ao longo do tempo de voluntários saudáveis.  $\Delta Z$ : Variação de impedância elétrica global; AU: Unidade arbitrária.

**APÊNDICE B – Artigo Original 2****ARTIGO ORIGINAL 2:**

AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADAS ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA APÓS USO DA *ACAPELLA*®

**A SER SUBMETIDO AO PERIÓDICO:**

Respirology

**Aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da tomografia por impedância elétrica em indivíduos com fibrose cística após uso da *Acapella*®**

***Efeito da Acapella® sobre volumes pulmonares***

Amanda Couto MSc<sup>1</sup>, Murilo Carlos Brito PhD<sup>1</sup>, Caio César Araújo Moraes MSc<sup>1</sup>, Sóstynis Albuquerque MSc<sup>1</sup>, Sandra Fluhr MSc<sup>1</sup>, Luciana Alcoforado PhD<sup>1</sup>, PhD Shirley Lima Campos<sup>1</sup>, Armèle Dornelas de Andrade PhD<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco LACAP-UFPE, Recife-PE, Brasil.

**Correspondência:** Amanda Couto. Departamento de Fisioterapia. Av. Moraes Rêgo, S/N, Cidade Universitária, CEP 506670-091. Recife-PE, Brasil. E-mail: [sc\\_amanda@hotmail.com](mailto:sc_amanda@hotmail.com)

Declaramos que não temos nenhum conflito de interesse nessa publicação.

**RESUMO**

**Introdução:** Vários fatores podem influenciar a aeração e ventilação pulmonar, dentre eles, o uso de dispositivos de desobstrução brônquica do tipo *Acapella*®. **Objetivo:** Avaliar os efeitos agudos da *Acapella*® em indivíduos com FC e saudáveis sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da Tomografia por Impedância Elétrica (TIE) e sobre variáveis cardiorrespiratórias. **Metodologia:** Foi realizado uma série de casos com 7 indivíduos com FC e 7 saudáveis submetidos a uma intervenção com *Acapella*®. Seu efeito agudo foi avaliado através *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ); Variação de

Impedância Elétrica ( $\Delta Z$ ) global e das zonas ventral, dorsal, direita e esquerda e sincronia ventilatória nessas zonas através da TIE durante 30 minutos, e através do grau de dispneia, saturação periférica de oxigênio ( $SpO_2$ ), frequência respiratória (FR), frequência cardíaca e pressão arterial média (PAM) **Resultado:** Um voluntário do grupo FC apresentou redução do EELZ de 3,56% e os demais aumentos entre 3,93% e 8,35%. Em relação a ventilação pulmonar houve variações entre -0,47% e 14,28% de  $\Delta Z$ , e uma correlação linear positiva forte ( $r=0,0836$ ;  $r^2: 0,699$ ;  $p<0,001$ ) entre  $\Delta Z$  global e VC. Já no grupo de saudáveis houve aumento do EELZ entre 1,63% e 8,35%, redução do  $\Delta Z$  entre -5,08 e -21,71, e uma correlação linear positiva moderada ( $r= 0,455$ ;  $r^2: 0,407$ ;  $p < 0,001$ ) entre o  $\Delta Z$  global e VC. Ambos os grupos apresentam maior distribuição da ventilação nas zonas direita e dorsal, sincronismo ventilatório e estabilidade hemodinâmica e respiratória após intervenção. **Conclusão:** A *Acapella*® parece aumentar aeração pulmonar em indivíduos com FC e saudáveis e reduzir ventilação em saudáveis. Nos voluntários estudados todos apresentaram uma distribuição maior da ventilação nas zonas posterior e direita e sincronia ventilatória antes e após intervenção. E seu uso não promove instabilidades hemodinâmica e respiratória em FC e saudáveis.

**Palavras-chave:** Fibrose Cística; Fisioterapia; Tomografia por Impedância Elétrica; Dispositivos de Oscilação Oral de Alta frequência; Terapia de Desobstrução brônquica; Volumes Pulmonares.

## INTRODUÇÃO

A aeração e ventilação pulmonar podem ser influenciadas por diversos fatores como patologia e gravidade da doença pulmonar, padrões ventilatórios e características antropométricas<sup>1-3</sup>.

Dentre as doenças pulmonares, encontra-se a Fibrose Cística (FC), de caráter crônico e progressivo, que pode levar os indivíduos acometidos a apresentarem heterogeneidade da ventilação pulmonar e redução dos fluxos expiratórios<sup>4</sup>.

Portanto, para minimizar sinais e sintomas da doenças pulmonar *guidelines* apresentam como principal intervenção fisioterapêutica a terapia de desobstrução brônquica com dispositivos de oscilação oral de alta frequência (OOAF)<sup>5, 6</sup>.

Dispositivos do tipo *Acapella*®, despontam como primeira terapia de escolha pelo fato de ser uma técnica de fácil aplicação, não necessitar da presença de um profissional especializado para sua aplicação e consequentemente promoverem maior aderência ao tratamento proposto<sup>6</sup>.

Contudo, embora tenha apresentado resultados promissores em pacientes com diversas doenças pulmonares, seus efeitos fisiológicos sobre o sistema pulmonar de indivíduos com FC ainda não são completamente esclarecidos<sup>7</sup>.

Diante deste contexto, a tomografia por impedância elétrica (TIE) torna-se um instrumento útil para avaliar o comportamento *Acapella*®, a partir do estudo da aeração e ventilação pulmonar. Tem como vantagens não alterar o padrão ventilatório dos pacientes e realizar monitorização de forma contínua, não invasiva e livre de radiação<sup>8</sup>.

Nossa hipótese é que a Acapella® promova alteração sustentada da aeração e ventilação pulmonar após sua aplicação. Diante desse contexto, o objetivo deste estudo é determinar os efeitos agudos da *Acapella*® em indivíduos com FC e saudáveis sobre aeração e ventilação pulmonar avaliadas através da TIE, bem como determinar as repercussões nas variáveis cardiorrespiratórias e presença de efeitos adversos associados a aplicação da técnica.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Trata-se uma série de casos com uma amostra por conveniência de voluntários com fibrose cística e saudáveis, realizado no período entre março de 2015 a julho de 2016 no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar da Universidade Federal de Pernambuco (LACAP/DEFISIO). Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (CEP/CCS/UFPE) obedecendo as recomendações da Declaração de Helsinque, sub número de CAAE: 37906314.3.0000.5208.

Foram incluídos no grupo fibrose cística voluntários diagnosticados clinicamente por um médico pneumologista através do exame do suor ou análise genética do DNA, registrados no banco de dados do Instituto de Medicina Integral Professor Fernando Figueiral (IMIP), localizado na cidade de Recife-PE, Brasil, e que apresentassem hemiperímetro torácico  $\geq 37$ cm. No grupo de saudáveis foram incluídos voluntários sem histórico de tabagismo e que apresentassem hemiperímetro torácico  $\geq 37$ cm.

Foram considerados critérios de exclusão para o grupo FC indivíduos sem acometimento pulmonar, caracterizado por volume expiratório forçado no primeiro segundo ( $VEF_1$ )  $> 80\%$  do previsto<sup>9</sup>; deformidade facial que provocasse escape aéreo durante o uso da *Acapella*®; traumas ou cirurgias recentes de face ou esôfago; episódio de exacerbação pulmonar nas últimas quatro semanas que antecederam o início da coleta<sup>10</sup>; lobectomia; transplante de pulmão; com dor torácica; em uso contínuo de oxigênio  $> 8$  horas/dia; com instabilidade hemodinâmica (PAM  $< 60$ mmHg ou  $> 120$ mmHg, FC  $> 120$  bpm<sup>11</sup>) ou respiratória (FR  $> 35$  ipm e  $SpO_2 < 90\%$ <sup>11</sup>) e aqueles voluntários que não compreendessem as instruções relativas ao uso do equipamento. Para o grupo de saudáveis, foi considerado critério de exclusão indivíduos com  $VEF_1 < 80\%$  do previsto<sup>9</sup>.

O estudo foi realizado em duas fases, com um período de pelo menos 48 horas de intervalo entre elas. Na primeira fase foi realizada a avaliação inicial e na segunda a aplicação do protocolo de intervenção com *Acapella*® e avaliação dos desfechos de interesse. Participaram do estudo dois pesquisadores, responsáveis pela aplicação da primeira e segunda fase do estudo respectivamente.

### **Avaliação Inicial**

Durante a avaliação inicial, foram realizadas medidas da função pulmonar, pressões respiratórias máximas e de dados antropométricos como: peso, altura, índice de massa corpórea e sexo.

O teste de função pulmonar foi realizado utilizando um espirômetro portátil (Micro Medical, Microloop, MK8, Inglaterra) de acordo com as recomendações da *American Thoracic Society /European Respiratory Society* (ATS/ERS, 2002) e os valores obtidos foram interpretados de acordo com os valores preditos para população brasileira segundo Pereira, et al.<sup>9</sup>. Foram extraídas as seguintes variáveis: VEF<sub>1</sub>, Capacidade Vital Forçada (CVF) e Fluxo Expiratório Forçado entre 25 e 75% da CVF (FEF<sub>25-75%</sub>) e VEV<sub>1</sub>/ CVF.

Para medição das pressões respiratórias máximas, foi utilizado um manovacuômetro digital NEPEB – LabCare/UFMG (Belo Horizonte – MG, Brasil) com software próprio PUMA PC, Micro Medical, Kent, England, e realizadas manobras de acordo com as recomendações da ATS/ERS (2002). Os valores obtidos foram interpretados de acordo com as medidas de referência da população brasileira<sup>13</sup>

### **Oscilação Oral de Alta frequência – Acapella®**

A intervenção de desobstrução brônquica foi realizada com dispositivo de OOAF modelo *Acapella® Choice* (Acapella DH, Smiths Medical ASD. Inc., Keene, NH, USA).

Um fisioterapeuta treinado era responsável por realizar as orientações sobre o uso do equipamento aos voluntários e ajustar a carga de resistência da pressão expiratória positiva (PEP) do dispositivo.

O voluntário era instruído a posicionar-se confortavelmente sentado, com os cotovelos apoiados em uma mesa, com o objetivo de facilitar a expansão torácica<sup>14</sup> e em seguida, uma peça bucal e clipe nasal eram

acoplados ao paciente. Os voluntários eram instruído a inspirar lenta e profundamente, a partir do volume residual até a capacidade pulmonar total<sup>15</sup> seguido de uma pausa inspiratória de 2 segundos<sup>16</sup> e manterem uma padrão ventilatório com uma relação I:E 1.3 / 1.4.

A carga de resistência escolhida era ajustada de modo que o voluntário fosse capaz de manter um fluxo expiratório por tempo  $\geq 3$  segundos ininterruptos<sup>17</sup> e após o ajuste inicial, o fisioterapeuta orientava o participante a realizar 4 séries de 5 minutos com intervalo de 1 minuto entre cada série.

### **Instrumento de Avaliação**

Para avaliar a aeração e ventilação pulmonar foi utilizando a TIE. Instrumento de avaliação é baseado na tecnologia Enlight® (Timpel, Brasil), capaz de gerar 50 imagens por segundo de uma secção transversa do pulmão através de uma cinta com 32 eletrodos, igualmente espaçados e fixados ao redor do tórax 2 cm acima da linha mamária.

Uma corrente eléctrica na frequência de 5 mA foi injetada a 125 KHz por meio de pares de elétrodos numa sequência rotatória, sempre com três eletrodos injetáveis interpostos entre um par de eletrodo não injetável . Uma volta completa consistia em 32 padrões de injeção e 864 medidas de voltagem, constituindo o conjunto de voltagens brutas que serviam para geração de uma imagem relativa. Essas imagens foram geradas mediante um algoritmo de construção, baseado em uma matriz de sensibilidade derivada de uma malha tridimensional de elementos finitos, equivalente à descrita por Costa, et al. <sup>18</sup>.

O sinal captado também é transformado em um gráfico de plastimograma da variação de impedância ao longo do tempo, que representa a soma da variação da impedância ( $\Delta Z$ ) em todos os pixels de uma imagem <sup>19</sup>.

Para conexão do voluntário à TIE, foi selecionado uma cinta de eletrodos, que variavam entre tamanhos de 74 a 122 cm de diâmetro, de acordo com o perímetro torácico dos voluntários.

A aquisição dos dados foi realizada com os voluntários em respiração basal e em sedestação nos momentos pré intervenção, durante 5 min antes da intervenção, e durante 30 minutos após uso da *Acapella*®.

A análise dos dados gerados pela TIE era realizada *offline* através do software *EIT Main* versão 8.10. Para seleção dos trechos analisados foi identificado o minuto com padrão ventilatório estável do arquivo e correspondente aos momentos 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 do arquivo de tempo de efeito terapêutico, levando em consideração um desvio de  $\pm 2$  minutos para identificação do trecho mais estável.

As variáveis extraídas foram: *End Expiratory Lung Impedance* (EELZ)<sup>20</sup>; equivalente a aeração pulmonar; Variação Impedância Elétrica Global ( $\Delta Z$ )<sup>21</sup>, equivalente à ventilação pulmonar;  $\Delta Z$  das zonas ventral, dorsal, direita e esquerda e gráficos relativos ao mapeamento do fluxo ventilatório de um ciclo respiratório.

EELZ foi obtido pela razão da somas das medidas de impedância elétrica ao final de uma expiração (IEFE) durante um intervalo de 3.000 frames pelo número de medições feitas. Para sua interpretação, os valores basais foram normalizados a zero e todos os outros momentos da análise foram interpretados a partir da variação de impedância do momento basal

O  $\Delta Z$  foi obtido pela diferença da média aritmética entre a impedância elétrica ao final da inspiração (IEFI) e a (IEFE) dos ciclos respiratórios selecionados.

E os gráficos obtidos a partir do plastimograma da variação de impedância ao longo do tempo, que representa a soma da variação da impedância ( $\Delta Z$ ) em todos os pixels de uma imagem <sup>19</sup>.

### **Variáveis Cardiorrespiratórias**

Dados como frequência respiratória (FR), saturação periférica de oxigênio (SpO<sub>2</sub>), frequência cardíaca, pressão arterial média (PAM) foram registrados através da monitor multiparamétrico DIXTAL 2003 (Manaus, Brasil) conectado aos participantes da pesquisa durante todo protocolo deste estudo com o objetivo de determinar a segurança clínica durante a aplicação das técnicas. O grau de dispneia, através da Escala Modificada de Borg. E as medidas obtidas nos momentos pré intervenção, imediatamente e 30 minutos após a intervenção.

## **RESULTADOS**

Foram triados 126 voluntários no grupo FC, do quais 119 foram excluídos devido os seguintes motivos: informações de contato nos prontuários estarem desatualizadas (n=26); hemiperímetro torácico < 37cm (n=77); terem realizado cirurgia de lobectomia (n=2); possuírem função

pulmonar preservada (n=8); serem tabagistas (n=2) e fazerem uso de O<sub>2</sub> suplementar > 8h/dia (n=4) (Figura 01).

Após triagem o grupo FC foi composto por 7 indivíduos (3 homens e 4 mulheres). Quatro apresentavam doença ventilatória obstrutiva (DVO) (2 grave e 2 moderada) e 3 doença ventilatória restritiva (DVR) (2 moderada e 1 leve), com suas características antropométricas expressadas na Tabela 01.

O grupo de saudáveis foi composto por 7 voluntários, pareados com relação a sexo, idade e índice de massa corpórea (IMC) em relação ao grupo FC, porém sem comprometimento da função pulmonar (Tabela 02).

### **Aeração Pulmonar**

Ao analisar o efeito fisiológico da *Acapella*® sobre EELZ em voluntários saudáveis, observa-se um comportamento semelhantes de aumento de EELZ entre os voluntários (Figura 02). Há um aumento percentual entre 1,63% a 8,35% do EELZ após intervenção em comparação a medidas prévias (Tabela 04).

No grupo FC com DVO (Figura 03), um voluntário apresentou redução do EELZ de 3,63% e os demais aumentos entre 3,93% e 6,87% em comparação a medidas prévias (Tabela 04).

No grupo FC com DVR todos voluntários apresentaram após intervenção aumentos do EELZ (Figura 03) entre 4,47% e 8,35% com relação a medidas prévias (Tabela 04).

### **Ventilação Pulmonar**

Em relação a ventilação pulmonar, no grupo de saudáveis foi observado uma redução do  $\Delta Z$  global em todos os voluntários após a intervenção (Figura 04), com reduções entre 5,09% e 21,71% com relação a medidas prévias (Tabela 05). E uma correlação linear positiva moderada ( $r= 0,455$ ;  $r^2: 0,407$ ;  $p < 0,001$ ) entre o  $\Delta Z$  global e o volume corrente pulmonar desses voluntários (Tabela 03).

Nos grupos FC com DVO e DVR, não é possível observar um padrão de efeito da técnica sobre o  $\Delta Z$  global e VC (Figura 06; Figura 07). Na tabela 05 estão expressados as variações percentuais do  $\Delta Z$  após intervenção.

Ao correlacionar estas medidas, observa-se uma correlação linear positiva forte ( $r=0,0836$ ;  $r^2: 0,699$ ;  $p<0,001$ ) nos voluntários com fibrose cística (Tabela 03).

### **Distribuição da Ventilação Pulmonar**

Ao observar a distribuição do  $\Delta Z$  nas zonas ventral e dorsal, direita e esquerda, é possível observar nos grupos de saudáveis, FC com DVO e DVR uma contribuição maior da zona dorsal e direita para a ventilação pulmonar em todos os voluntários (Tabela 05; Tabela 06).

### **Mapeamento do movimento do fluxo de ar e sincronia ventilatória**

Nas figuras 08, 09 e 10 é possível observar o movimento do fluxo de ar nas regiões ventral, dorsal, direita e esquerda e a sincronia ventilatórias dessas regiões em um voluntário saudável, com FC com DVO e DVR antes e no 1º e 30º minuto após a intervenção com *Acapella*®. Demais figuras referentes aos outros voluntários estão no suplemento 1.

É possível observar nos gráficos antes da intervenção que o movimento do fluxo de ar acontece simultaneamente durante a aquisição do sinal de fluxo, volume, da variação de impedância elétrica global, das regiões ventral, dorsal, direita e esquerda, expressando uma homogeneidade do movimento do fluxo e sincronia temporal no movimento dos volumes pulmonares antes da intervenção e que permanece semelhante após uso da *Acapella*® no 1º e 30º minuto após intervenção.

Nas figuras 08, 09 e 10 ainda é possível observar o volume minuto pulmonar, que nas três condições pulmonares apresenta uma redução após intervenção com *Acapella*®. E nos voluntários com FC com DVR há um retorno do volume minuto pulmonar no 30º minuto após intervenção.

### **Variáveis Cardiorrespiratórias e Efeitos Adversos**

Ao analisar as variáveis cardiorrespiratórias antes e no 1º e 30º minuto após a intervenção, nenhum voluntário apresentou aumento ou diminuição dos parâmetros de FR, SpO2, escala de Borg, frequência cardíaca e PAM que correspondesse a uma instabilidade clínica importante (Tabela 08.)

## **DISCUSSÃO**

Este foi o primeiro estudo que avaliou o efeito agudo da *Acapella*® utilizando como instrumento de avaliação a TIE. Através desse instrumento foi possível observar após a intervenção em uma amostra de 7 pacientes com FC e 7 pacientes saudáveis o efeito residual da técnica sobre a aeração e ventilação pulmonar; sua distribuição nas zonas ventral, dorsal, direita e

esquerda; o comportamento do fluxo de ar e sincronismo ventilatório nos pulmões desses indivíduos.

Nas bases de dados pesquisadas, foi encontrado apenas um estudo que avaliou o efeito da *Acapella*® em indivíduos com FC, os demais utilizam outros tipos de dispositivos de OOAF ou são referentes a outras populações.

West, et al.<sup>22</sup>, avaliaram o efeito da *Acapella*® através de teste de função pulmonar em indivíduos com FC, mas não foi observado mudança significativa após intervenção com *Acapella*®.

Acreditamos que nesse estudo, os resultados foram diferentes do nosso devido o instrumento de avaliação. A TIE apresenta como vantagem a monitorização ininterrupta do comportamento pulmonar após a intervenção sem alterar o padrão ventilatório dos pacientes; além de permitir avaliar desfechos inacessíveis a outros instrumentos, como a distribuição da ventilação pulmonar regional, comportamento do fluxo e sincronismo ventilatório, sem emitir radiação e de forma não invasiva<sup>23</sup>.

### **Aeração Pulmonar**

Nos voluntários saudáveis houve aumento do EELZ, assim como nos voluntários com FC com DVR. Acreditamos que este fenômeno ocorreu nesses pacientes devido ao aumento da complacência pulmonar promovido pela *Acapella*®.

Segundo Jones, et al.<sup>24</sup> em pacientes saudáveis submetidos a terapia de OOAF com dispositivo do tipo *Flutter*® o uso da pressão positiva expiratória, presente nestes tipos de dispositivos de OOAF associados as oscilações orais

de alta frequência, faz com que haja o aumento do diâmetro dos brônquios e consequente aumento da capacidade residual funcional (CRF).

Contudo, no grupo de voluntários com FC com DVO, o voluntário número 2 apresentou diminuição do EELZ. Acreditamos que neste paciente, devido o seu comprometimento pulmonar obstrutivo, que geralmente apresenta aprisionamento aéreo<sup>25</sup>, o uso da pressão positiva pode ter sido útil para manter a via aérea pérvia durante a fase expiratória, estabilizado as vias aéreas durante a expiração, evitando o colapso dinâmico e favorecendo a desinsuflação pulmonar neste paciente.

Este achado corrobora Guimaraes, et al.<sup>26</sup>, segundo este estudo, em pacientes com FC submetidos a intervenção com OAAF com dispositivo do tipo *Flutter*®, após a intervenção foi observado através da pletismografia de corpo inteiro a diminuição do relação volume residual dividido por capacidade pulmonar total (VR/CPT). Quando esta relação está aumentada sinaliza aprisionamento aéreo<sup>27</sup>. Neste estudo houve uma redução da relação VR/CPT após intervenção com *Flutter*®.

Portanto, talvez a diminuição do EELZ neste paciente com comprometimento pulmonar obstrutivo, a diminuição do EELZ corresponda a diminuição da hiperinsuflação pulmonar.

### **Ventilação Pulmonar**

Em nosso estudo foi observado a diminuição do  $\Delta Z$  e VC apenas no grupo de pacientes saudáveis. Acreditamos que nesses pacientes o aumento

do diâmetro dos brônquios promoveu redução da variação de pressão pulmonar e por conseguinte reduziu o  $\Delta Z$  e VC nos pulmões.

Vários fatores parecem contribuir para a alteração dos volumes pulmonares durante uma respiração basal, dentre eles configuração da caixa torácica, envio de estímulo muscular ventilatório e concentração de gases sanguíneos<sup>28, 29</sup>.

Estudo realizado em pacientes saudáveis submetidos a incrementos sequenciais da capacidade residual funcional, avaliados através de um sistema de ventilação assistida por controle neural (NAVA), demonstrou que o aumento do volume de ar dentro dos pulmões no final de uma expiração promove uma redução do drive respiratório<sup>30</sup>.

Este mecanismo é explicado através da relação direta entre volume e pressão dentro dos pulmões. Estudos têm demonstrado que o aumento da capacidade residual funcional diminui a variação de pressão pleural, o que reduz o volume corrente pulmonar<sup>28</sup>.

Além do uso da pressão positiva, a vibração torácica promovida pelo dispositivo *Acapella*® também parece contribuir para esse efeito. Segundo McCarren and Alison<sup>31</sup>, em estudo em pacientes saudáveis submetidos a oscilações orais de alta frequência, foi observado uma maior exalação de gás carbônico, o que promove a redução do volume minuto pulmonar após uso desse tipo de intervenção.

Acreditamos que talvez este fenômeno não ocorreu de maneira significativa em pacientes com FC com DVR e com DVO, pois o aumento do EELZ após intervenção nesses pacientes talvez não tenha sido o suficiente para promover reduções do VC e  $\Delta Z$ .

Como nossa amostra de voluntários com FC apresentam comprometimentos pulmonares obstrutivos e restritivos, que refletem áreas de fibrose, atelectasia e obstrução brônquica, talvez, o uso da pressão positiva associada às OOAF tenham promovido recrutamento alveolar e remoção de secreção, fazendo com que a variação do diâmetro brônquico não tenha sido suficiente para reduzir o  $\Delta Z$  e VC.

Portanto, esse fenômeno pode estar relacionado aos diferentes graus de comprometimento pulmonar dos indivíduos. Talvez seja necessário uma PEP e frequência de oscilações maiores para que seja observado mudanças no  $\Delta Z$  e VC em pacientes com FC.

### **Distribuição da Ventilação Pulmonar**

Em pacientes saudáveis é sabido que as regiões posterior e direita contribuem com a maior parte da ventilação pulmonar em decorrência da anatomia humana, o que corrobora nossos achados<sup>32</sup>.

Em pacientes com fibrose cística, diversos estudos demonstram através tomografia computadorizada que a distribuição da ventilação é heterogênea. Achados tomográficos incluem bronquiectasias, espessamentos da parede brônquica, atenuação em mosaico, impactação mucoide, atelectasia, consolidações, cistos, dentre outros que refletem os graus de comprometimento da função pulmonar e podem levar a redução da ventilação pulmonar em determinadas regiões pulmonares<sup>33</sup>.

Estudos apontam envolvimento difuso do parênquima pulmonar, mas na fase inicial da doença as anormalidades predominam nos lobos superiores e, em alguns pacientes, no lobo superior direito<sup>34</sup>.

Nos pacientes com FC, apesar de serem indivíduos com comprometimento pulmonar moderado a grave, a distribuição da ventilação pulmonar em todos os fibrocísticos incluídos neste estudo se assemelhou aos dos voluntários saudáveis.

Talvez não tenha sido encontradas diferenças na distribuição da ventilação pulmonar devido à localização da faixa de eletrodos, que apenas representa uma secção transversa torácica e não reflete todas as zonas pulmonares dos voluntários estudados.

A relação ventral por dorsal (V/D) e direita por esquerda (D/E), representa a distribuição da ventilação pulmonar. Uma ventilação homogênea têm um índice em torno de 1, incrementos desse índice significam aumento da ventilação nas zonas ventral ou esquerda e reduções o inverso<sup>19</sup>.

Porém, é possível observar que antes e após a intervenção, os índices apresentam apenas uma pequena variação. O que nos parece que talvez não houve nenhuma alteração do padrão de distribuição da ventilação pulmonar após intervenção na população estudada.

### **Mapeamento do fluxo e sincronismo ventilatório**

Características de enchimento pulmonar dependem do volume pulmonar ao final de uma expiração, que correspondem ao EELZ<sup>2</sup>. Modelos descritos por Schnidrig, et al. <sup>2</sup> demonstraram que as regiões mais aeradas são aquelas em

que há uma menor resistência, local para onde há um direcionamento dos volumes pulmonares.

Geralmente essa região fica localizada nas regiões não dependentes da gravidade, onde há uma maior negativação da pressão pleural. Em posturas de decúbito lateral direito, onde há uma diferença gravitacional entre as zonas pulmonares direita e esquerda, ou quando é instituído uso de dispositivos de fisioterapia respiratória com uso de pressão positiva, é possível observar através da interpretação dos gráficos de variação de impedância elétrica regional, um início precoce do ciclo ventilatório no pulmão não dependente da gravidade, seguido da contribuição pulmonar do pulmão dependente <sup>35</sup>.

Porém outros fatores também podem contribuir para alteração da resistência e pressões das vias aéreas, como secreções, bronquiectasias, áreas de fibrose, grau de comprometimento pulmonar, postura ou simplesmente o padrão ventilatório.

Em nosso estudo, nos voluntários com FC e com DVO e DVR, houve uma sincronia temporal nos enchimentos pulmonares. É possível observar nos gráficos antes da intervenção que o movimento do fluxo de ar acontece simultaneamente durante a aquisição do sinal de fluxo, volume, da variação de impedância elétrica global, das regiões ventral, dorsal, direita e esquerda, expressando uma homogeneidade do movimento do fluxo e sincronia temporal no movimento dos volumes pulmonares antes e no 1º e 30º após a intervenção.

Acreditamos que nos voluntários com comprometimentos pulmonares obstrutivos e restritivos graves e moderados, não foi observado heterogeneidade durante o enchimento pulmonar nas diferentes zonas

ventilatórias direita e esquerda, anterior e posterior, devido a região analisada trata-se de uma zona isogravitacional.

Estudos têm observado assincronias ventilatórias e distribuição de fluxos heterogêneas nas diferentes zonas em pacientes submetidos a intervenções e com os voluntários em posição de decúbito lateral, onde há uma diferença entre o EELZ entre as regiões pulmonares dependentes e não dependentes da gravidade<sup>3</sup>.

Acreditamos que essas diferenças não foram evidenciadas nos pacientes estudados, pois a aquisição dos dados foi realizada com os voluntários em sedestação, onde não há diferença de pressão pleural.

### **Variáveis Cardiorrespiratórias**

Em relação as variáveis cardiorrespiratórias, este foi o primeiro estudo que avaliou a influência de execução da *Acapella*® sobre variáveis cardiorrespiratórias e efeitos adversos.

Já era esperado que não houvessem alterações pois, tratava-se de uma população com estabilidade respiratória e hemodinâmica<sup>11</sup>. Portanto, a *Acapella*® parece ser uma intervenção segura nessa população, sem promover instabilidade hemodinâmica, respiratória e apresentar eventos adversos associados.

Sugere-se que em estudos futuros a *Acapella*® seja avaliada em pacientes com instabilidade respiratória, para que seja verificado se as mudanças observadas nos volumes pulmonares são capazes de promover melhora clínica. E, sugerimos ainda, que o tempo de monitorização seja maior.

## CONCLUSÃO

A *Acapella*® promoveu aumento sustentado por 30 minutos da aeração em voluntários saudáveis, com FC com DVR e reduziu a aeração pulmonar em um paciente com DVO. Promoveu redução do  $\Delta Z$  e VC em voluntários saudáveis. E não alterou estabilidade respiratória e hemodinâmica dos pacientes incluídos nessa pesquisa.

Foi observado ainda uma maior ventilação pulmonar nas zonas pulmonares posterior e direita dos voluntários incluídos neste estudo e uma sincronia ventilatória entre as zonas pulmonares direita, esquerda, anterior e posterior antes e após intervenção com *Acapella*® independente do grau de comprometimento pulmonar.

## REFERÊNCIAS

1. Wettstein M, Radlinger L, Riedel T. Effect of different breathing aids on ventilation distribution in adults with cystic fibrosis. *PLoS One* 2014;9(9):e106591.
2. Schnidrig S, Casaulta C, Schibler A, Riedel T. Influence of end-expiratory level and tidal volume on gravitational ventilation distribution during tidal breathing in healthy adults. *Eur J Appl Physiol* 2013;113(3):591-598.
3. Frerichs I, Dudykevych T, Hinz J, Bodenstein M, Hahn G, Hellige G. Gravity effects on regional lung ventilation determined by functional EIT during parabolic flights. *J Appl Physiol* (1985) 2001;91(1):39-50.
4. Zhao Z, Fischer R, Frerichs I, Muller-Lisse U, Moller K. Regional ventilation in cystic fibrosis measured by electrical impedance tomography. *J Cyst Fibros* 2012;11(5):412-418.
5. Button BM, Wilson C, Dentice R, Cox NS, Middleton A, Tannenbaum E, et al. Physiotherapy for cystic fibrosis in Australia and New Zealand: A clinical practice guideline. *Respirology* 2016;21(4):656-667.
6. Flume PA, Robinson KA, O'Sullivan BP, Finder JD, Vender RL, Willey-Courand DB, et al. Cystic fibrosis pulmonary guidelines: airway clearance therapies. *Respir Care* 2009;54(4):522-537.

7. Morrison L, Agnew J. Oscillating devices for airway clearance in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;7:CD006842.
8. Frerichs I, Hinz J, Herrmann P, Weisser G, Hahn G, Quintel M, et al. Regional lung perfusion as determined by electrical impedance tomography in comparison with electron beam CT imaging. *IEEE Trans Med Imaging* 2002;21(6):646-652.
9. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol* 2007;33(4):397-406.
10. Rosenfeld M, Emerson J, Williams-Warren J, Pepe M, Smith A, Montgomery AB, et al. Defining a pulmonary exacerbation in cystic fibrosis. *J Pediatr* 2001;139(3):359-365.
11. Jones A, Bilton D, Evans TW, Finney SJ. Predictors of outcome in patients with cystic fibrosis requiring endotracheal intubation. *Respirology* 2013;18(4):630-636.
12. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166(4):518-624.
13. Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;36(3):306-312.
14. Alves Silva CE, Santos JG, Jansen JM, de Melo PL. Laboratory evaluation of the Acapella device: pressure characteristics under different conditions, and a software tool to optimize its practical use. *Respir Care* 2009;54(11):1480-1487.
15. Patterson JE, Hewitt O, Kent L, Bradbury I, Elborn JS, Bradley JM. Acapella versus 'usual airway clearance' during acute exacerbation in bronchiectasis: a randomized crossover trial. *Chron Respir Dis* 2007;4(2):67-74.
16. Cho DY, Skinner D, Zhang S, Fortenberry J, Sorscher EJ, Dean NR, et al. Cystic fibrosis transmembrane conductance regulator activation by the solvent ethanol: implications for topical drug delivery. *Int Forum Allergy Rhinol* 2016;6(2):178-184.
17. Volsko TA, DiFiore J, Chatburn RL. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. *Respir Care* 2003;48(2):124-130.
18. Costa EL, Chaves CN, Gomes S, Beraldo MA, Volpe MS, Tucci MR, et al. Real-time detection of pneumothorax using electrical impedance tomography. *Crit Care Med* 2008;36(4):1230-1238.
19. Frerichs I, Amato MB, van Kaam AH, Tingay DG, Zhao Z, Grychtol B, et al. Chest electrical impedance tomography examination, data analysis, terminology, clinical use and recommendations: consensus statement of the TRanslational EIT developmeNt stuDy group. *Thorax* 2016.
20. Hinz J, Hahn G, Neumann P, Sydow M, Mohrenweiser P, Hellige G, et al. End-expiratory lung impedance change enables bedside monitoring of end-expiratory lung volume change. *Intensive Care Med* 2003;29(1):37-43.
21. Victorino JA, Borges JB, Okamoto VN, Matos GF, Tucci MR, Caramez MP, et al. Imbalances in regional lung ventilation: a validation study on electrical impedance tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169(7):791-800.

22. West K, Wallen M, Follett J. Acapella vs. PEP mask therapy: a randomised trial in children with cystic fibrosis during respiratory exacerbation. *Physiother Theory Pract* 2010;26(3):143-149.
23. Zhao Z, Muller-Lisse U, Frerichs I, Fischer R, Moller K. Regional airway obstruction in cystic fibrosis determined by electrical impedance tomography in comparison with high resolution CT. *Physiol Meas* 2013;34(11):N107-114.
24. Jones A, Tse E, Cheung L, To C, Lo C. Restoration of lung volume using the Flutter VRP1 or breathing exercise. *Aust J Physiother* 1997;43(3):183-189.
25. Kerem E, Viviani L, Zolin A, MacNeill S, Hatziagorou E, Ellemunter H, et al. Factors associated with FEV1 decline in cystic fibrosis: analysis of the ECFS patient registry. *Eur Respir J* 2014;43(1):125-133.
26. Guimaraes FS, Lopes AJ, Moco VJ, Cavalcanti de Souza F, Silveira de Menezes SL. Eltgol acutely improves airway clearance and reduces static pulmonary volumes in adult cystic fibrosis patients. *J Phys Ther Sci* 2014;26(6):813-816.
27. Nomenclature and definitions in respiratory physiology and clinical aspects of chronic lung diseases. *Bull Physiopathol Respir (Nancy)* 1975;11(6):937-959.
28. Torres A, Kacmarek RM, Kimball WR, Qvist J, Stanek K, Whyte R, et al. Regional diaphragmatic length and EMG activity during inspiratory pressure support and CPAP in awake sheep. *J Appl Physiol* (1985) 1993;74(2):695-703.
29. Yan S, Kayser B, Tobiasz M, Sliwinski P. Comparison of static and dynamic intrinsic positive end-expiratory pressure using the Campbell diagram. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154(4 Pt 1):938-944.
30. Passath C, Takala J, Tuchscherer D, Jakob SM, Sinderby C, Brander L. Physiologic response to changing positive end-expiratory pressure during neurally adjusted ventilatory assist in sedated, critically ill adults. *Chest* 2010;138(3):578-587.
31. McCarren B, Alison JA. Physiological effects of vibration in subjects with cystic fibrosis. *Eur Respir J* 2006;27(6):1204-1209.
32. Webb WR, Stein MG, Finkbeiner WE, Im JG, Lynch D, Gamsu G. Normal and diseased isolated lungs: high-resolution CT. *Radiology* 1988;166(1 Pt 1):81-87.
33. Tomashefski JF, Jr., Bruce M, Goldberg HI, Dearborn DG. Regional distribution of macroscopic lung disease in cystic fibrosis. *Am Rev Respir Dis* 1986;133(4):535-540.
34. Brody AS, Klein JS, Molina PL, Quan J, Bean JA, Wilmott RW. High-resolution computed tomography in young patients with cystic fibrosis: distribution of abnormalities and correlation with pulmonary function tests. *J Pediatr* 2004;145(1):32-38.
35. Lehmann S, Leonhardt S, Ngo C, Bergmann L, Schradung S, Heimann K, et al. Electrical Impedance Tomography as possible guidance for individual positioning of patients with multiple lung injury. *Clin Respir J* 2016.

**Tabela 01:** Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo FC (N=7) incluídos na pesquisa.

| Voluntário | Idade<br>(anos) | IMC<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | VEF <sub>1</sub><br>(%pred) | CVF<br>(%pred) | VEF <sub>1</sub> /C<br>VC<br>(%pred) | FEF <sub>25-75</sub><br>(%pred) | Função Pulmonar | PI <sub>max</sub><br>(cmH <sub>2</sub> O) | PE <sub>max</sub><br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1          | 29              | 19,8                         | 27                          | 56             | 49                                   | 7                               | DVO grave       | 42                                        | 59                                        |
| 2          | 17              | 18,9                         | 32                          | 52             | 58                                   | 10                              | DVO grave       | 70                                        | 83                                        |
| 3          | 24              | 19,5                         | 53                          | 68             | 78                                   | 24                              | DVO moderada    | 65                                        | 106                                       |
| 4          | 22              | 19,7                         | 55                          | 77             | 78                                   | 25                              | DVO moderada    | 82                                        | 78                                        |
| 5          | 19              | 23,3                         | 55                          | 51             | 106                                  | 72                              | DVR moderada    | 60                                        | 86                                        |
| 6          | 36              | 21,5                         | 56                          | 71             | 80                                   | 30                              | DVR moderada    | 75                                        | 114                                       |
| 7          | 19              | 24,6                         | 68                          | 67             | 94                                   | 76                              | DVR leve        | 99                                        | 77                                        |

**FC:** Fibrose Cística; **IMC:** Índice de Massa Corpórea; **VEF<sub>1</sub>:** Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; **CVF:** Capacidade Vital Forçada; **FEF<sub>25-75</sub>:** Fluxo Expiratório Forçado Médio de um segmento da manobra de CVF; **DVO:** Doença ventilatória obstrutiva; **DVR:** Doença ventilatória restritiva; **PI<sub>max</sub>:** Pressão Inspiratória Máxima; **PE<sub>max</sub>:** Pressão Expiratória Máxima.

**Tabela 02::** Características antropométricas, pressões respiratórias máximas e de função pulmonar, dos voluntários do grupo de saudáveis (N=7) incluídos na pesquisa.

| Voluntário | Idade<br>(anos) | IMC<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | VEF <sub>1</sub> (%) | CVF<br>(%) | VEF <sub>1</sub> /CVC<br>(%) | FEF <sub>25-75</sub><br>(%) | Função Pulmonar | PImax<br>(cmH <sub>2</sub> O) | PEmax<br>(cmH <sub>2</sub> O) |
|------------|-----------------|------------------------------|----------------------|------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 8          | 19              | 22,6                         | 101                  | 103        | 95                           | 101                         | Normal          | 120                           | 145                           |
| 9          | 36              | 22,2                         | 87                   | 81         | 107                          | 87                          | Normal          | 90                            | 105                           |
| 10         | 29              | 20,9                         | 80                   | 94         | 83                           | 80                          | Normal          | 134                           | 127                           |
| 11         | 22              | 17,6                         | 107                  | 110        | 90                           | 107                         | Normal          | 137                           | 140                           |
| 12         | 24              | 22,3                         | 96                   | 94         | 92                           | 96                          | Normal          | 110                           | 105                           |
| 13         | 17              | 22,8                         | 105                  | 107        | 91                           | 105                         | Normal          | 98                            | 107                           |
| 14         | 19              | 20,3                         | 98                   | 99         | 101                          | 98                          | Normal          | 99                            | 89                            |

**IMC:** Índice de Massa Corpórea; **VEF<sub>1</sub>:** Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; **CVF:** Capacidade Vital Forçada; **FEF<sub>25-75</sub>:** Fluxo Expiratório Forçado Médio de um segmento da manobra de CVF; **PImax:** Pressão Inspiratória Máxima; **PEmax:** Pressão Expiratória Máxima,

**Tabela 03:** Correlação do volume corrente com a variação global de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) e razão  $\Delta Z$  por volume corrente em indivíduos com fibrose cística e saudáveis antes e após intervenção com *Acapella*®.

|        | Fibrose cística |                |       |               | Saudáveis |                |       |               |
|--------|-----------------|----------------|-------|---------------|-----------|----------------|-------|---------------|
|        | R               | R <sup>2</sup> | p     | $\Delta Z/VC$ | R         | R <sup>2</sup> | p     | $\Delta Z/VC$ |
| Basal  | 0,931           | 0,876          | 0,002 | 16            | 0,743     | 0,553          | 0,055 | 17            |
| 30 min | 0,836           | 0,699          | 0,001 | 16            | 0,455     | 0,407          | 0,001 | 18            |

**\*Teste de correlação de spearman**

**Tabela 04:** Mudança percentual do EELZ nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após uso da *Acapella*®.

| Voluntário | FC              | Saudáveis       |
|------------|-----------------|-----------------|
|            | $\Delta EELZ\%$ | $\Delta EELZ\%$ |
| 1          | 6,9             | 3,4             |
| 2          | -3,6            | 1,6             |
| 3          | 6,2             | 7,2             |
| 4          | 3,9             | 7,9             |
| 5          | 9,1             | 4,5             |
| 6          | 10,0            | 5,0             |
| 7          | 5,4             | 8,3             |

**EELZ%:** Mudança percentual do End Expiratory Lung Impedance; **FC:** fibrose cística.

**Tabela 05:** Mudança percentual do  $\Delta Z$  nos voluntários com fibrose cística e saudáveis após uso da *Acapella*®.

|            | FC           | Saudáveis    |
|------------|--------------|--------------|
| Voluntário | $\Delta Z\%$ | $\Delta Z\%$ |
| 1          | 14,3         | -21,4        |
| 2          | 8,3          | -17,9        |
| 3          | -0,2         | -5,1         |
| 4          | -0,5         | -21,7        |
| 5          | 0,2          | -16,1        |
| 6          | 2,6          | -5,1         |
| 7          | -9,6         | -14,2        |

**$\Delta Z\%$ :** Mudança percentual da Variação de impedância elétrica global; **FC:** fibrose cística.

**Tabela 06:** Distribuição variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) nas zonas ventral, dorsal, direita e esquerda, antes e 30 minutos após a intervenção com *Acapella*® no grupo de saudáveis.

| Voluntário | Basal   |        |      | 30'     |        |      |
|------------|---------|--------|------|---------|--------|------|
|            | Ventral | Dorsal | V/D  | Ventral | Dorsal | V/D  |
| 8          | 0,35    | 0,64   | 0,54 | 0,31    | 0,68   | 0,45 |
| 9          | 0,38    | 0,61   | 0,62 | 0,38    | 0,61   | 0,62 |
| 10         | 0,31    | 0,68   | 0,45 | 0,30    | 0,69   | 0,43 |
| 11         | 0,49    | 0,50   | 0,98 | 0,38    | 0,61   | 0,62 |
| 12         | 0,44    | 0,55   | 0,8  | 0,45    | 0,54   | 0,83 |
| 13         | 0,42    | 0,57   | 0,73 | 0,38    | 0,61   | 0,62 |
| 14         | 0,38    | 0,61   | 0,63 | 0,37    | 0,62   | 0,59 |

|    | Basal  |          |      | 30'    |          |      |
|----|--------|----------|------|--------|----------|------|
|    | Direto | Esquerdo | D/E  | Direto | Esquerdo | D/E  |
| 8  | 0,54   | 0,45     | 1,20 | 0,54   | 0,45     | 1,20 |
| 9  | 0,58   | 0,41     | 1,41 | 0,57   | 0,42     | 1,35 |
| 10 | 0,51   | 0,48     | 1,06 | 0,54   | 0,45     | 1,20 |
| 11 | 0,50   | 0,49     | 1,02 | 0,53   | 0,46     | 1,15 |
| 12 | 0,52   | 0,47     | 1,10 | 0,51   | 0,48     | 1,06 |
| 13 | 0,53   | 0,46     | 1,15 | 0,56   | 0,44     | 1,27 |
| 14 | 0,54   | 0,47     | 1,14 | 0,53   | 0,46     | 1,15 |

**VD:** Relação ventral por dorsal; **D/E:** Relação direita por esquerda.

**Tabela 07:** Distribuição variação de impedância elétrica ( $\Delta Z$ ) nas zonas ventral, dorsal, direita e esquerda, antes e após a intervenção com *Acapella*® no grupo de voluntários com fibrose cística.

| Voluntário | Basal   |        |      | 30'     |        |      |
|------------|---------|--------|------|---------|--------|------|
|            | Ventral | Dorsal | V/D  | Ventral | Dorsal | V/D  |
| 1          | 0,52    | 0,47   | 1,11 | 0,50    | 0,49   | 1,02 |
| 2          | 0,39    | 0,60   | 0,65 | 0,39    | 0,60   | 0,65 |
| 3          | 0,49    | 0,50   | 0,98 | 0,47    | 0,48   | 0,98 |
| 4          | 0,28    | 0,71   | 0,39 | 0,32    | 0,67   | 0,48 |
| 5          | 0,48    | 0,51   | 0,94 | 0,43    | 0,56   | 0,77 |
| 6          | 0,28    | 0,71   | 0,39 | 0,39    | 0,60   | 0,65 |
| 7          | 0,45    | 0,54   | 0,83 | 0,44    | 0,55   | 0,80 |

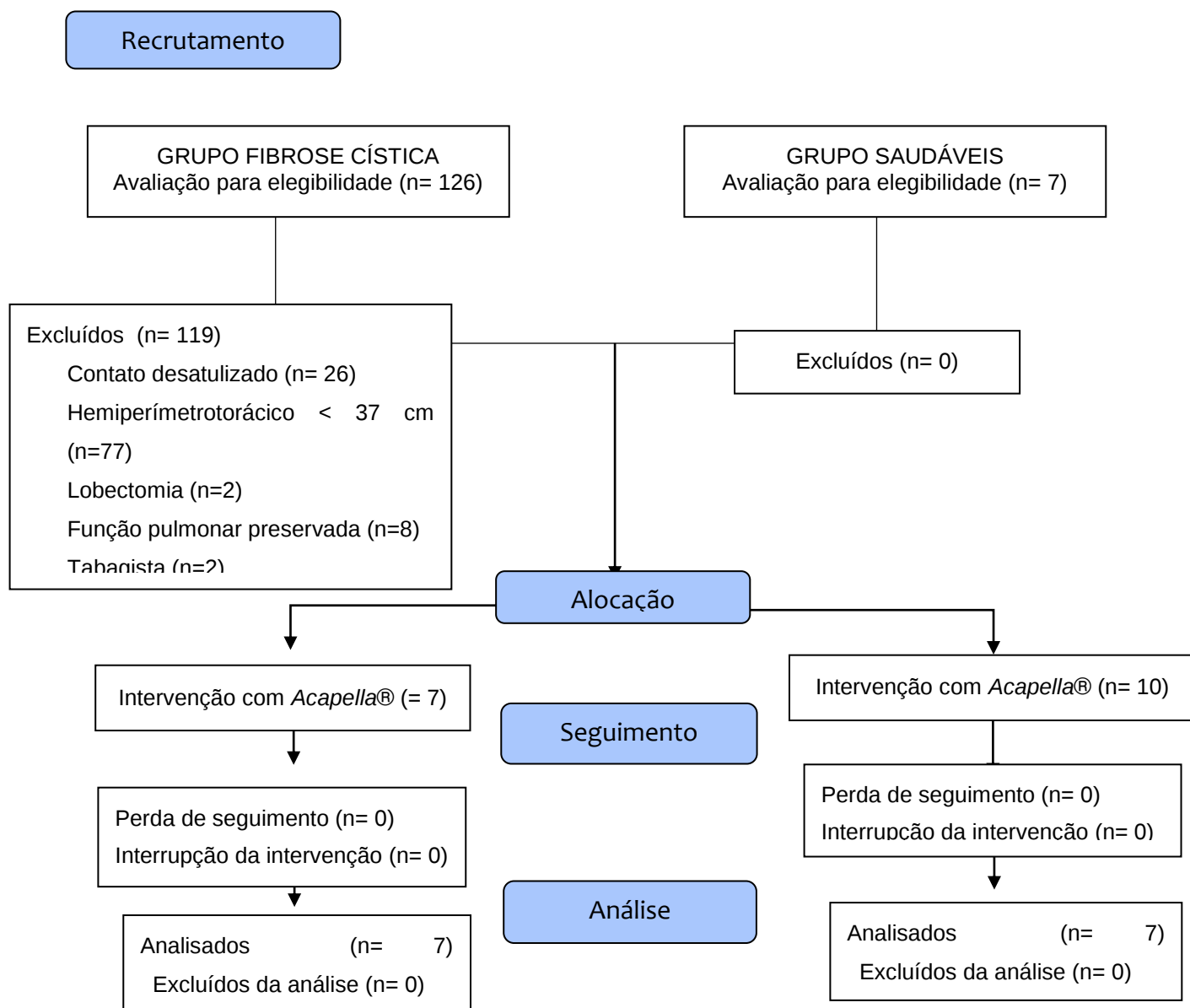
|   | Basal  |          |      | 30'    |          |      |
|---|--------|----------|------|--------|----------|------|
|   | Direto | Esquerdo | D/E  | Direto | Esquerdo | D/E  |
| 1 | 0,51   | 0,48     | 1,06 | 0,52   | 0,44     | 1,18 |
| 2 | 0,64   | 0,35     | 1,83 | 0,67   | 0,32     | 2,09 |
| 3 | 0,57   | 0,42     | 1,36 | 0,57   | 0,39     | 1,46 |
| 4 | 0,54   | 0,45     | 1,20 | 0,51   | 0,48     | 1,06 |
| 5 | 0,53   | 0,46     | 1,15 | 0,51   | 0,46     | 1,11 |
| 6 | 0,51   | 0,48     | 1,06 | 0,50   | 0,49     | 1,02 |
| 7 | 0,59   | 0,40     | 1,48 | 0,60   | 0,39     | 1,54 |

**VD:** Relação ventral por dorsal; **D/E:** Relação direita por esquerda.

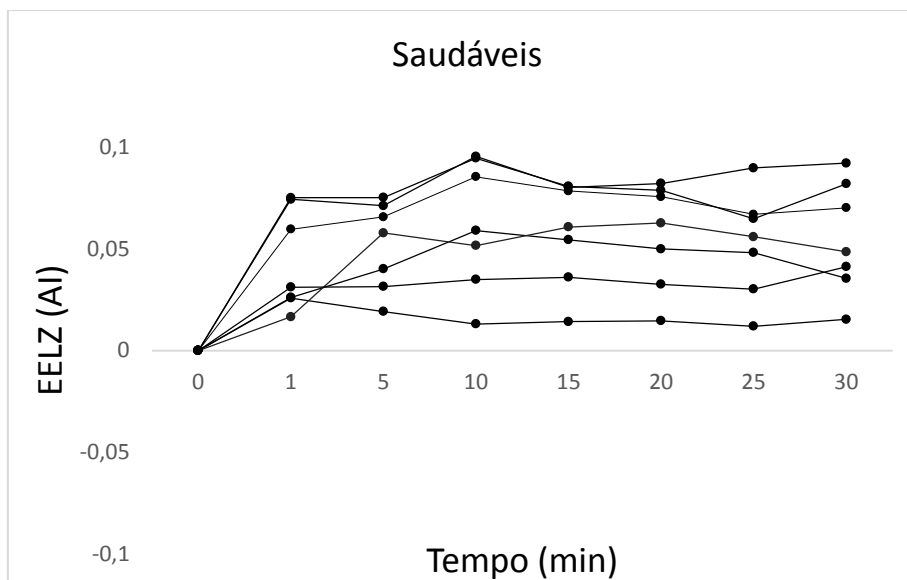
**Tabela 08:** Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com *Acapella®*.

| Voluntário | Borg  |     |     | FR (ipm) |    |     | SpO <sub>2</sub> (%) |     |     | FC (bpm) |     |     | PAM (mmHg) |    |     |
|------------|-------|-----|-----|----------|----|-----|----------------------|-----|-----|----------|-----|-----|------------|----|-----|
|            | Basal | 1'  | 30' | Basal    | 1' | 30' | Basal                | 1'  | 30' | Basal    | 1'  | 30' | Basal      | 1' | 30' |
| 1          | 0     | 1   | 0   | 22       | 27 | 22  | 100                  | 99  | 97  | 92       | 71  | 22  | 83         | 86 | 83  |
| 2          | 0     | 0   | 0   | 14       | 25 | 23  | 97                   | 96  | 99  | 109      | 89  | 99  | 86         | 83 | 86  |
| 3          | 0     | 0   | 0   | 15       | 23 | 16  | 99                   | 98  | 99  | 91       | 88  | 93  | 73         | 70 | 73  |
| 4          | 0     | 1   | 0   | 15       | 26 | 17  | 97                   | 100 | 98  | 89       | 80  | 71  | 80         | 76 | 76  |
| 5          | 0     | 0   | 0   | 19       | 26 | 16  | 96                   | 96  | 97  | 97       | 91  | 92  | 86         | 80 | 80  |
| 6          | 0     | 1   | 0   | 18       | 26 | 19  | 98                   | 97  | 98  | 110      | 101 | 85  | 96         | 96 | 90  |
| 7          | 0     | 3   | 0   | 18       | 25 | 19  | 95                   | 95  | 96  | 67       | 85  | 77  | 80         | 76 | 76  |
| 8          | 0     | 0   | 0   | 16       | 13 | 15  | 99                   | 100 | 98  | 91       | 88  | 93  | 96         | 94 | 94  |
| 9          | 0     | 0   | 0   | 19       | 12 | 14  | 98                   | 99  | 98  | 97       | 91  | 92  | 76         | 76 | 76  |
| 10         | 0     | 0   | 0   | 21       | 12 | 14  | 97                   | 98  | 98  | 89       | 76  | 85  | 78         | 76 | 76  |
| 11         | 0     | 0,5 | 0   | 20       | 15 | 15  | 99                   | 97  | 98  | 92       | 71  | 22  | 83         | 86 | 83  |
| 12         | 0     | 0   | 0   | 24       | 16 | 17  | 98                   | 98  | 99  | 67       | 85  | 77  | 75         | 76 | 76  |
| 13         | 0     | 0   | 0   | 16       | 19 | 16  | 97                   | 99  | 99  | 89       | 80  | 71  | 75         | 76 | 76  |
| 14         | 0     | 0   | 0   | 12       | 19 | 16  | 98                   | 99  | 98  | 80       | 94  | 79  | 80         | 80 | 80  |

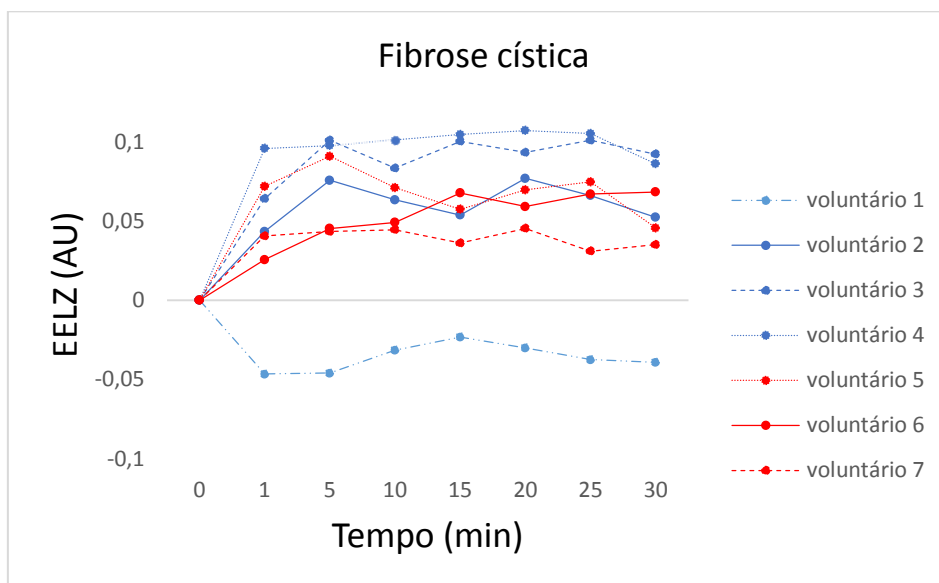
**FR:** frequência respiratória; **SpO<sub>2</sub>:** saturação periférica de oxigênio; **FC:** frequência cardíaca; **PAM:** pressão arterial média.



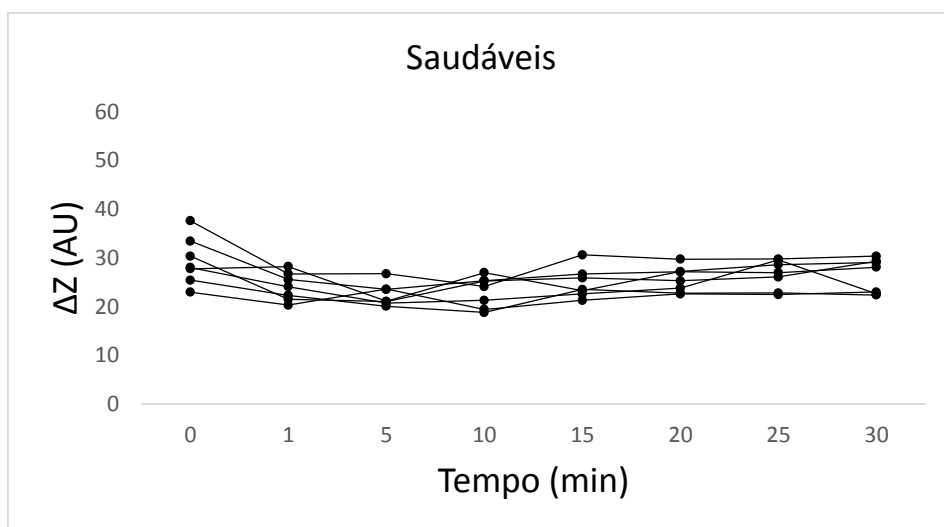
**Figura 1:** Fluxograma de captação e acompanhamento dos voluntários do estudo.



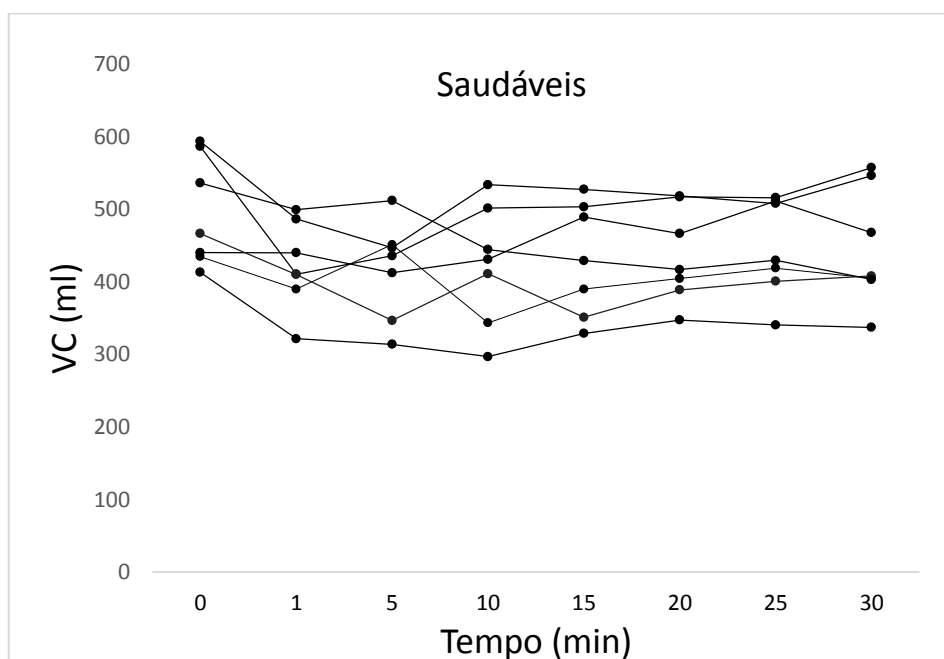
**Figura 02:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo de voluntários saudáveis. **EELZ:** End Expiratory Lung Impedance; **AU:** Unidade arbitrária.



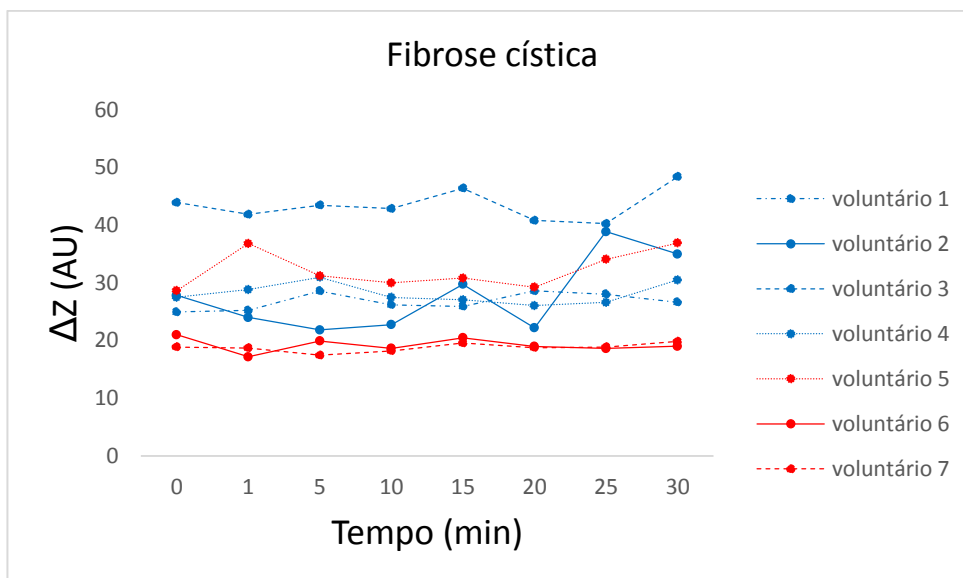
**Figura 03:** Curvas individuais dos voluntários como fibrose cística da variação de impedância elétrica do EELZ ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva. **EELZ:** End Expiratory Lung Impedance; **AU:** Unidade arbitrária.



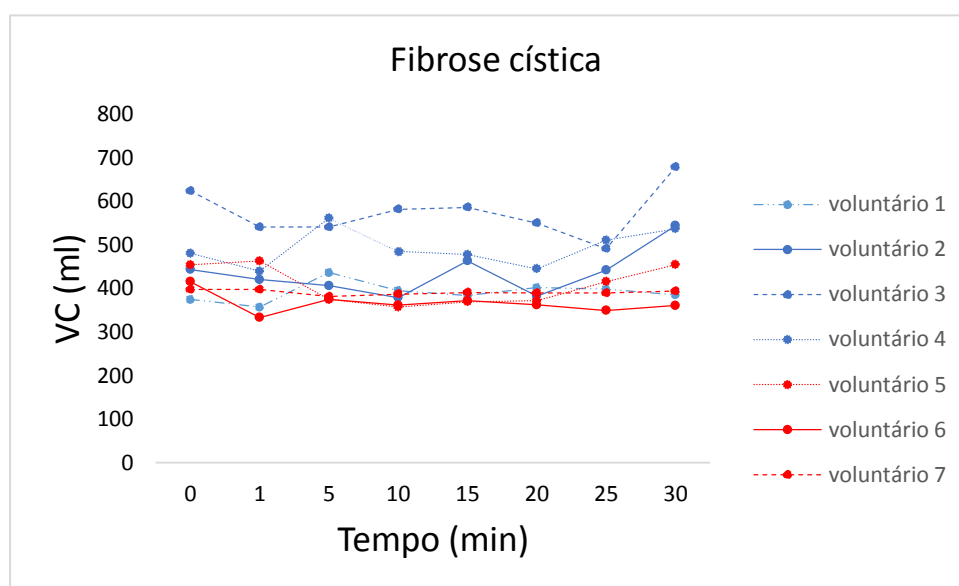
**Figura 04:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do  $\Delta Z$  ao longo do tempo de voluntários saudáveis.  $\Delta Z$ : Variação de impedância elétrica global; AU: Unidade arbitrária.



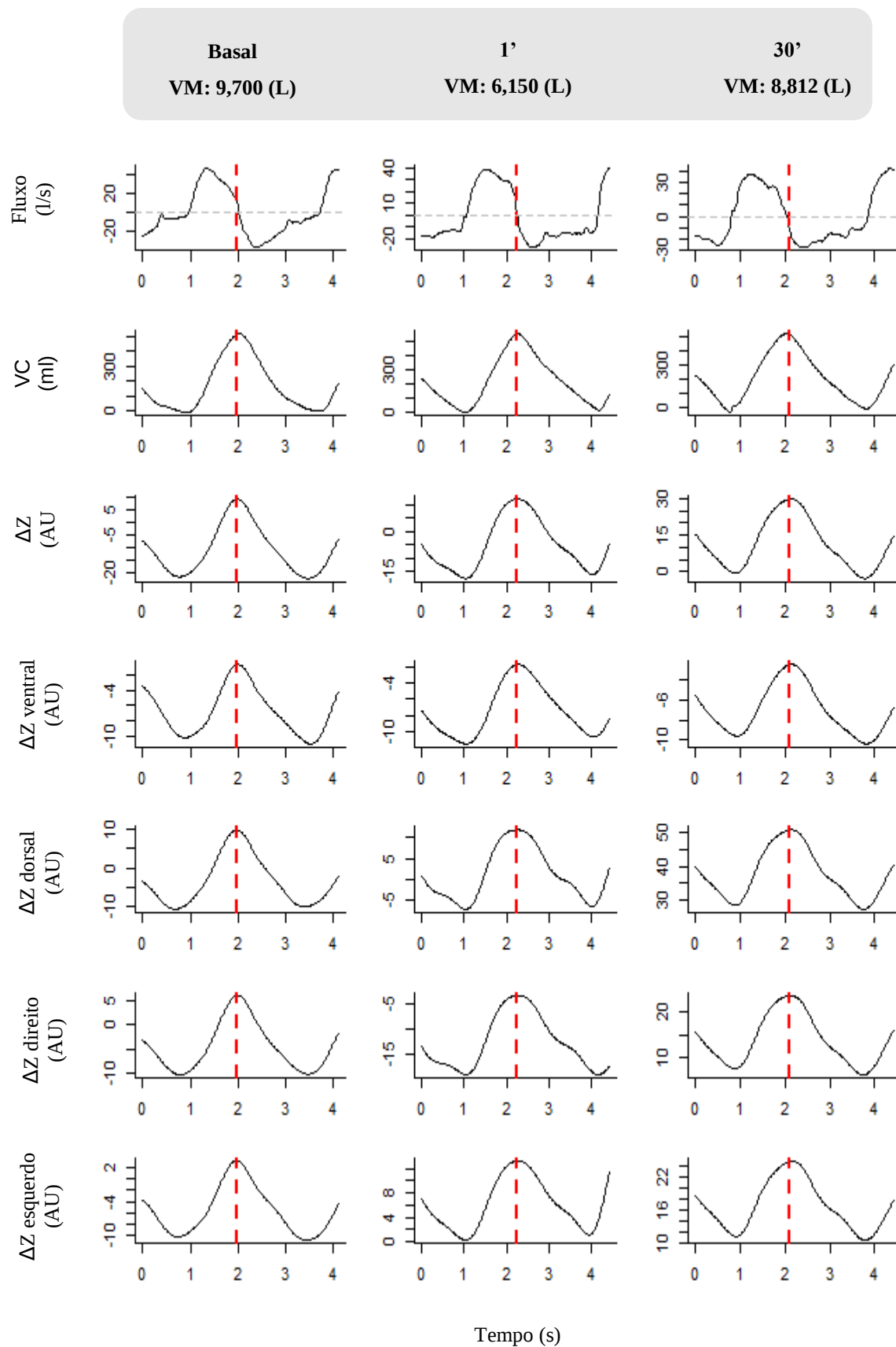
**figura 05:** Curvas individuais de variação de volume corrente em ml ao longo do tempo de voluntários saudáveis. ml: mililitros.



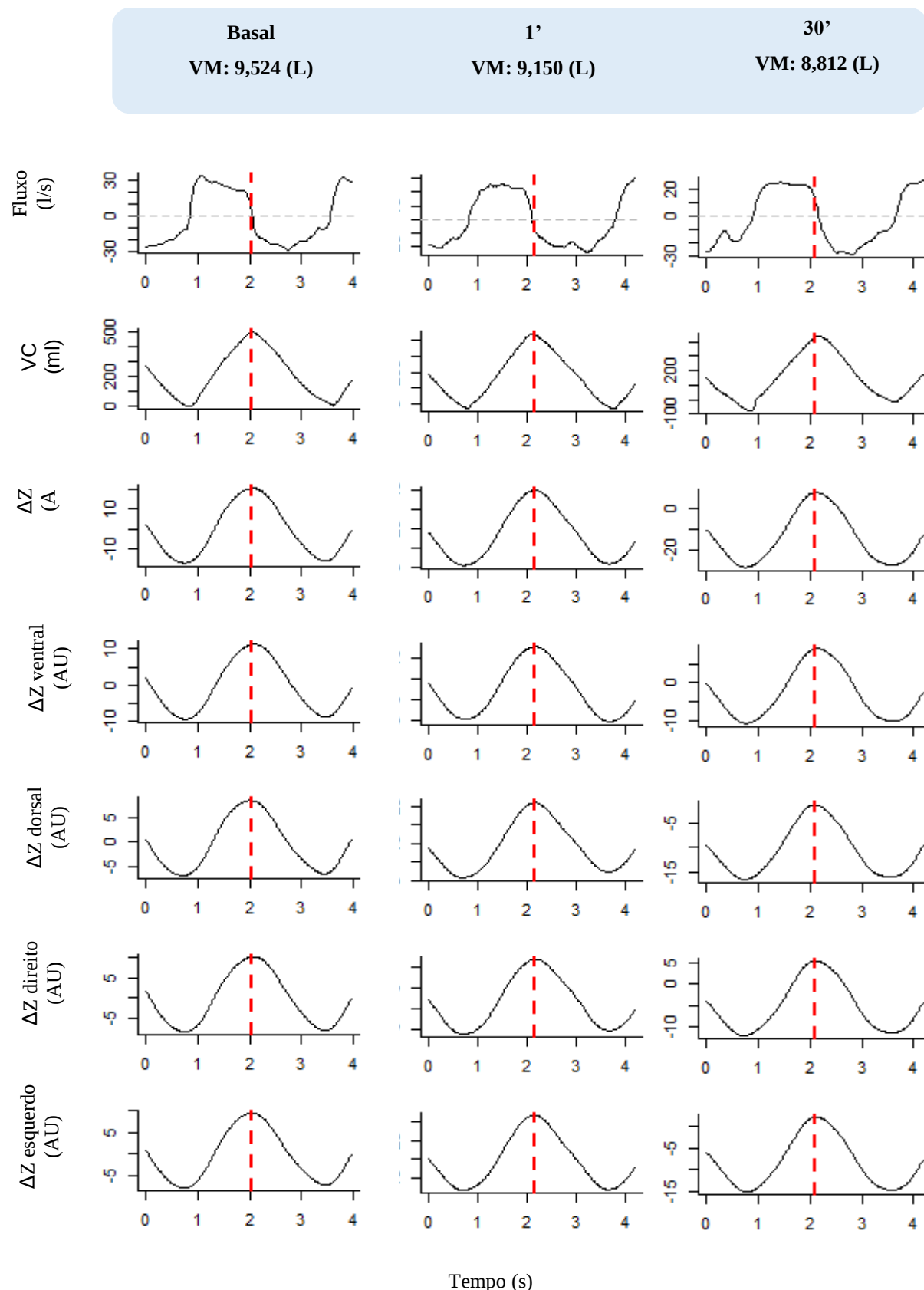
**Figura 06:** Curvas individuais de variação de impedância elétrica do  $\Delta Z$  ao longo do tempo. Destacado de azul os voluntários com fibrose cística com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva.  $\Delta Z$ : Variação de impedância elétrica global; AU: Unidade arbitrária.



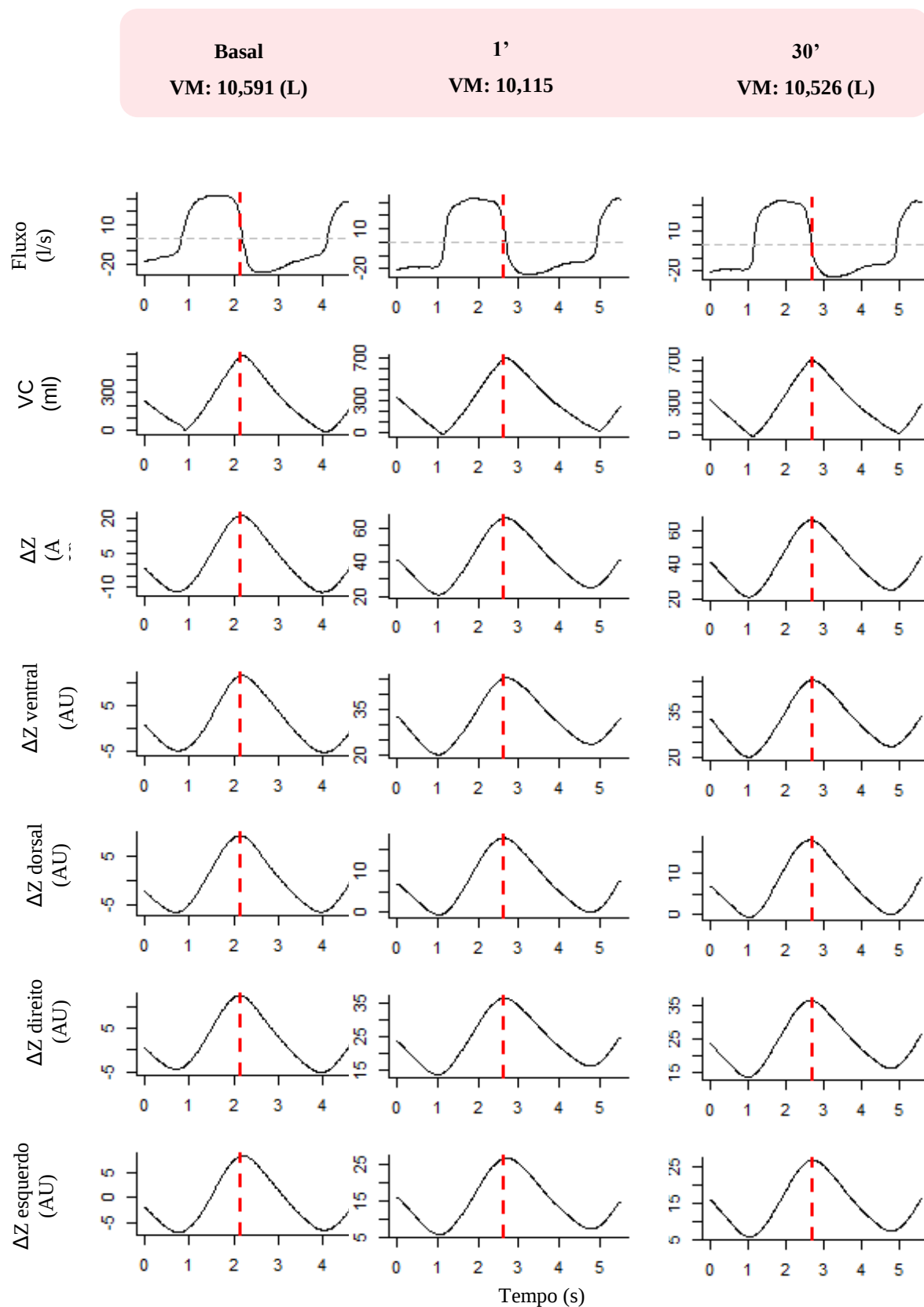
**Figura 07:** Curvas individuais de variação de volume corrente em ml ao longo do tempo de voluntários com fibrose cística. Destacado de azul os voluntários com doença ventilatória obstrutiva e de vermelho voluntários com doença ventilatória restritiva, ml: mililitros.



**Figura 08:** Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente saudável antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com *Acapella*®. **VM:** volume minuto.



**Figura 09:** Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente doença ventilatória obstrutiva antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com *Acapella*®. **VM:** volume minuto.

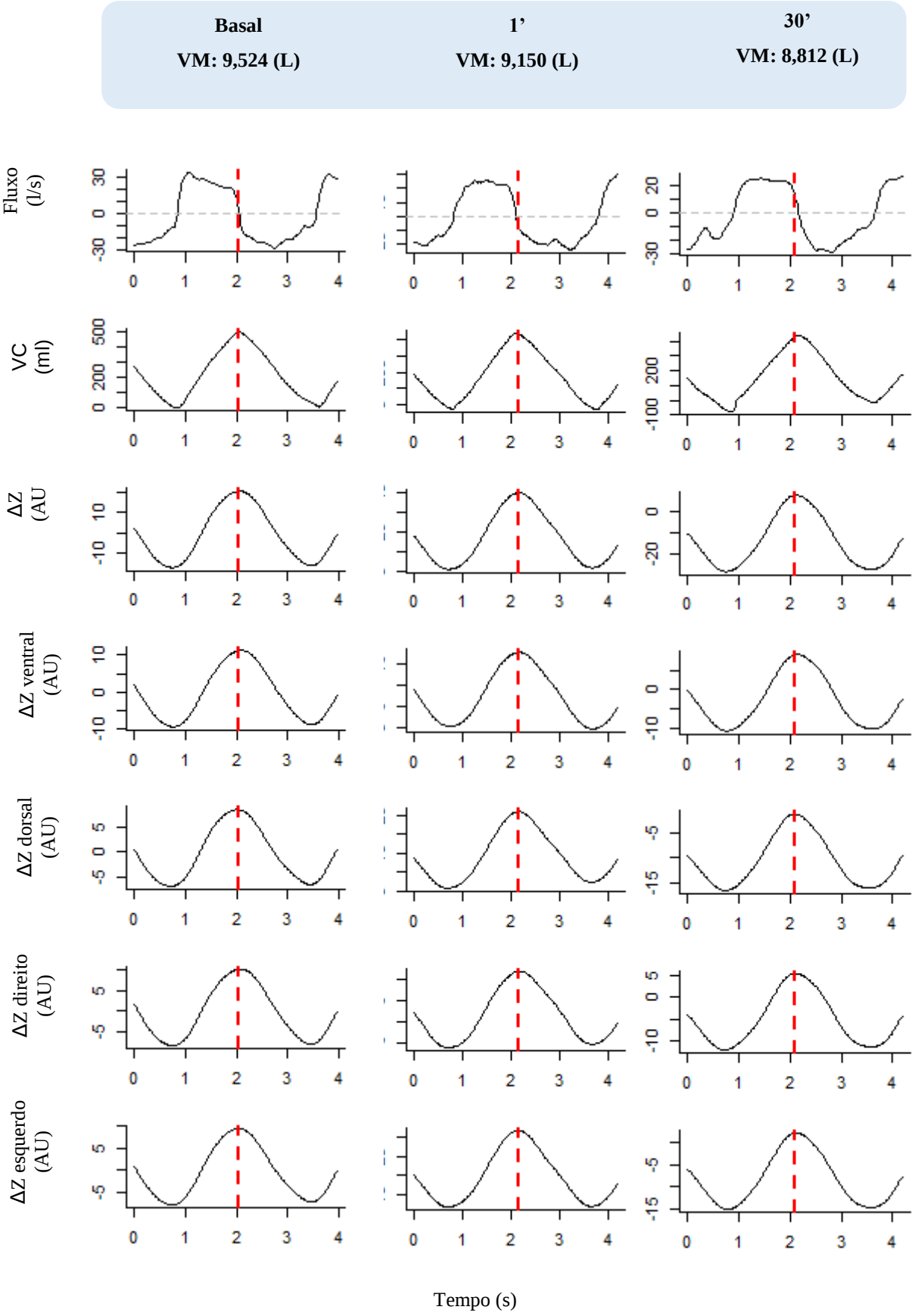


**Figura 10:** Mapeamento do fluxo, volume corrente e variação de impedância elétrica regional em um paciente do doença ventilatória restritiva antes e no 1º e 30º minuto após intervenção com *Acapella*®. **VM:** volume minuto.

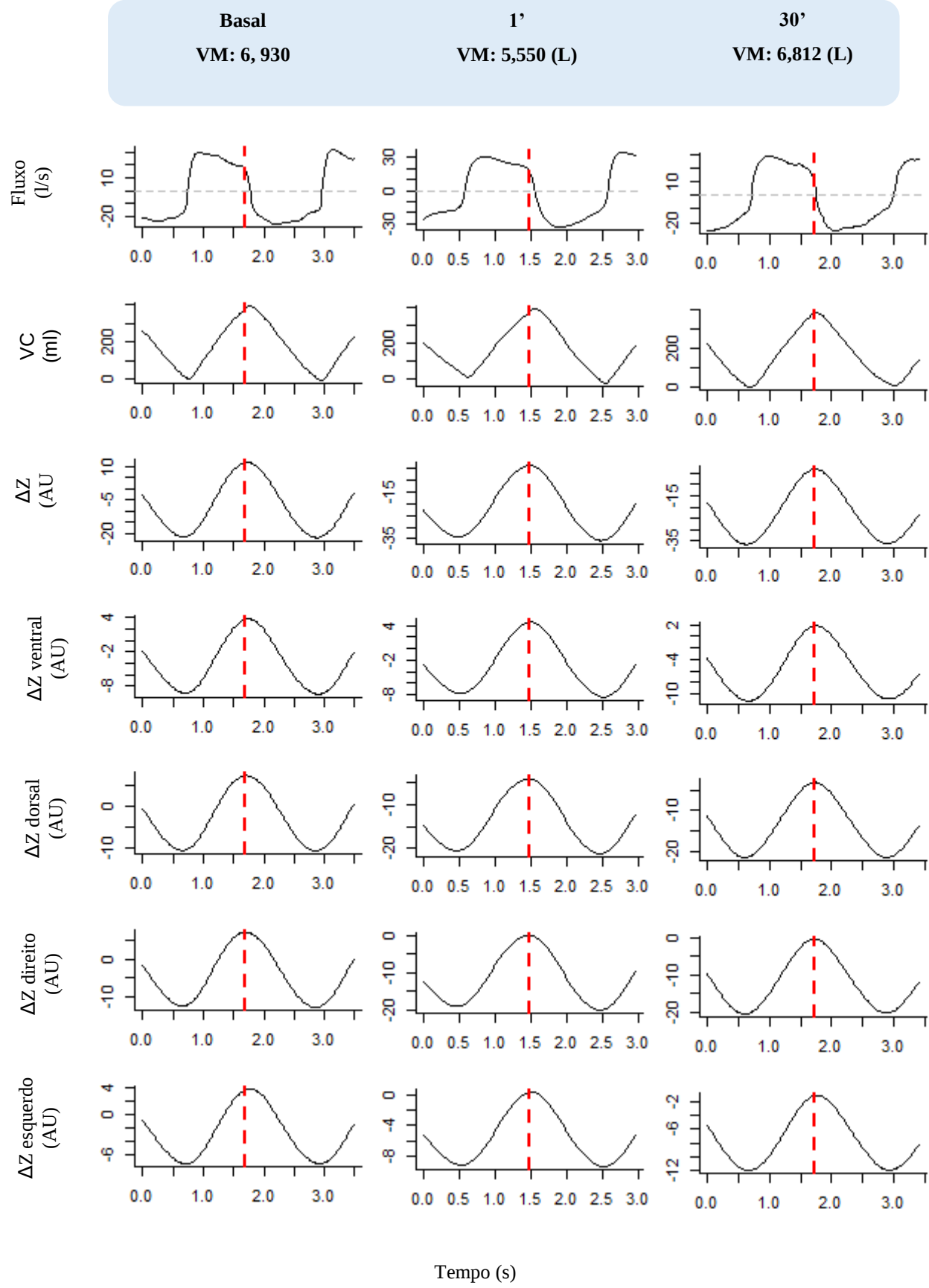
**ARTIGO ORIGINAL 2:**

AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADAS ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA POR IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA APÓS USO DA *ACAPELLA*®

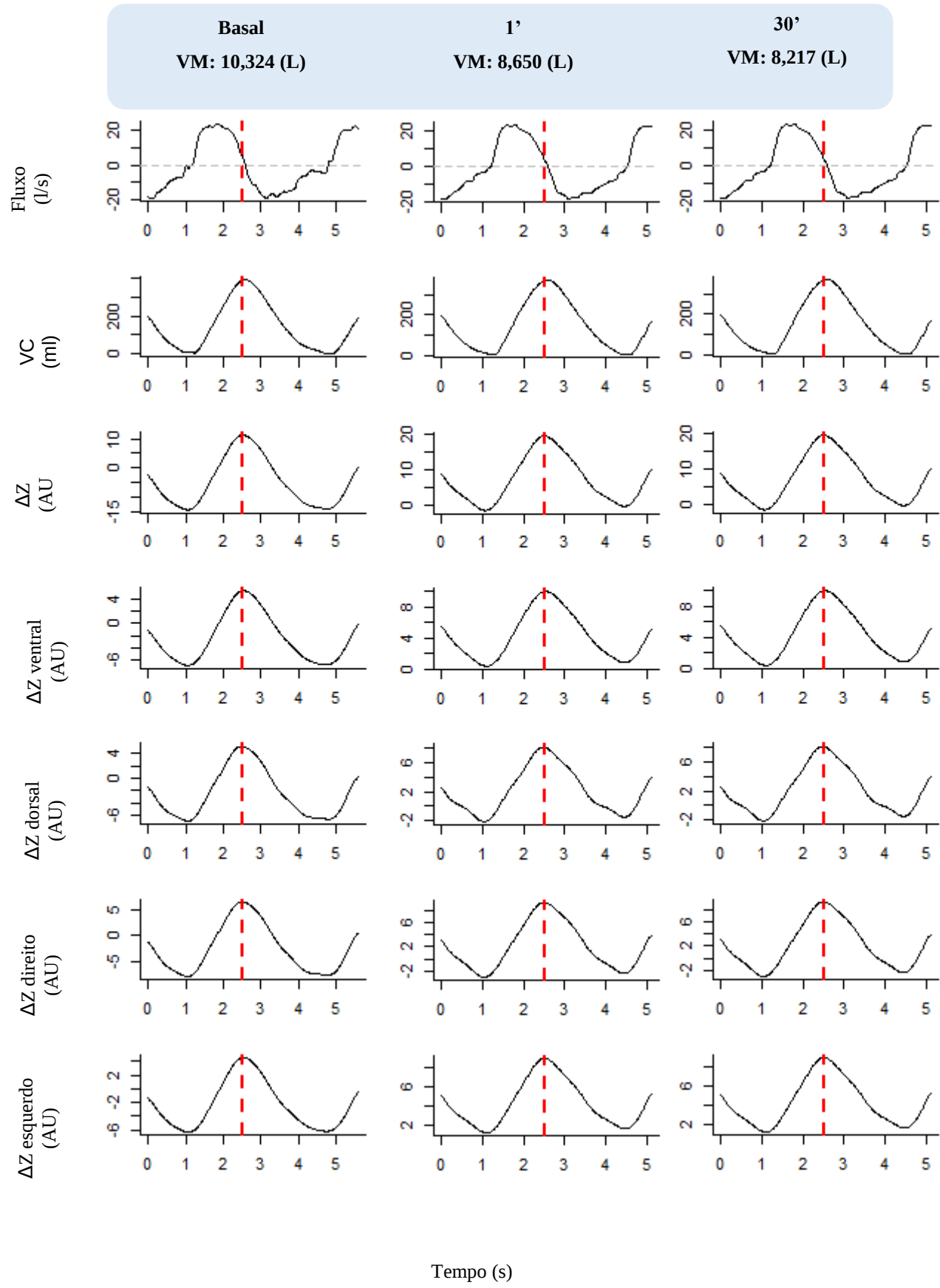
Voluntário 01



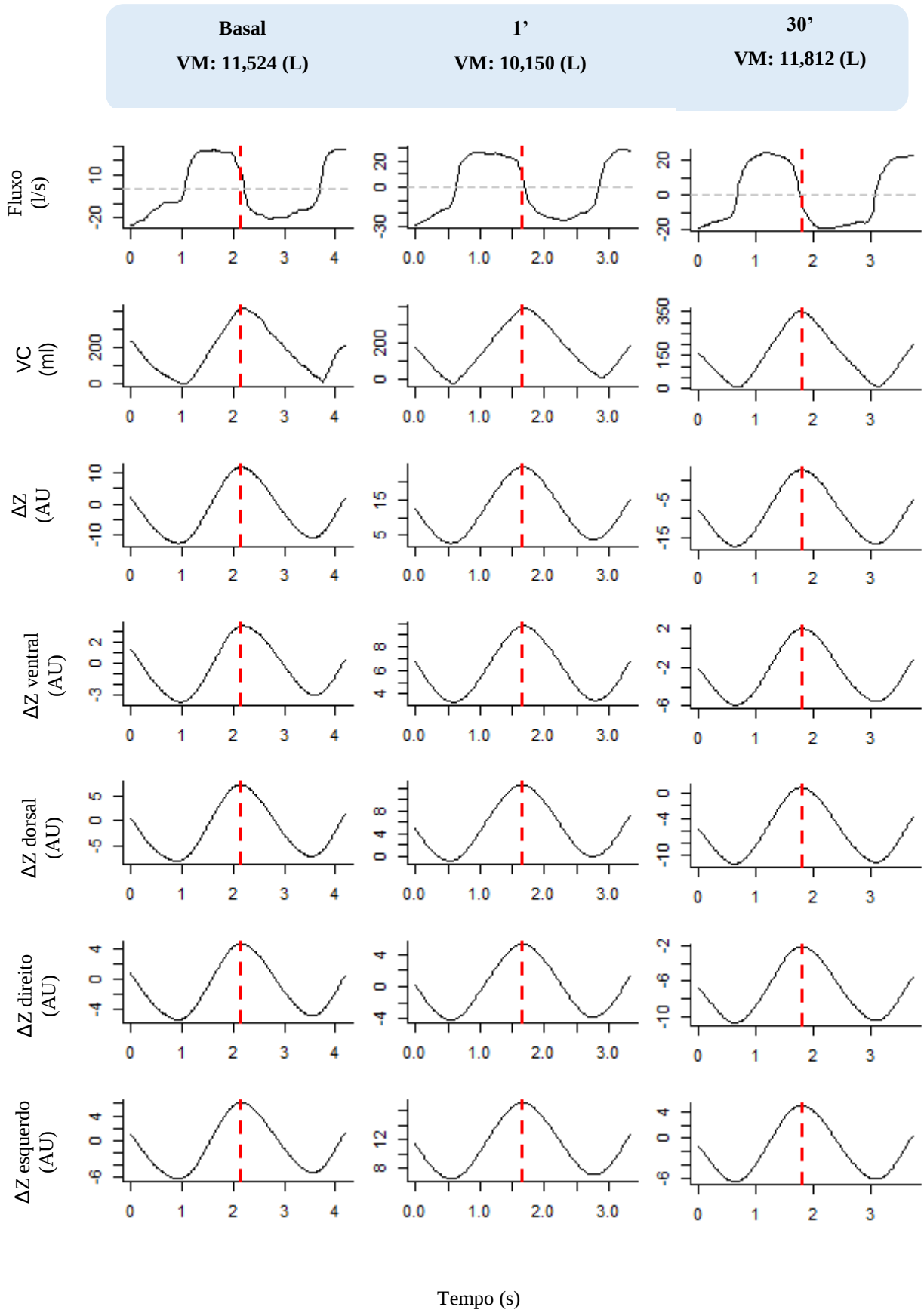
Voluntário 02



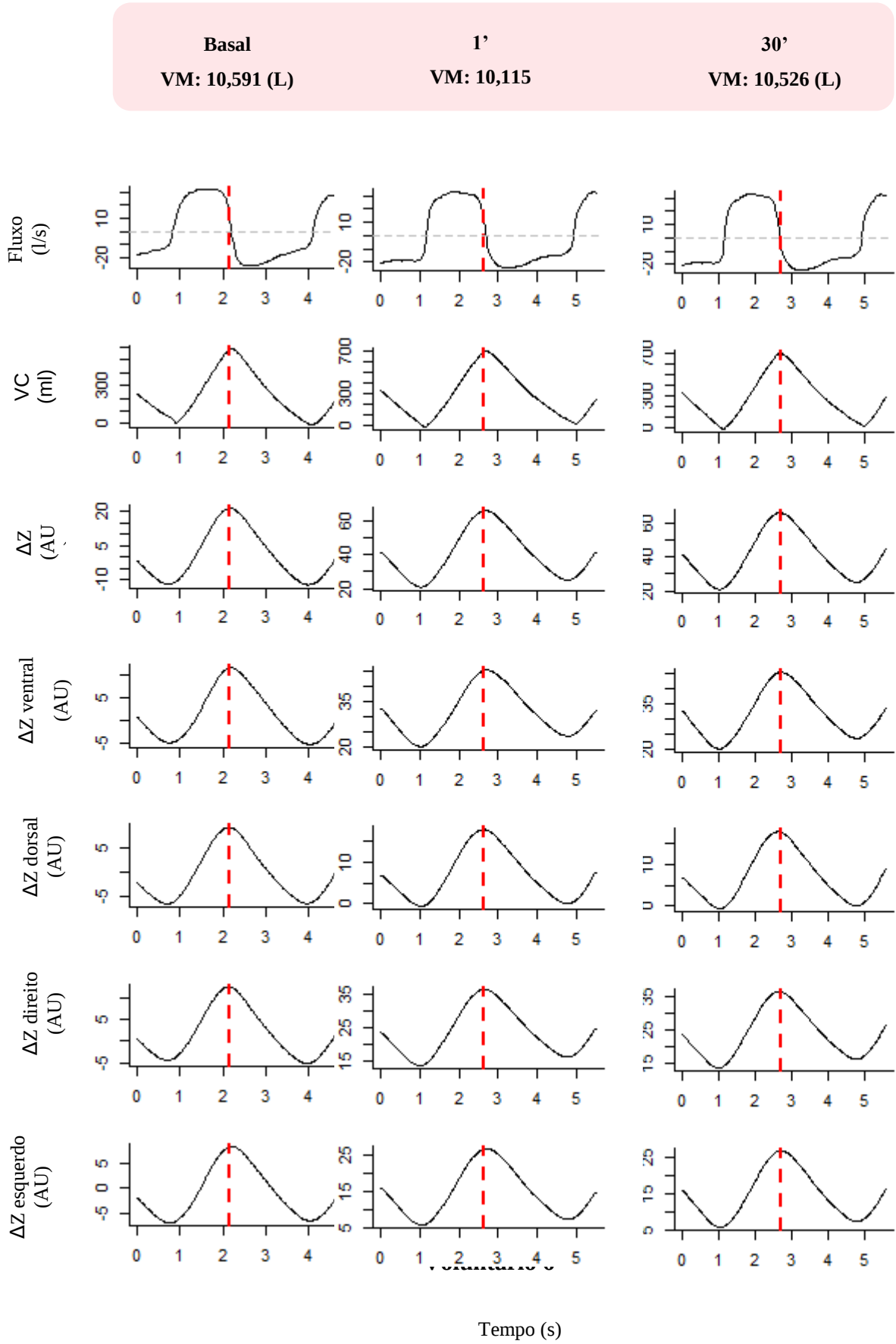
Voluntário 3



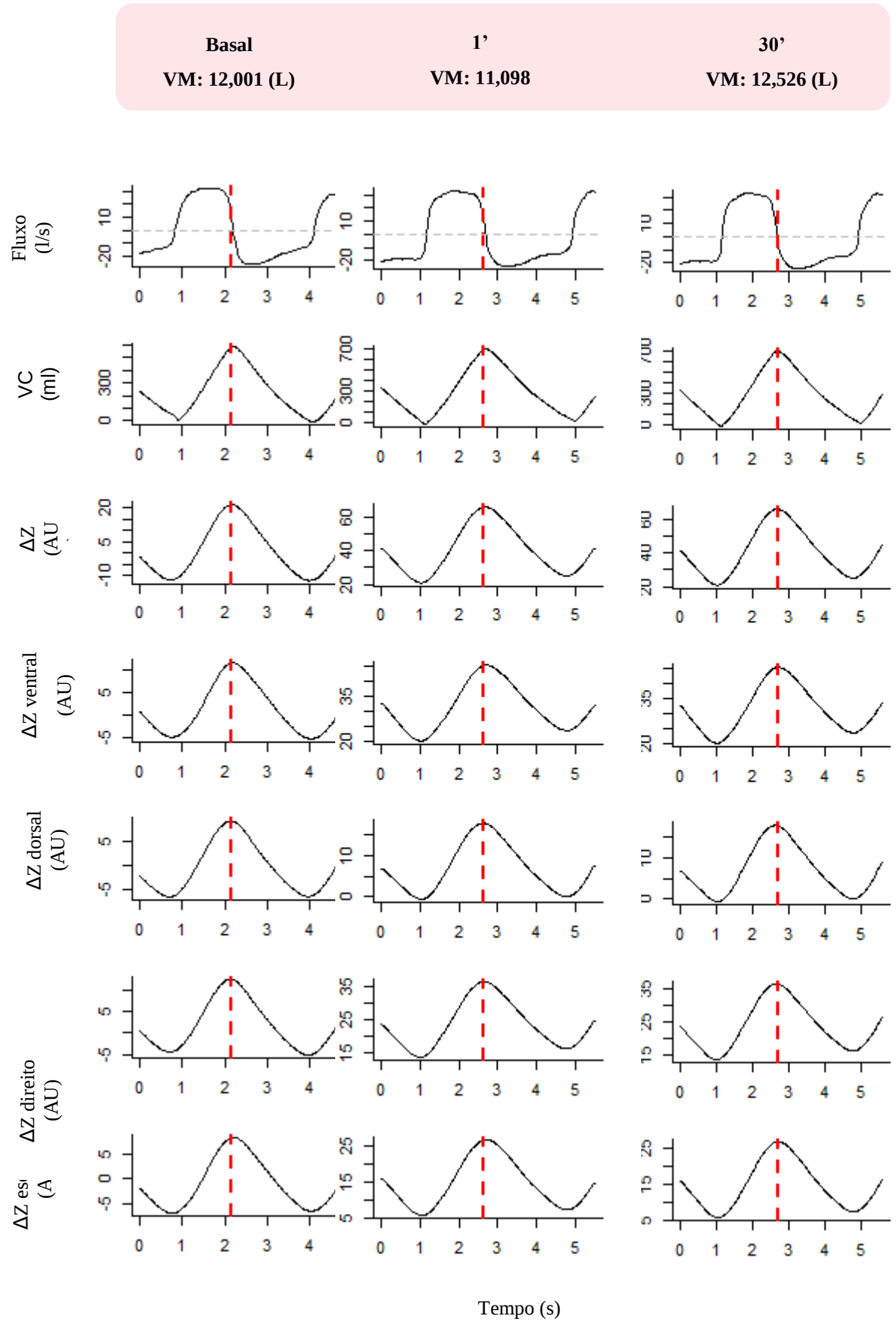
Voluntário 4



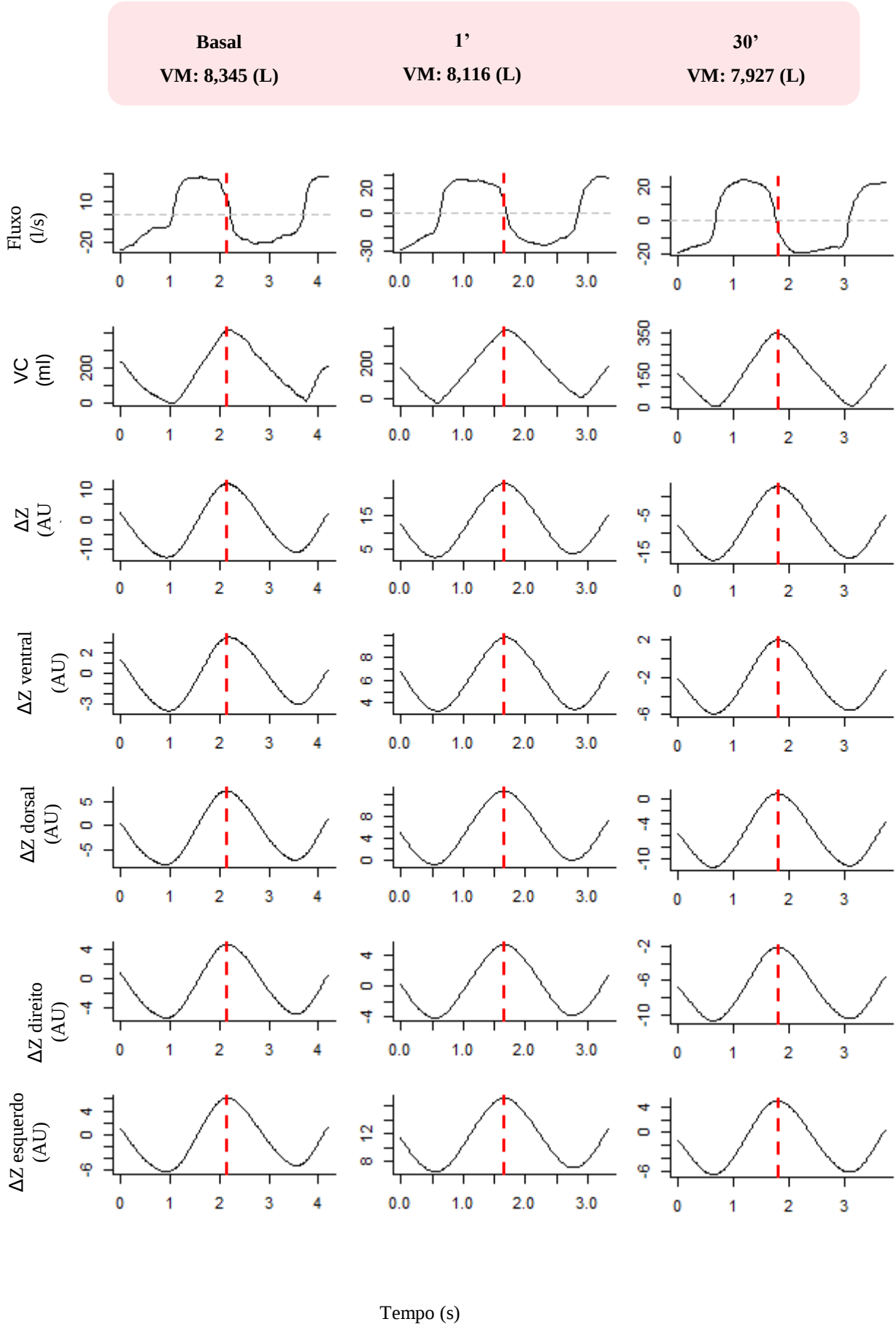
Voluntário 5



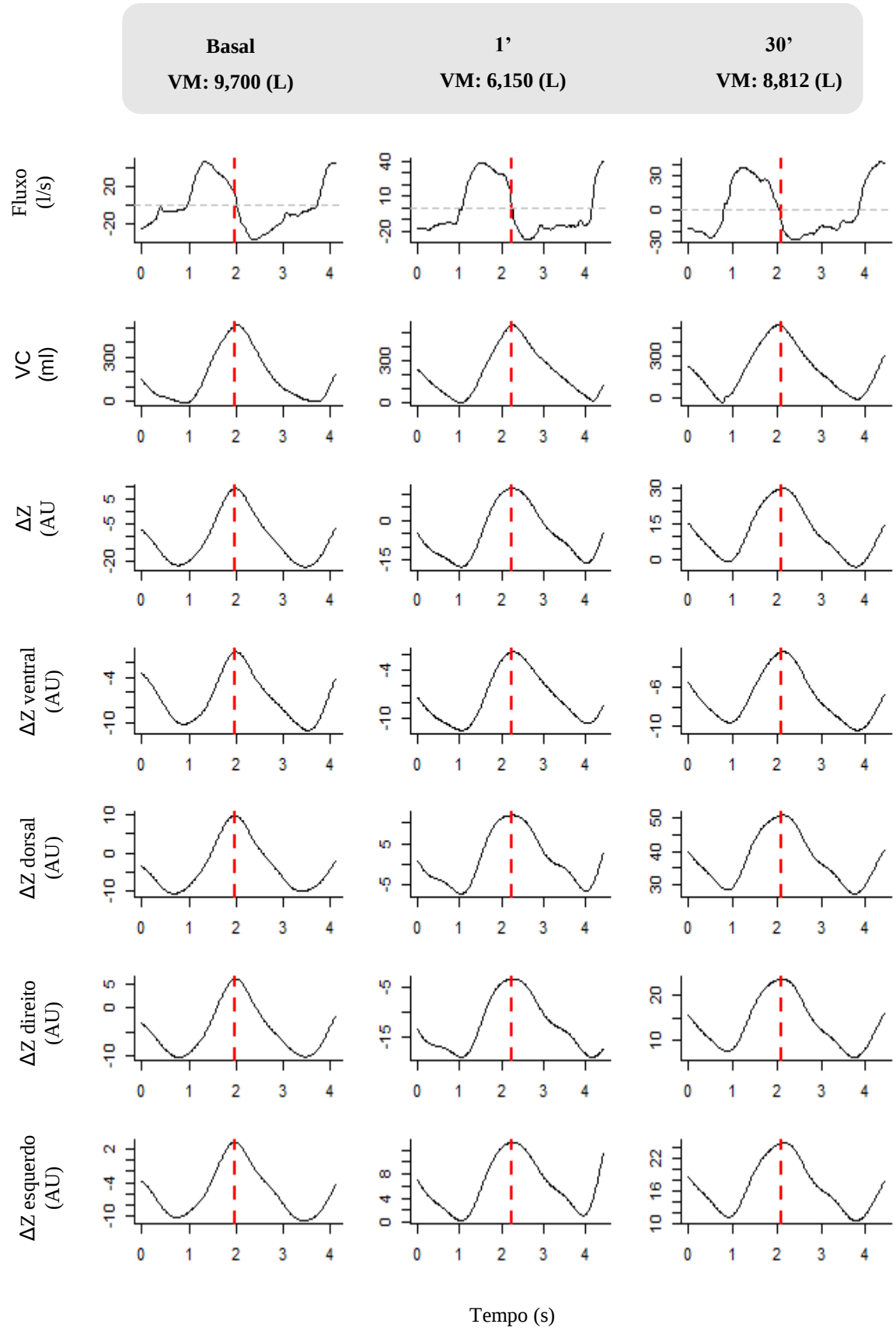
Voluntário 6



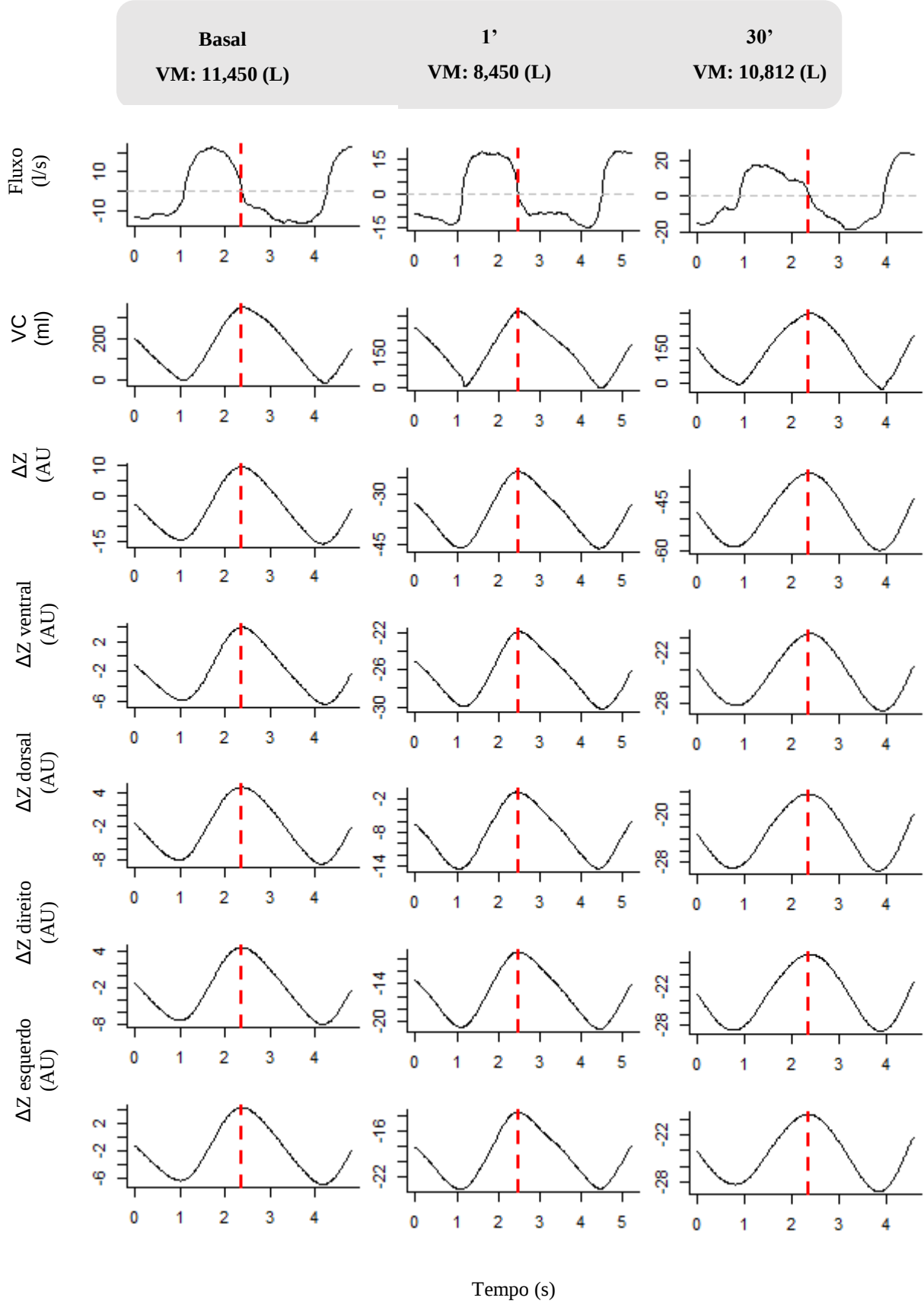
Voluntário 7



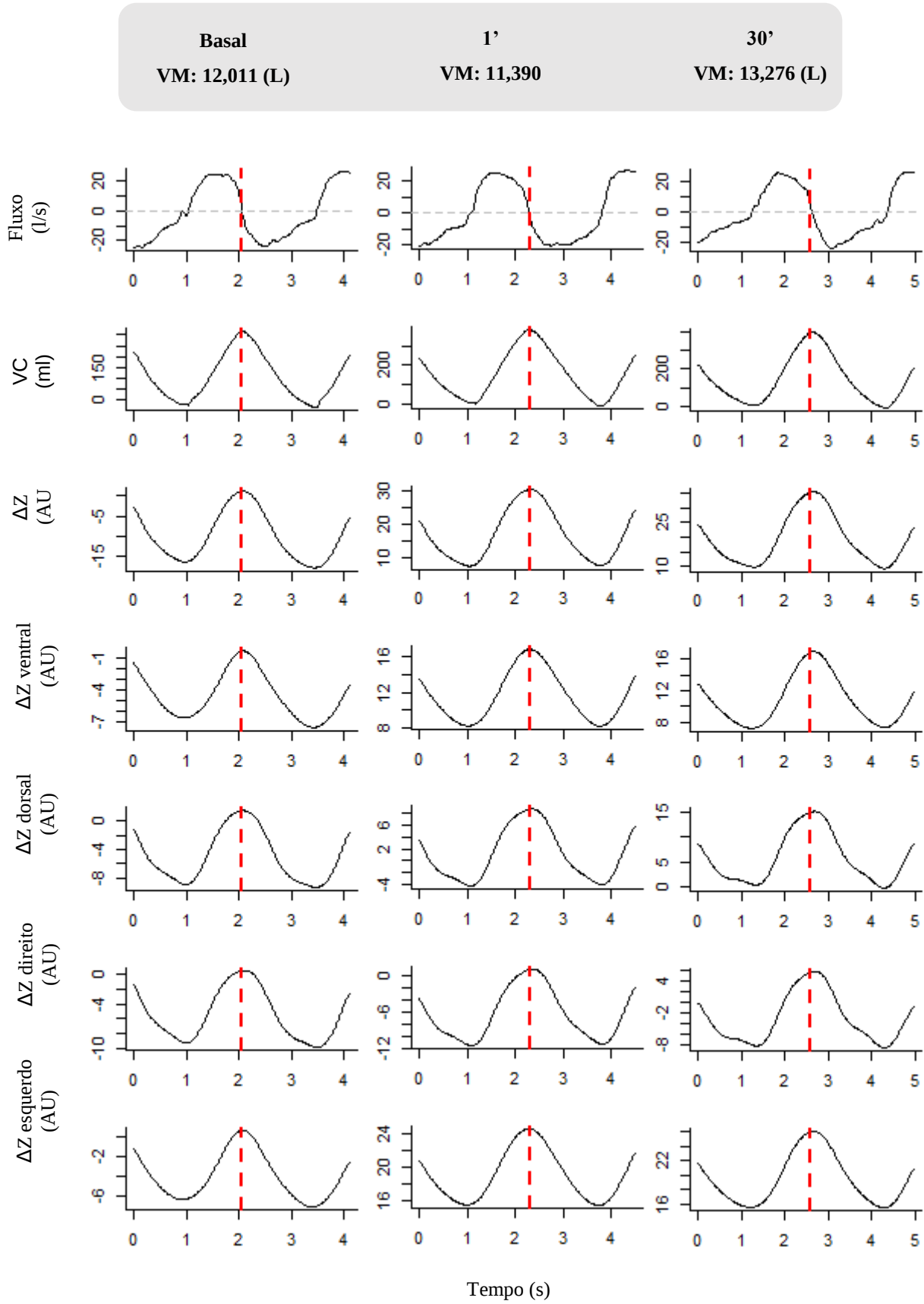
Voluntário 8



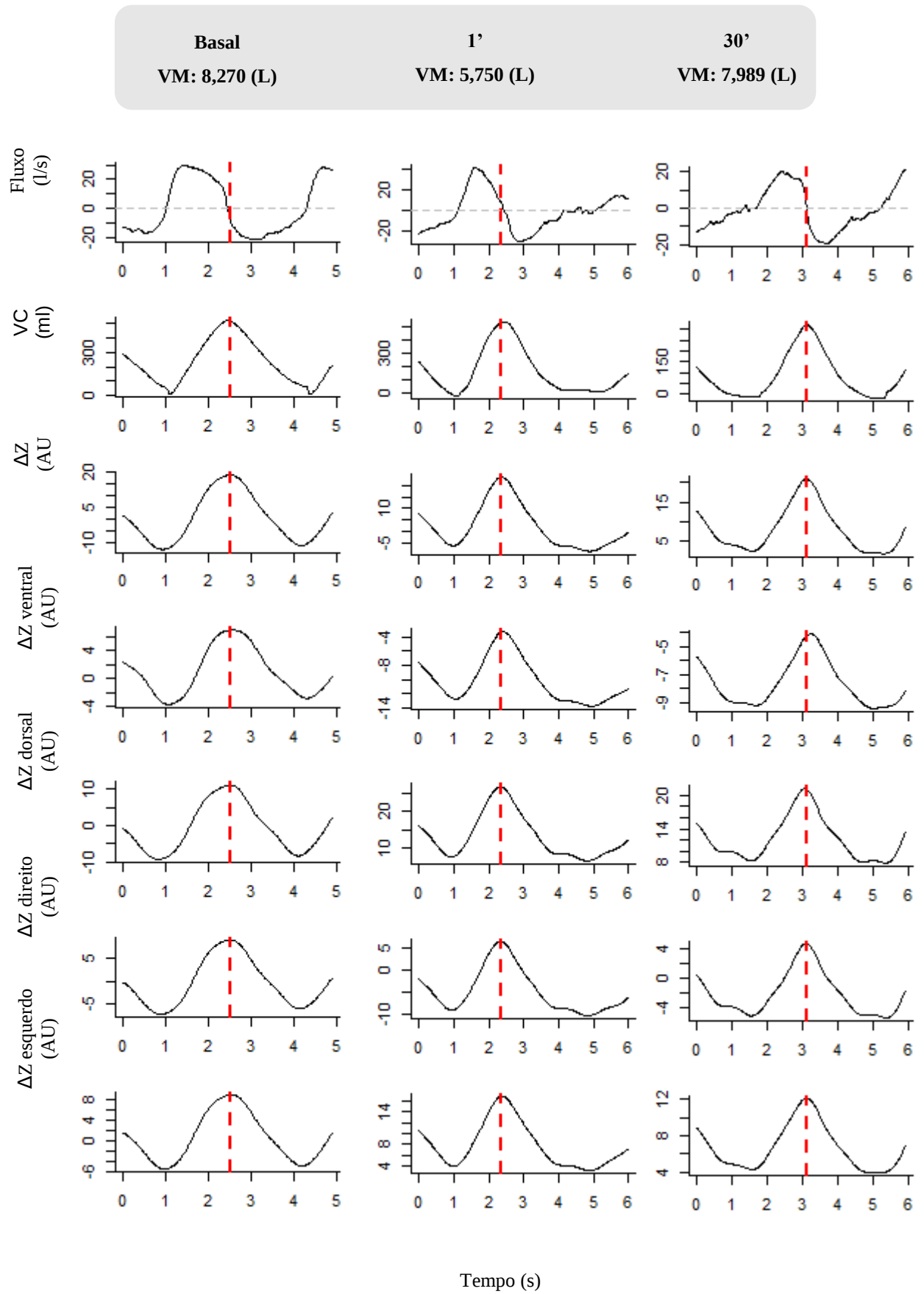
Voluntário 9



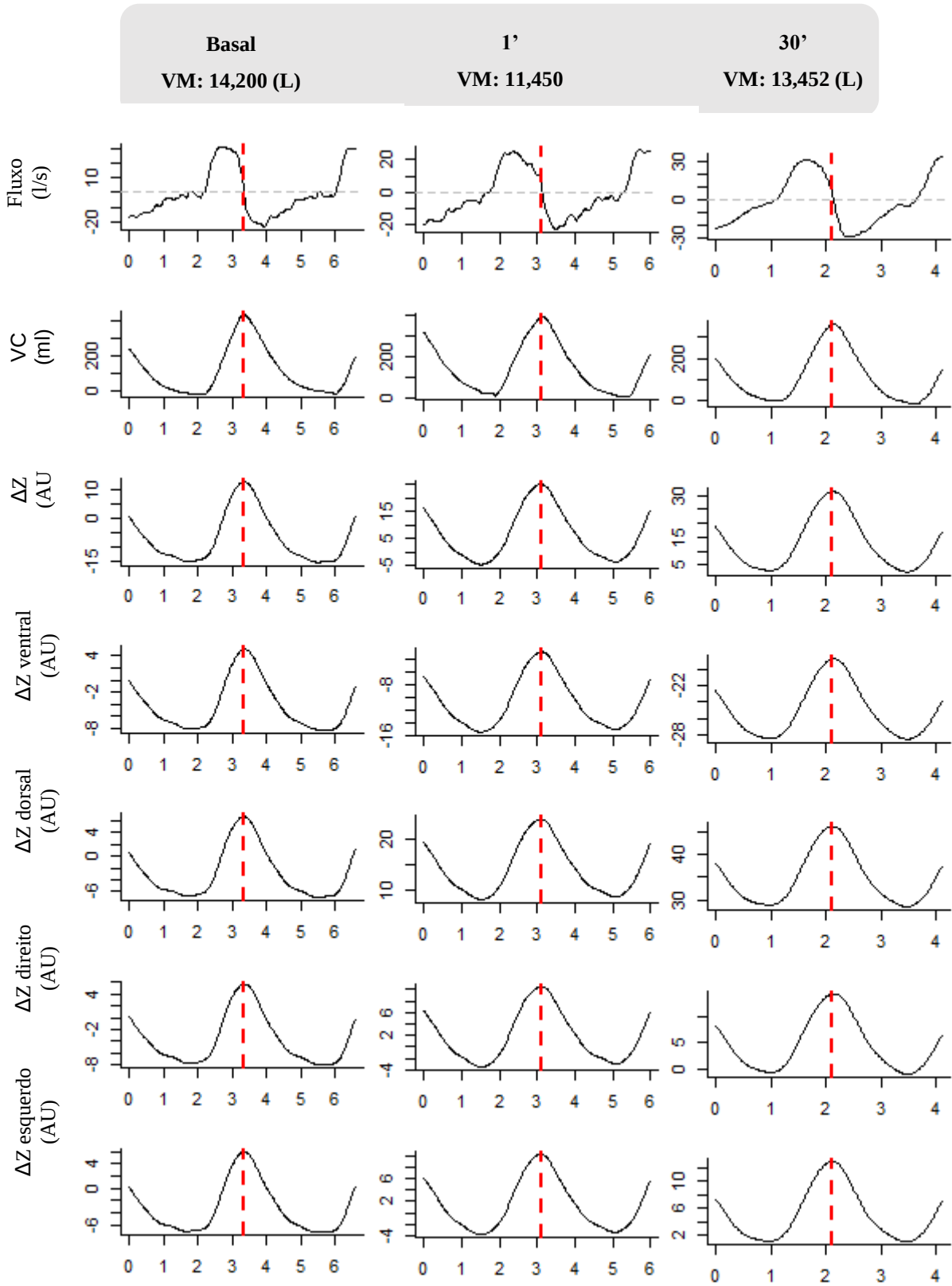
Voluntário 10



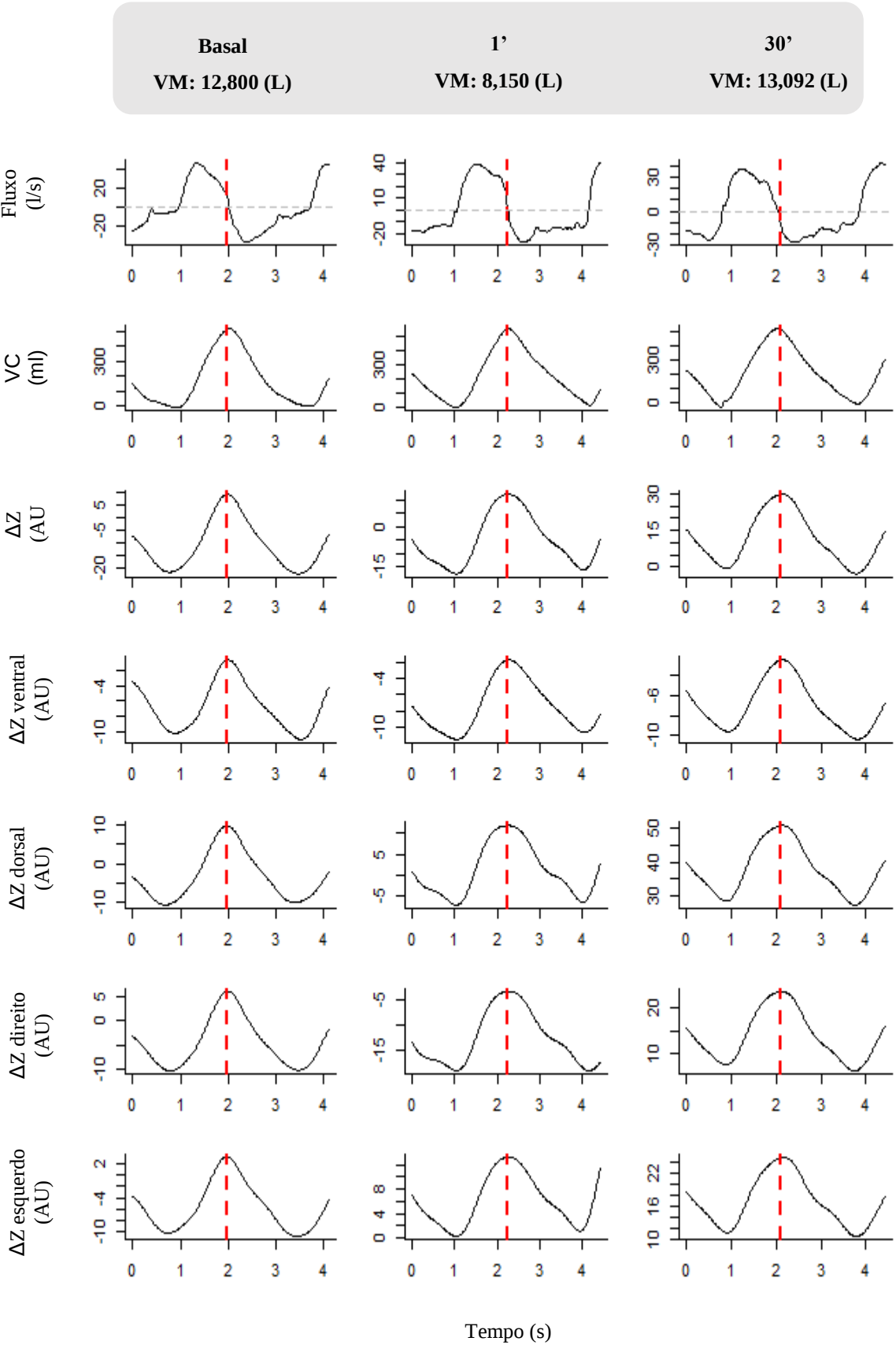
Voluntário 11



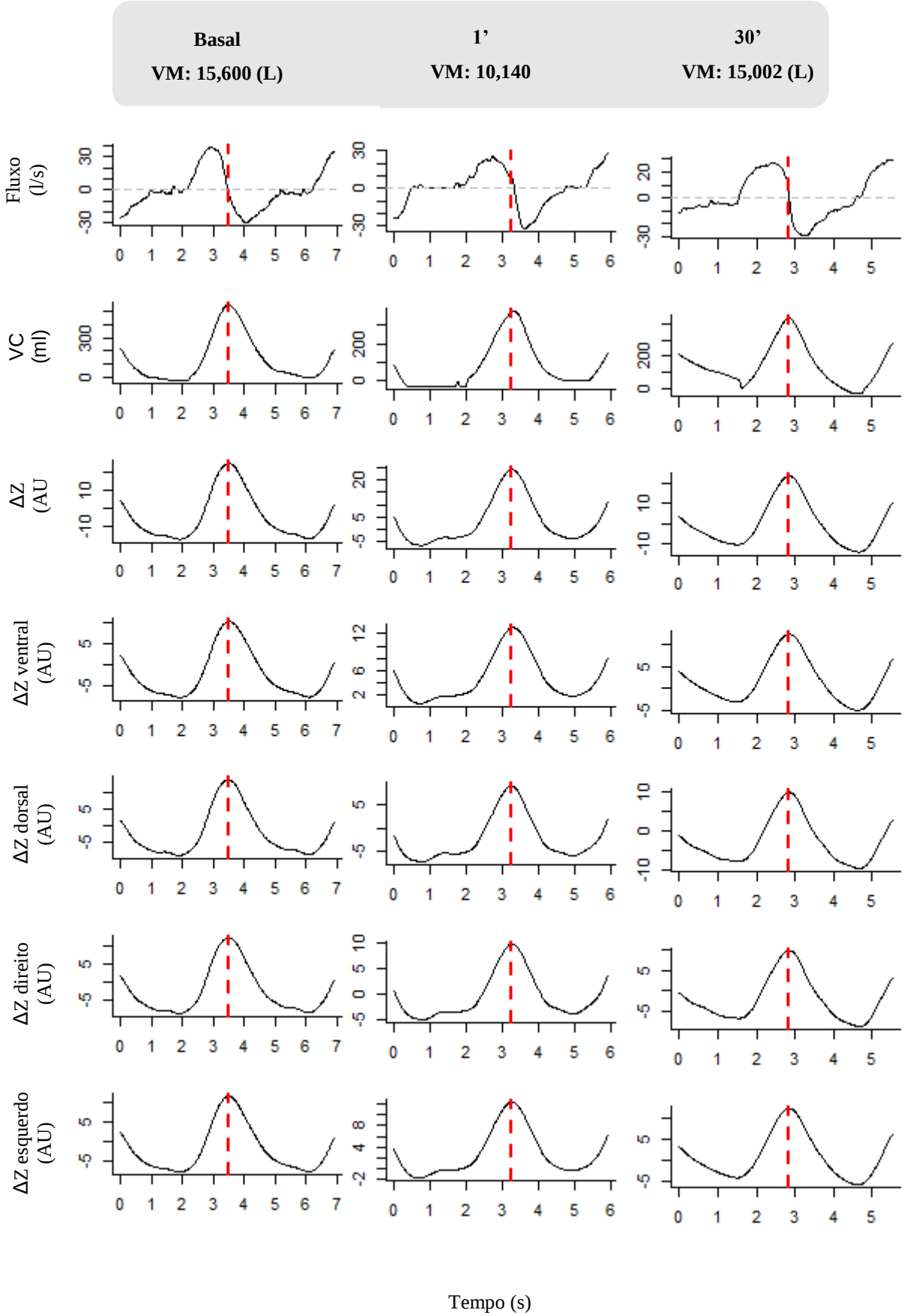
Voluntário 12



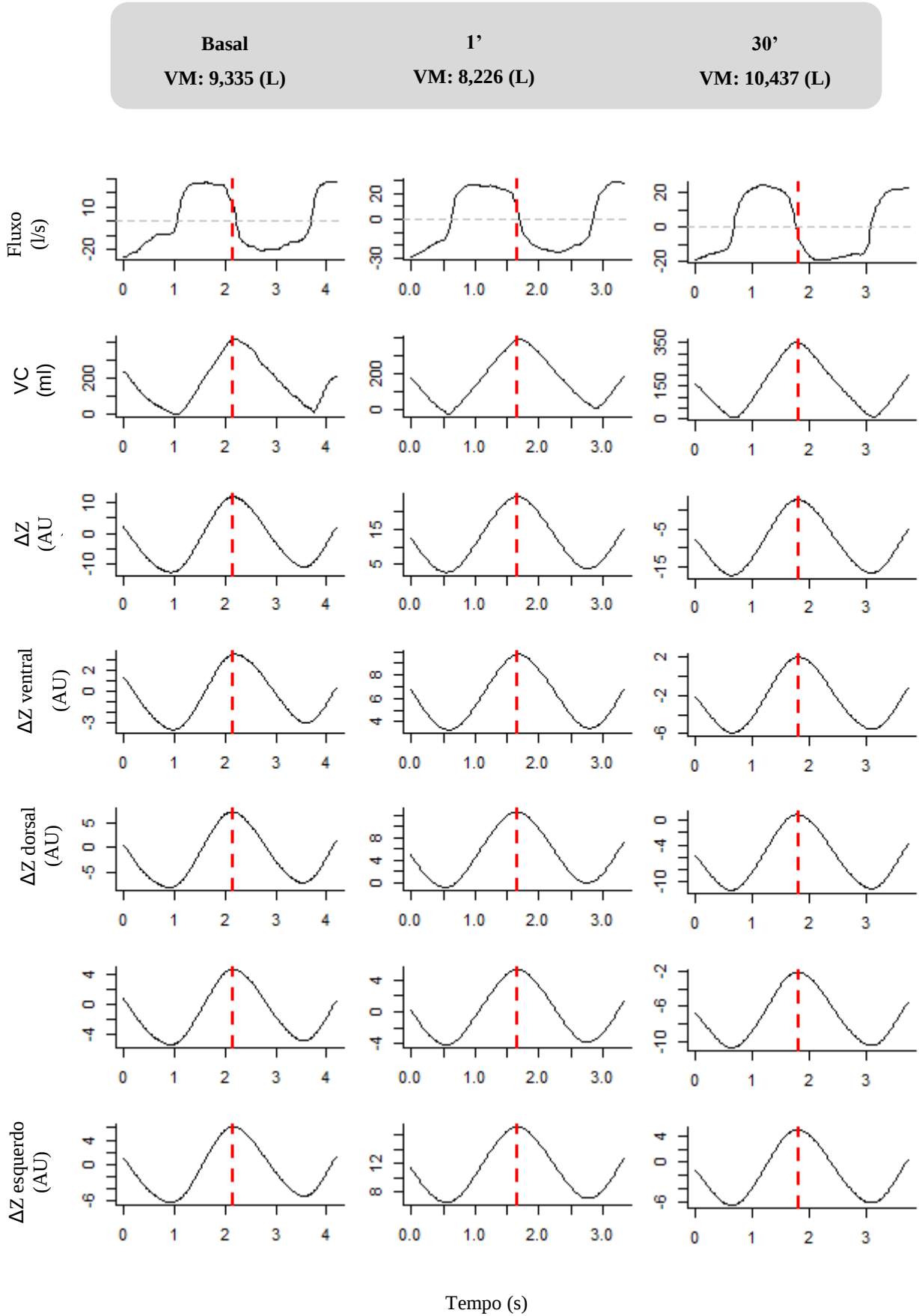
Voluntário 12



Voluntário 13



Voluntário 14



**APÊNDICE C - TCLE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - CCS**  
**DEFISIO / PPG EM FISIOTERAPIA**  
**LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa **“Efeito da ELTGOL e Acapella® sobre Aeração e Ventilação Pulmonar Avaliada Através da Tomografia de Impedância Elétrica em Indivíduos com Fibrose Cística”** Esta pesquisa é de responsabilidade da pesquisadora Amanda Silva Couto, domiciliada na Rua Pio IX, Bairro Madalena, Recife-PE, CEP: 50710-260, telefone: 081 9555-0638 (inclusive para ligações a cobrar), e-mail: sc\_amanda@hotmail.com e está sob a orientação da Dra. Armêle Dornelas de Andrade e do Dr. Murilo Carlos Amorim de Britto, telefone: 081 2126-8937, e-mail: murilodebritto@gmail.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.

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:**

O objetivo desta pesquisa é determinar a eficácia de curto prazo da ELTGOL na ventilação pulmonar, avaliada através da Tomografia por Impedância Elétrica (TIE) em sujeitos com Fibrose Cística (FC) com acometimento pulmonar. Para tal, o senhor (a) deverá comparecer por três dias com hora e data marcados, no Departamento de Fisioterapia (DEFISIO) da UFPE para realizar as 3 fases da pesquisa. Na primeira fase, composta por avaliação inicial, serão realizados: exames de espirometria e manovacuometria, que são realizados através de inspirações e expirações máximas contra um bucal ocluído, com o objetivo de verificar a função e força máxima dos músculos respiratórios; aquisição de dados antropométricos de peso e altura; e preenchimento da ficha de avaliação, para saber se o senhor (a) se enquadra nos critérios da pesquisa. Na segunda e terceira fase da pesquisa, o senhor (a) receberá duas intervenções diferentes, uma em cada fase: ELTGOL ou Acapella®. Durante a intervenção com ELTGOL, o senhor(a) será orientado a deitar em uma maca e realizar exercícios respiratórios com inspirações e expirações lentas através de um bocal, simultaneamente receberá o auxílio das mãos de um fisioterapeuta sobre as costelas e abdômen com objetivo de potencializar o efeito da técnica, essa manobra será repetida por três séries de 10 repetições, com duração total prevista de 20 minutos. Durante a sessão com Acapella®, o senhor (a) será previamente instruído de como utilizar o dispositivo, então, será orientado a ficar confortavelmente sentado e acoplar a Acapella® à boca. Será

solicitado ainda que o senhor (a) realize inspirações e expirações através desse dispositivo e repita esta operação por quatro séries de 5 minutos com intervalo de 1 minutos entre as séries. A monitorização do comportamento pulmonar antes e após a realização dessas técnicas será feito pelo TIE, que consiste em uma cinta de eletrodos fixadas no tórax do senhor (a). É indolor, não emite radiação e livre de efeitos adversos. Antes e após a aplicação das técnicas será solicitado que o senhor(a) determine de 0 a 10 o seu cansaço; e após aplicação das técnicas, responda qual técnica o senhor(a) preferiu realizar; O senhor (a) será ainda orientado (a) a não utilizar equipamentos de remoção de secreção dos pulmões, tais quais: *Flutter®*, *Shaker®*, *Acapella®* ou realizar padrões respiratório de higiene pulmonar durante o intervalo entre as fases do estudo, com o objetivo de minimizar a sobreposição do efeito residual de uma técnica sobre a outra. Caso sinta necessidade de realizar a higiene pulmonar neste intervalo de tempo, será solicitado que o senhor informe ao pesquisador responsável e então, nova sessão será marcada para as 48 horas subsequentes. A tosse não entra como contraindicação durante esse período.

**RISCOS:** Caso aceite participar desta pesquisa, o senhor (a), corre o risco de ter a quebra do sigilo das informações fornecidas, sentir-se constrangido durante a entrevista para coleta de dados referentes ao seu diagnóstico de FC, constranger-se por ter que expor a região de tronco para fixação da cinta do Tomógrafo por Impedância e devido o contato manual da fisioterapia com a região de abdômen e costela durante a sessão com ELTGOL. Para minimizar esses pontos, as informações fornecidas durante essa pesquisa serão arquivadas apenas no computador do pesquisador principal, o qual responsabiliza-se por qualquer violação de sigilo. As entrevistas serão realizadas em um ambiente reservado. A fixação da cinta de eletrodos bem como intervenções citadas serão feitas em um ambiente privativo e será permitido o uso de top pelas participantes do sexo feminino, próprio ou fornecido pelo pesquisador principal, para não expor a região de mama. Caso mesmo com essas medidas o senhor (a) sinta vontade, poderá solicitar a interrupção da pesquisa a qualquer momento e por qualquer motivo.

**BENEFÍCIOS:** Com os resultados desta pesquisa e divulgação da mesma, os pacientes com Fibrose Cística serão beneficiados diretamente com o avanço na descoberta das técnicas mais eficazes no seu tratamento e os profissionais de saúde terão mais respaldo científico na hora de escolher e indicar a melhor intervenção fisioterapêutica na remoção de secreção brônquica de pacientes com Fibrose Cística.

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. Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados no computador pessoal do pesquisador responsável, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 5 anos. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – Prédio do CCS - 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

---

Assinatura do pesquisador (a)

**CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DA PESSOA  
COMO VOLUNTÁRIO(A)**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **“EFICÁCIA DE CURTO PRAZO DA ELTGOL SOBRE AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA”**, como voluntário (a). 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).

Local e data \_\_\_\_\_

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

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar.** (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |

## APÊNDICE D - TALE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - CCS  
DEFISIO / PPG EM FISIOTERAPIA  
LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR

### TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MENORES DE 12 a 18 ANOS - Resolução 466/12)

*OBS: Este Termo de Assentimento do menor de 12 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.*

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: **“Efeito da ELTGOL e Acapella® sobre Aeração e Ventilação Pulmonar Avaliada Através da Tomografia de Impedância Elétrica em Indivíduos com Fibrose Cística”**. Esta pesquisa é da responsabilidade da pesquisadora Amanda Silva Couto, residente na rua Pio IX, Bairro Madalena, CEP: 50710-260, telefone para contato do pesquisador responsável, inclusive para ligações a cobrar, 081 9555-0638, e-mail: [sc\\_amanda@hotmail.com](mailto:sc_amanda@hotmail.com), está sob a orientação da Dra. Armêle Dornelas de Andrade e do Dr. Murilo Carlos Amorim de Britto, telefone: 081 2126-8937, e-mail: [murilodebritto@gmail.com](mailto:murilodebritto@gmail.com).

Este Termo de Consentimento pode conter informações que você não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa que está lhe entrevistando para que esteja bem esclarecido (a) sobre sua participação na pesquisa. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer pagamento para participar. Você será esclarecido(a) sobre qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Após ler as informações a seguir, caso aceite participar do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é para ser entregue aos seus pais para guardar e a outra é do pesquisador responsável. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema se desistir, é um direito seu. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

O objetivo desta pesquisa é determinar a eficácia de curto prazo da ELTGOL na ventilação pulmonar, avaliada através da Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) em sujeitos com Fibrose Cística (FC) com acometimento pulmonar. Para tal, você deverá comparecer em três dias com hora e data marcados no Departamento de Fisioterapia (DEFISIO) da UFPE, para realizar as 3 fases da pesquisa. Na primeira fase, composta por avaliação inicial, serão realizados: exames de espirometria e manovacuometria, que são realizados através de inspirações e expirações máximas contra um bucal ocluído, com o objetivo de verificar a função e força máxima dos músculos respiratórios; aquisição de dados antropométricos de peso e altura; e preenchimento da ficha de avaliação, para saber se você se enquadra nos critérios da pesquisa. Na segunda e terceira fase da pesquisa, você receberá duas intervenções diferentes, uma em cada fase:

ELTGOL ou *Acapella*®. Durante a intervenção com ELTGOL, você será orientado a deitar em uma maca e realizar exercícios respiratórios com inspirações e expirações lentas através de um bocal, simultaneamente receberá o auxílio das mãos de um fisioterapeuta sobre as costelas e abdome com objetivo de potencializar o efeito da técnica, essa manobra será repetida por três séries de 10 repetições, com duração total prevista de 30 minutos. Durante a sessão com *Acapella*®, você será previamente instruído de como utilizar o dispositivo, então, será orientado a ficar confortavelmente sentado e acoplar a *Acapella*® à boca. Será solicitado ainda que você realize inspirações e expirações através desse dispositivo e repita esta operação por quatro séries de 5 minutos com intervalo de 2 minutos entre as séries, com tempo total previsto de 28 minutos. A monitorização do comportamento pulmonar antes e após a realização dessas técnicas será feito pelo TIE, que consiste em uma cinta de eletrodos fixadas no seu tórax. É indolor, não emite radiação e livre de efeitos adverso. Antes e após a aplicação das técnicas será solicitado que você determine de 0 a 10 o seu cansaço; e após aplicação das técnicas, responda qual técnica preferiu realizar; Você será ainda orientado (a) a não utilizar equipamentos de remoção de secreção dos pulmões, tais quais: *Flutter*®, *Shaker*®, *Acapella*® ou realizar padrões respiratório de higiene pulmonar durante o intervalo entre as fases do estudo, com o objetivo de minimizar a sobreposição do efeito residual de uma técnica sobre a outra. Caso sinta necessidade de realizar a higiene pulmonar neste intervalo de tempo, será solicitado que informe ao pesquisador responsável e então, nova sessão será marcada para as 48 horas subsequentes. A tosse não entra como contraindicação durante esse período.

**RISCOS:** Caso aceite participar desta pesquisa, você corre o risco de ter a quebra do sigilo das informações fornecidas, sentir-se constrangido durante a entrevista para coleta de dados referentes ao seu diagnóstico de Fibrose Cística e constranger-se por ter que expor a região de tronco para fixação da cinta do Tomógrafo por Impedância e devido o contato manual do fisioterapeuta com a região de abdômen e costela durante a sessão com ELTGOL. Para minimizar esses pontos, as informações fornecidas durante essa pesquisa serão arquivadas apenas no computador do pesquisador principal, o qual responsabiliza-se por qualquer violação de sigilo. As entrevistas serão realizadas em um ambiente reservado. A fixação da cinta de eletrodos, bem como a sessão com ELTGOL serão feitas sempre na presença do adulto responsável por você e em um ambiente reservado e será permitido o uso de top próprio ou fornecidos pelo pesquisador principal (de acordo com sua escolha), para não expor a região da mama. Caso mesmo com essas medidas você se sinta desconfortável, poderá solicitar a interrupção da pesquisa a qualquer momento e por qualquer motivo.

**BENEFÍCIOS:** Com os resultados desta pesquisa e divulgação da mesma, os pacientes com Fibrose Cística serão beneficiados diretamente com o avanço na descoberta das técnicas mais eficazes no seu tratamento e os profissionais de saúde terão mais respaldo científico na hora de escolher e indicar a melhor intervenção fisioterapêutica na remoção de secreção brônquica de pacientes com Fibrose Cística.

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. Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados no computador pessoal do pesquisador responsável, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 5 anos. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial

Este documento passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE que está no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: [ceppcs@ufpe.br](mailto:ceppcs@ufpe.br)).

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador (a)

## **ASSENTIMENTO DO MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO**

Eu, \_\_\_\_\_, portador (a) do documento de Identidade \_\_\_\_\_ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo : **“EFICÁCIA DE CURTO PRAZO DA ELTGOL SOBRE AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA”**, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do (da) menor: \_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):**

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |

## APÊNDICE E – TCLE para Responsável Legal



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE - CCS  
DEFISIO / PPG EM FISIOTERAPIA  
LABORATÓRIO DE FISIOTERAPIA CARDIOPULMONAR

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS - Resolução 466/12)

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) {ou menor que está sob sua responsabilidade} para participar, como voluntário (a), da pesquisa **“Efeito da ELTGOL e Acapella® sobre Aeração e Ventilação Pulmonar Avaliada Através da Tomografia de Impedância Elétrica em Indivíduos com Fibrose Cística”**. Esta pesquisa é de responsabilidade da pesquisadora Amanda Silva Couto, domiciliada na Rua Pio IX, Bairro Madalena, Recife-PE, CEP: 50710-260, telefone: 081 9555-0638 (inclusive para ligações a cobrar), e-mail: sc\_amanda@hotmail.com e está sob a orientação da Dra. Armêle Dornelas de Andrade e do Dr. Murilo Carlos Amorim de Britto, telefone: 081 2126-8937 (inclusive para ligações a cobrar), e-mail: murilodebritto@gmail.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, no caso de aceitar que o (a) menor faça 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 nem o (a) Sr. (a) nem o/a voluntário/a que está sob sua responsabilidade serão penalizados (as) de forma alguma. O (a) Senhor (a) tem o direito de retirar o consentimento da participação do (a) menor a qualquer tempo, sem qualquer penalidade.

### INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

O objetivo desta pesquisa é determinar o efeito agudo ELTGOL e Acapella® sobre a aeração e ventilação pulmonar, avaliada através da Tomografia de Impedância Elétrica (TIE) em sujeitos com Fibrose Cística (FC) com acometimento pulmonar. Para tal, o senhor(a) e seu filho(a) deverão comparecer por três dias em hora e datas marcados no Departamento de Fisioterapia (DEFISIO) da UFPE para realizar as 3 fases da pesquisa. Na primeira fase, composta por avaliação inicial, serão realizados: exames de espirometria e manovacuometria, que são realizados através de inspirações e expirações máximas contra um bucal ocluído, com o objetivo de verificar a função e força máxima dos músculos respiratórios; aquisição de dados antropométricos de peso e altura; e preenchimento da ficha de avaliação, para saber se o seu filho (a) se enquadra nos critérios da pesquisa. Na segunda e terceira fase da pesquisa, o ele (a) receberá duas intervenções diferentes, uma em cada fase: ELTGOL ou Acapella®. Durante a intervenção com ELTGOL, o seu filho(a) será orientado a deitar em uma maca e realizar exercícios respiratórios com inspirações e expirações lentas através de um bocal, simultaneamente receberá o auxílio das mãos de um fisioterapeuta sobre as costelas e abdômen com objetivo de potencializar o efeito da técnica, essa manobra será repetida por três séries de 10

repetições, com duração total prevista de 20 minutos . Durante a sessão com *Acapella*®, o seu filho (a) será previamente instruído de como utilizar o dispositivo, então, será orientado a ficar confortavelmente sentado e acoplar a *Acapella*® à boca. Será solicitado ainda que ele (a) realize inspirações e expirações através desse dispositivo e repita esta operação por quatro séries de 5 minutos com intervalo de 1 minutos entre as séries. A monitorização do comportamento pulmonar antes e após a realização dessas técnicas será feito pelo TIE, que consiste em uma cinta de eletrodos fixadas no tórax do senhor (a). É indolor, não emite radiação e livre de efeitos adverso. Antes e após a aplicação das técnicas será solicitado que o seu filho(a) determine de 0 a 10 o seu cansaço; e após aplicação das técnicas, responda qual técnica o ele(a) preferiu realizar; O senhor (a) será ainda orientado (a) para que seu filho não utilize equipamentos de remoção de secreção dos pulmões, tais quais: *Flutter*®, *Shaker*®, *Acapella*® ou realize padrões respiratório de higiene pulmonar durante o intervalo entre as fases do estudo, com o objetivo de minimizar a sobreposição do efeito residual de uma técnica sobre a outra. Caso ele (a) sinta necessidade de realizar a higiene pulmonar neste intervalo de tempo, será solicitado que o senhor a) informe ao pesquisador responsável e então, nova sessão será marcada para as 48 horas subsequentes. A tosse não entra como contraindicação durante esse período.

**RISCOS:** Caso aceite participar desta pesquisa, o seu filho (a), corre o risco de ter a quebra do sigilo das informações fornecidas, sentir-se constrangido durante a entrevista para coleta de dados referentes ao diagnóstico do menor, este também pode constranger-se por ter que expor a região de tórax para fixação da cinta do Tomógrafo por Impedância e devido o contato manual do fisioterapeuta com sua região do abdômen e costela durante a sessão com ELTGOL. Para minimizar esses pontos, as informações fornecidas durante essa pesquisa serão arquivadas apenas no computador do pesquisador principal, o qual responsabiliza-se por qualquer violação de sigilo. As entrevistas serão realizadas em um ambiente reservado. A fixação da cinta de eletrodos, bem como as intervenções citadas serão feitas sempre na presença do adulto responsável pelo menor e em um ambiente privativo e será permitido o uso de top próprio ou fornecido pelo pesquisador principal (de acordo com sua escolha), para não expor a região de mama. Caso mesmo com essas medidas o senhor (a) ou seu filho (a) sintam vontade, poderão solicitar a interrupção da pesquisa a qualquer momento e por qualquer motivo.

**BENEFÍCIOS:** Com os resultados desta pesquisa e divulgação da mesma, os pacientes com Fibrose Cística serão beneficiados diretamente com o avanço na descoberta das técnicas mais eficazes no seu tratamento e os profissionais de saúde terão mais respaldo científico na hora de escolher e indicar a melhor intervenção fisioterapêutica na remoção de secreção brônquica de pacientes com Fibrose Cística.

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. Os dados coletados nesta pesquisa, ficarão armazenados no computador pessoal do pesquisador responsável, no endereço acima informado, pelo período mínimo de 5 anos. Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da sua participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – Prédio do CCS - 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cepccs@ufpe.br).**

---

Assinatura do pesquisador (a)

**CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DO/A  
VOLUNTÁRIO**

Eu, \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, responsável por \_\_\_\_\_, autorizo a sua participação no estudo **“EFICÁCIA DE CURTO PRAZO DA ELTGOL SOBRE AERAÇÃO E VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA”**, como voluntário(a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade (ou interrupção de seu acompanhamento/assistência/tratamento) para mim ou para o (a) menor em questão.

Local e data \_\_\_\_\_

Assinatura do (da) responsável: \_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar da. 02 testemunhas (não ligadas à equipe e pesquisadores):**

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |

## APÊNDICE F – Ficha de Avaliação Inicial

### FICHA DE AVALIAÇÃO

|                                            |                 |
|--------------------------------------------|-----------------|
| Exacerbação pulmonar nas últimas 4 semanas | ( ) sim ( ) não |
| Deformidade facial                         | ( ) sim ( ) não |
| Dor torácica                               | ( ) sim ( ) não |
| Hemoptise na última semana                 | ( ) sim ( ) não |
| Uso contínuo de suplementação de oxigênio  | ( ) sim ( ) não |
| <i>Cor pulmonale</i>                       | ( ) sim ( ) não |
| Cirurgias                                  |                 |
| Outras doenças respiratórias               |                 |
| Última sessão de fisioterapia              |                 |
| Exame de cultura                           |                 |
| Medicamentos em uso                        |                 |
|                                            |                 |
| Alteração genética                         |                 |
| Exame de imagem                            |                 |

## AVALIAÇÃO INICIAL: \_\_/\_\_/\_\_

| ESPIROMETRIA *                                                        |                   |                   |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|                                                                       | ABSOLUTO          | PREDITO           |
| VEF1                                                                  |                   |                   |
| CVF                                                                   |                   |                   |
| VEF1/CVF                                                              |                   |                   |
| FEF25-75                                                              |                   |                   |
| PFE                                                                   |                   |                   |
| MANOVACUOMETRIA                                                       |                   |                   |
|                                                                       | PI <sub>máx</sub> | PE <sub>máx</sub> |
| Pressão Med Max                                                       |                   |                   |
| Pico de Pressão                                                       |                   |                   |
| Pressão Platô                                                         |                   |                   |
| Tempo da manobra                                                      |                   |                   |
| SEQUÊNCIA DE RANDOMIZAÇÃO                                             |                   |                   |
| <input type="checkbox"/> ELTGOL<br><input type="checkbox"/> Acapella® |                   |                   |
| QUAL TÉCNICA O PACIENTE PREFERIU REALIZAR?                            |                   |                   |
| <input type="checkbox"/> ELTGOL<br><input type="checkbox"/> Acapella® |                   |                   |
| 1ª Fase                                                               |                   |                   |
| 2ª Fase                                                               |                   |                   |
| 3ª Fase                                                               |                   |                   |

*\*Critérios de Qualidade: VEF1 e CVF  $\leq$  5% ou 150 ml e PFE < 10% ou 50 ml.*

**Técnica 1:** \_\_/\_\_/\_\_

|                   | BORG            | SatO2 | PA | FC | FR |
|-------------------|-----------------|-------|----|----|----|
| PRÉ               |                 |       |    |    |    |
| PÓS               |                 |       |    |    |    |
| FIM               |                 |       |    |    |    |
| EFEITOS ADVERSOS  |                 |       |    |    |    |
| TONTURAS          | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| NÁUSEAS           | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| DOR DE CABEÇA     | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| OUTROS            |                 |       |    |    |    |
| TEMPO – HORÁRIO   |                 |       |    |    |    |
| INÍCIO DA TÉCNICA |                 |       |    |    |    |
| FIM DA TÉCNICA    |                 |       |    |    |    |

Observações:

**Técnica 2:** \_\_/\_\_/\_\_

|                      | BORG            | SatO2 | PA | FC | FR |
|----------------------|-----------------|-------|----|----|----|
| PRÉ                  |                 |       |    |    |    |
| PÓS                  |                 |       |    |    |    |
| FIM                  |                 |       |    |    |    |
| EFEITOS ADVERSOS     |                 |       |    |    |    |
| TONTURAS             | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| NÁUSEAS              | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| DOR DE CABEÇA        | ( ) sim ( ) não |       |    |    |    |
| OUTROS               |                 |       |    |    |    |
| TEMPO – HORÁRIO      |                 |       |    |    |    |
| INÍCIO DA<br>TÉCNICA |                 |       |    |    |    |
| FIM DA TÉCNICA       |                 |       |    |    |    |

**ANEXO A – Aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa**

Comitê de Ética  
em Pesquisa  
Envolvendo  
Serem Humanos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
PERNAMBUCO CENTRO DE  
CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EFICÁCIA DE CURTO PRAZO DA ELTGOL SOBRE A VENTILAÇÃO PULMONAR AVALIADA ATRAVÉS DA TOMOGRAFIA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA EM INDIVÍDUOS COM FIBROSE CÍSTICA: ENSAIO RANDOMIZADO

**Pesquisador:** Amanda Silva Couto

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 37906314.3.0000.5208

**Instituição Proponente:** Departamento de Fisioterapia - DEFISIO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 879.589

**Data da Relatoria:** 19/11/2014

##### Apresentação do Projeto:

Projeto de Dissertação de mestrado da aluna Amanda Silva Couto, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de Pernambuco. Orientador: Prof. Dr. Murilo Carlos Amorim de Brito.

Fibrose Cística (FC) representa a doença autossômica recessiva letal mais frequente e caracteriza-se, entre outros, por acometimento das vias aéreas com infecções recorrentes, subsequentes bronquiectasias (dilatações brônquicas patológicas) e acúmulo de secreções, o que favorece novas infecções, criando um ciclo vicioso. A fisioterapia respiratória é sempre recomendada ao paciente com FC com acometimento pulmonar e dispõe de diversas técnicas para auxiliar a remoção destas secreções. Entre elas estão a Expiração Lenta Total com a Glote Aberta (ELTGOL) e o uso do Acapella® que é um dispositivo de oscilação das vias aéreas de alta frequência que altera o fluxo de ar exalado e tem o objetivo de facilitar a remoção de secreções.

Os autores pretendem realizar um ensaio clínico controlado randomizado tipo cruzado em 20 voluntários com Fibrose Cística recrutados no IMIP e os testes realizados no Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar do Departamento de Fisioterapia (DEFISIO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As intervenções serão aplicadas em dois dias diferentes com um dia de

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS

**Bairro:** Cidade Universitária

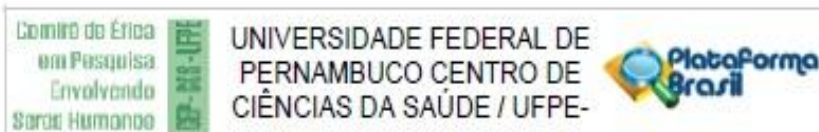
**CEP:** 50.740-600

**UF:** PE

**Município:** RECIFE

**Telefone:** (81)2126-8588

**E-mail:** cepcos@ufpe.br



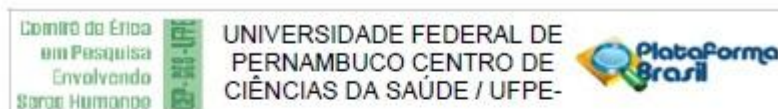
Continuação do Parecer: 879.588

Intervalo entre as técnicas e consistem em ELTGOL e oscilação oral de alta frequência com Acapella®. Durante a sessão com ELTGOL, os indivíduos serão posicionados em decúbito lateral e orientados a realizar expirações lentas com a glote aberta através de um bucal acoplado na boca a partir da capacidade residual funcional (CRF) até o volume residual (VR). Concomitantemente, um fisioterapeuta treinado e posicionado posteriormente em relação ao voluntário, irá realizar uma compressão manual na região abdominal dependente e no gradil costal contralateral para potencializar a desinsuflação pulmonar. Serão realizadas três séries com dez repetições em cada decúbito lateral (direito e esquerdo). Durante a sessão de oscilação oral, será utilizado a Acapella®. O participante deverá estar confortavelmente sentado, com os cotovelos apoiados em uma mesa, para facilitar a expansão torácica, então a peça do bucal será acoplada adequadamente para não permitir vazamentos. A carga de resistência será aquela em que o indivíduo é capaz de manter a expiração por 3 segundos ininterruptos. O paciente será instruído a inspirar lenta e profundamente, com volumes pulmonares entre CRF e a CPT. Será solicitado ainda uma pausa inspiratória de 2 segundos durante o final da fase inspiratória. Serão realizados 2 séries com 10 repetições. Ao final de cada série, 3 manobras de huffing e tosse serão realizadas pelo paciente com o objetivo de expectorar a secreção mobilizada. O tempo previsto de duração da sessão com Acapella® é de 20 minutos. A avaliação da ventilação pulmonar durante todas as fases será realizada através da tomografia de impedância elétrica (TIE), até que os valores da tomografia retomem ao basal, desde que o tempo de monitorização após intervenção não ultrapasse 60 minutos. A TIE é um método de avaliação pulmonar capaz de fornecer informações espaciais em tempo real relacionadas a alterações estruturais e fisiológicas a partir das diferenças de propriedades elétricas, como resistividade (ou condutividade), no interior do tórax e com isso, permite a avaliação da distribuição da ventilação pulmonar. Trata-se de um método não invasivo que utiliza eletrodos dispostos ao redor do tórax e injeção de uma corrente elétrica alternada de baixa voltagem, sem riscos para os indivíduos e sem radiação. Também serão monitorada a SpO2, pressão arterial e frequência cardíaca dos participantes. A dispneia será avaliada através da Escala Modificada de Borg. Serão realizadas espirometrias para avaliação do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a relação capacidade vital forçada/VEF1.

#### Objetivo da Pesquisa:

Determinar a eficácia de curto prazo da ELTGOL na ventilação pulmonar, avaliada através da Tomografia de Impedância Elétrica em indivíduos com FC moderada a grave.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS  
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600  
 UF: PE Município: RECIFE  
 Telefone: (81)2126-8588 E-mail: cepcos@ufpe.br



Continuação do Parecer: 679.589

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os procedimentos e avaliações espirométricas são rotineiros no tratamento fisioterápico destes pacientes e a TIE não envolve riscos específicos.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não

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

TCLE Adequado.

Há carta de anuência das Instituições participantes (IMIP e Departamento de Fisioterapia da UFPE) e termos de compromisso do IMIP.

De acordo com a Resolução 466/12, o termo de assentimento para menores de 18 anos está anexado.

**Recomendações:**

nenhuma

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

nenhuma

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Colegiado aprova o parecer do protocolo em questão e o pesquisador está autorizado para iniciar a coleta de dados.

Projeto foi avaliado e sua APROVAÇÃO definitiva será dada, após a entrega do relatório final, na PLATAFORMA BRASIL, através de "Notificação" e, após apreciação, será emitido Parecer Consubstanciado.

Endereço: Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS  
 Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600  
 UF: PE Município: RECIFE  
 Telefone: (81)2126-8088 E-mail: cepcos@ufpe.br