

Danielle Soares Rocha Vieira

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE *ENDURANCE* EM  
PACIENTE COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA: UM ESTUDO  
EXPERIMENTAL DE CASO ÚNICO**

Belo Horizonte  
Universidade Federal de Minas Gerais  
2007

Danielle Soares Rocha Vieira

**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE *ENDURANCE* EM  
PACIENTE COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA: UM ESTUDO  
EXPERIMENTAL DE CASO ÚNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Ciências da Reabilitação, nível Mestrado, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Reabilitação. Área de concentração: Desempenho Funcional Humano.

Orientadora: Profa. Dra. Verônica Franco Parreira

Co-orientadora: Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto

V657e Vieira, Danielle Soares Rocha  
2007 Efeitos de um programa de treinamento de endurance em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica: um estudo experimental de caso único [manuscrito] / Danielle Soares Rocha Vieira. – 2007.  
126 f., enc.:il.

Orientadora: Profa. Dra. Verônica Franco Parreira  
Co-Orientadora: Profa. Dra. Raquel Rodrigues Britto

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 94-104

1. Pulmões – Doenças obstrutivas – Teses. 2. Gases - Análise – Teses. I. Parreira, Verônica Franco. II. Britto, Raquel Rodrigues. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. IV. Título.

CDU: 615.825

Dedico esta dissertação a Deus em agradecimento a todas as alegrias e conquistas e por ter colocado pessoas tão especiais ao longo do caminho, dentre elas, a Profa. Verônica Franco Parreira, grande incentivadora na busca dos meus ideais. Dedicção muito especial à minha mãe, à minha irmã e ao Léo.

## **AGRADECIMENTOS**

Minha mãe, pelo apoio e grande incentivo para seguir um caminho que sempre idealizei. Você é o grande alicerce em minha vida e esta conquista com certeza não teria sido possível sem sua presença ao meu lado.

Minha irmã, pelo companheirismo e amizade e por também acreditar que esta conquista seria possível.

Léo, por estar sempre ao meu lado, me apoiando em todos os momentos e que teve grande participação na realização deste trabalho. Agradeço pelas vezes que participou como voluntário em meus pilotos, que me ajudou na confecção de apresentações e gráficos, que agüentou meu cansaço e por tentar me mostrar que o caminho pode ser mais leve.

Meu pai, pelo orgulho que sempre sentiu ao presenciar minhas conquistas, e todos os meus familiares e amigos pelo apoio.

As pessoas que se tornaram grandes companheiras ao longo do caminho e que cuja contribuição foi indispensável para realização deste estudo: Danielle França, Danielle Gomes, Susan Martins e Daniel de Albuquerque.

Profa. Verônica Franco Parreira, por ter acreditado em mim e ter se tornado grande incentivadora dos meus ideais. Se não fosse pela sua constante busca, essas conquistas não teriam sido possíveis. Agradeço por ter me ensinado valores que ultrapassaram os limites do conhecimento científico.

Profa. Raquel Rodrigues Britto, por ter aberto as portas para pesquisa científica e pela grande contribuição e palavras de incentivo na realização deste estudo.

Os voluntários desta pesquisa, cuja contribuição valiosa possibilitou a concretização desse projeto.

Profa. Rosana Ferreira Sampaio, pela grande ajuda na elaboração do projeto de mestrado e escolha do desenho deste estudo.

Os pneumologistas Valéria Maria Augusto, Ricardo de Amorim Corrêa e Cláudia Myriam Amaral, do Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas.

Prof. Anderson Aurélio da Silva, por ter emprestado tão prontamente a sala para realização do treinamento.

Todos os colegas do mestrado, em especial Patrícia, Cecília, Fabiana, Marina, Sandra e Warley, Neto e Renato.

Os bolsistas e voluntários do Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório.

As professoras Marisa Cotta Mancini e Daniela Virgínia Vaz, pelos ensinamentos na condução da pesquisa científica.

Prof. João Paulo Haddad, pela disponibilidade para me auxiliar na análise estatística.

Marilane Soares, secretária do colegiado de Pós-Graduação, pela disponibilidade para me ajudar sempre que necessitei.

Todos os professores e alunos do Laboratório de Fisioterapia Cardiovascular da Universidade Federal de São Carlos, pela recepção carinhosa e por terem me possibilitado grande aprendizado, em especial à Profa. Aparecida Maria Catai, à Anielle, ao Victor e à Valéria.

Prof. Marcelo Veloso, pelas contribuições como participante da banca desta dissertação e pelos ensinamentos em outras oportunidades, como o estágio em docência.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Justificativa do estudo.....	24
1.2 Objetivos do estudo.....	24
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
2.1 Tipo de estudo.....	25
2.2 Local de realização.....	25
2.3 Amostra.....	26
2.3.1 Participante.....	26
2.3.2 Critérios de inclusão.....	26
2.3.3 Critérios de exclusão.....	27
2.4 Aspectos éticos.....	28
2.5 Instrumentos de medida.....	28
2.5.1 Teste de esforço cardiopulmonar (ou ergoespirometria).....	28
2.5.2. Cicloergômetro.....	35
2.5.3 Balança calibrada.....	35
2.5.4 Oximetria de pulso.....	36
2.5.5 Esfigmomanômetro e estetoscópio.....	36
2.5.6 Eletrocardiograma.....	36
2.5.7 Escala de Borg modificada.....	37
2.5.8 Perfil de Atividade Humana (PAH).....	38
2.6 Variáveis.....	40
2.6.1 Carga de trabalho (W) pico.....	40
2.6.2 VO <sub>2</sub> máximo ou pico e VO <sub>2</sub> isocarga .....	40

2.6.3 Ventilação Minuto (VE) pico e Ventilação Minuto isocarga (VE/W).....	41
2.6.4 Percepção do esforço pico e Percepção do esforço isocarga.....	43
2.6.5 Relação FC/FC máxima prevista isocarga.....	43
2.7 Protocolo Experimental.....	44
2.7.1 Fase de <i>baseline</i> .....	45
2.7.2 Fase de intervenção.....	48
2.8 Cálculo Amostral.....	51
2.9 Redução dos dados.....	51
2.10 Análise qualitativa e quantitativa dos testes da fase de <i>baseline</i> .....	52
2.11 Análise dos dados.....	52
3 RESULTADOS.....	58
3.1 Caracterização da amostra.....	58
3.2 Programa de treinamento.....	59
3.3 Análise das variáveis obtidas durante testes incrementais máximos limitados por sintomas.....	62
4 DISCUSSÃO.....	77
4.1 Efeitos do treinamento de <i>endurance</i> dos membros inferiores sobre a capacidade de exercício.....	79
4.2 Tempo mínimo para mudanças da capacidade de exercício e estabilização das mudanças durante o período de treinamento.....	87
5 CONCLUSÃO.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
APÊNDICES.....	105
ANEXOS.....	121



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Aceleração
B	Desaceleração
Bd	Broncodilatador
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CRQ	<i>Chronic Respiratory Questionnaire</i>
CV	Coeficiente de Variação
CV	Capacidade Vital
CVF	Capacidade Vital Forçada
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
E	Estável
EAA	Escore Ajustado de Atividade
ECG	Eletrocardiograma
EEFFTO	Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
EMA	Escore Máximo de Atividade
EPE	Erro Padrão da Estimativa
FA	Fase A
FB	Fase B
FC	Frequência Cardíaca
FEF <sub>25-75%</sub>	Fluxo Expiratório Forçado entre 25-75% da Capacidade Vital Forçada
FR	Frequência Respiratória
GOLD	<i>Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
LA	Limiar anaeróbio
LabCare	Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório
MRC	<i>Medical Research Council</i>
NP	Não é possível determinar
O <sub>2</sub>	Oxigênio
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAH	Perfil de Atividade Humana
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PETCO <sub>2</sub>	Pressão expirada de CO <sub>2</sub>

PETO <sub>2</sub>	Pressão expirada de O <sub>2</sub>
R	Razão de troca respiratória
r <sup>2</sup>	Coeficiente de determinação
rpm	Rotações por minuto
SaO <sub>2</sub>	Saturação da hemoglobina em oxigênio no sangue arterial
SEDT	Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento
SM	Sem mudança
SpO <sub>2</sub>	Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
VC	Volume Corrente
VCO <sub>2</sub>	Volume de CO <sub>2</sub> produzido por minuto
VD	Espaço morto fisiológico
VE	Ventilação Minuto
VE/VO <sub>2</sub>	Equivalente ventilatório para o O <sub>2</sub>
VE/VCO <sub>2</sub>	Equivalente ventilatório para o CO <sub>2</sub>
VE/VVM	Reserva ventilatória
VE/W	Ventilação Minuto para mesma carga de trabalho ou isocarga
VEF <sub>1</sub>	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VO <sub>2</sub>	Volume de O <sub>2</sub> consumido por minuto
VO <sub>2</sub> /FC	Pulso de oxigênio
VVM	Ventilação voluntária máxima
W	Carga de trabalho
β	Coeficiente de regressão

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema metabólico automático de análise de gases ( <i>Medical Graphics® CPX Ultima, Miami FL, USA</i> ) ligado a um computador ( <i>Pentium 4</i> ).....	31
Figura 2 – Alguns componentes do sistema de análise de gases: A – Máscara facial; B – Transdutor de fluxo; C – Linha de amostragem com clip umbilical; D – Linha de secagem.....	32
Figura 3 - Ilustração de um teste incremental máximo limitado por sintomas em cicloergômetro ( <i>Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany</i> ).....	35
Figura 4 - Equipamentos utilizados para monitorização do participante durante o teste incremental máximo limitado por sintomas: A – Oxímetro de pulso; B – Escala de Borg modificada; C - Esfigmomanômetro e estetoscópio; D – Eletrocardiograma.....	38
Figura 5 – Folha padronizada utilizada para análise visual dos dados.....	55
Figura 6 - Tempo de pedalagem, em minutos, na carga alvo, durante as primeiras 18 sessões de treinamento.....	60
Figura 7 - Comportamento da variável percepção do esforço durante as 36 sessões de treinamento.....	61
Figura 8 - Comportamento da variável relação FC/FC máxima prevista durante as 36 sessões de treinamento.....	61
Figura 9 - Carga de Trabalho pico ( $W$ pico), em watts, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	65
Figura 10 - Volume de oxigênio consumido por minuto pico ( $VO_2$ pico), em ml/min, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	65
Figura 11 - Ventilação minuto pico ( $VE$ pico), em l/min, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	66
Figura 12 – Percepção do esforço pico, mensurada por meio da escala de Borg modificada, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	66
Figura 13 - Gráficos que ilustram o comportamento das variáveis pico consideradas desfechos secundários do estudo.....	68
Figura 14 - Volume de Oxigênio consumido por minuto isocarga ( $VO_2$ isocarga), em ml/min, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	69

Figura 15 - Ventilação minuto isocarga (VE isocarga), em l/min, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	69
Figura 16 - Percepção do esforço isocarga, mensurada por meio da escala de Borg modificada, durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	70
Figura 17 - Relação FC/FC máxima prevista isocarga durante as fases de <i>baseline</i> (A) e intervenção (B).....	70
Figura 18 – Gráficos que ilustram o comportamento das variáveis isocarga consideradas desfechos secundários do estudo.....	72
Figura 19 – Gráficos obtidos por meio do <i>software SPSS</i> demonstrando a forma de associação entre as variáveis VE isocarga (A), percepção do esforço isocarga (B) e relação FC/FC máxima prevista isocarga (C) e a variável tempo.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de variação para as variáveis obtidas durante a fase de <i>baseline</i> .....	63
Tabela 2 - Valores da estatística Kappa para análise visual das variáveis estudadas.....	64
Tabela 3 - Resultados da análise visual das variáveis pico consideradas desfechos secundários do estudo.....	67
Tabela 4 - Resultados da análise visual das variáveis isocarga consideradas desfechos secundários do estudo.....	71
Tabela 5 - Principais resultados do método da banda de dois desvios-padrão.....	73
Tabela 6 - Principais resultados da análise de regressão linear para algumas variáveis isocarga.....	74
Tabela 7 - Resultados da análise de regressão para as variáveis VE isocarga, percepção do esforço isocarga e relação FC/FC máxima prevista isocarga.....	76

## RESUMO

A duração mínima dos programas de treinamento físico em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) não está estabelecida e foi pouco investigada. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi documentar longitudinalmente os efeitos provenientes de um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores em um paciente com DPOC, além de avaliar o tempo mínimo necessário para que ocorram mudanças na capacidade de exercício e se elas se estabilizam durante o período de treinamento. Foi realizado um estudo experimental de caso único com duas fases (*baseline* e intervenção), com mensurações repetidas das variáveis estudadas por seis e 12 semanas, respectivamente. Participou do estudo um paciente com 73 anos de idade e com diagnóstico de DPOC grave, segundo os critérios da *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. As avaliações foram realizadas em intervalos de tempo regulares, por meio de um sistema metabólico de análise de gases, durante teste incremental máximo limitado por sintomas em cicloergômetro. Na fase de intervenção, o participante foi submetido a treinamento em cicloergômetro, com intensidade de 70% da média das cargas de trabalho atingidas na fase de *baseline*, três vezes por semana, durante 12 semanas. Foram estudadas variáveis obtidas no pico de exercício e em uma mesma carga de trabalho, ou em isocarga. Os métodos estatísticos utilizados foram análise visual, em associação à estatística Kappa, banda de dois desvios-padrão e análise de regressão, considerando significativo  $p < 0,05$ . Foi observado aumento de variáveis obtidas no pico de exercício, como carga de trabalho, volume de oxigênio consumido por minuto, volume de dióxido de carbono produzido por minuto e ventilação minuto e, ainda, diminuição de variáveis em situação de isocarga, como ventilação pulmonar, percepção do esforço e relação entre frequência cardíaca atingida e frequência cardíaca máxima prevista. As mudanças na capacidade de exercício, verificadas por meio da análise das variáveis ventilação minuto, volume de oxigênio consumido por minuto e percepção do esforço, obtidas em isocarga, foram observadas após a quarta semana de treinamento. Adicionalmente, estas variáveis, além da frequência respiratória, apresentaram diminuição estatisticamente significativa ao longo da fase de intervenção, enquanto o volume corrente e a saturação periférica da hemoglobina

em oxigênio aumentaram durante esta fase. Dessa forma, o participante avaliado apresentou melhora da tolerância ao exercício após treinamento de *endurance* dos membros inferiores que se mostrou consistente com os resultados de estudos da área. As modificações observadas em variáveis importantes relacionadas à capacidade de exercício se iniciaram após quatro semanas de intervenção e mostraram-se progressivas, sem estabilização das mesmas, até o final do programa de treinamento de 12 semanas.

## ABSTRACT

The minimum duration of exercise training program in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) is not established and has been poorly investigated. In this way, the aim of this study was to document, over time, lower-limb endurance training program effects in a patient with COPD, evaluating the minimum time necessary for occurring changes in exercise capacity and if these changes stabilize during intervention period. It was conducted a single-subject design with two phases (baseline and intervention), with repeated measurements of studied variables for six and 12 weeks, respectively. A patient with 73 years old and severe COPD, according to *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, was studied. A metabolic analyzer system was used to evaluate the participant, at regular intervals, during incremental, symptom-limited cycle ergometer exercise test. In the intervention phase, the training consisted of exercise on a cycle ergometer three times a week during 12 weeks. The exercise intensity was set at 70% of the average baseline peak work rates. Peak exercise variables and responses to identical levels of work rate were studied. The statistical methods used were visual analysis, associated with Kappa statistic, two-standard deviation band and regression analysis. Significance was accepted at the  $p < 0.05$  level. Peak exercise variables as work rate, oxygen uptake ( $V_{O_2}$ ), carbon dioxide output and ventilation ( $V_E$ ) increased while  $V_E$ , Borg score and heart rate/maximum predicted heart rate relationship decreased at an identical level of work rate. The changes in exercise capacity verified by  $V_E$ ,  $V_{O_2}$  and Borg score analysis were observed after four weeks of training. Moreover, these variables, besides respiratory frequency, showed significant decrease in the course of intervention phase, while tidal volume and peripheral oxygen saturation increased during this phase. In conclusion, the assessed participant increased his exercise tolerance after a lower-limb endurance training program that was consistent with pulmonary rehabilitation studies. The observed changes in important variables related to exercise capacity initiated after four weeks of intervention beginning and continued, without stabilization, until the end of the 12 weeks training program.



## 1 INTRODUÇÃO

A Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) é uma doença caracterizada por obstrução crônica ao fluxo aéreo, que não é completamente reversível<sup>1,2,3</sup>. Essa obstrução é usualmente progressiva, podendo ser acompanhada por hiper-responsividade das vias aéreas<sup>3</sup>, e está associada a uma resposta inflamatória anormal dos pulmões à inalação de partículas ou de gases tóxicos, causada primariamente pelo tabagismo<sup>1,2</sup>.

A DPOC é uma importante causa de morbidade e mortalidade em todo mundo<sup>1,3</sup>, produzindo um grande impacto sócio-econômico para o paciente e para a sociedade<sup>4,5</sup>. A doença é a quarta causa de morte no mundo e, em relação à morbidade (medida pelos anos de vida ajustados para incapacidade), ocupa atualmente a 13ª posição<sup>6</sup>. É estimado que, em 2020, passe a ocupar a quinta posição<sup>7</sup>. A DPOC é ainda responsável por uma parte significativa de visitas a médicos e departamentos de emergência e hospitalizações<sup>6</sup>.

A inflamação das vias aéreas e dos vasos pulmonares e a destruição do parênquima pulmonar são alterações características da DPOC em nível pulmonar<sup>1,8</sup> e os principais sintomas respiratórios associados a esta doença são a tosse, a produção de escarro e a dispnéia, geralmente presente aos esforços e de caráter progressivo<sup>1,2,3</sup>. A patogênese e as manifestações clínicas da DPOC não são exclusivamente restritas aos pulmões<sup>9</sup> e estudos recentes mostraram que ela está freqüentemente associada a anormalidades extrapulmonares ou sistêmicas. Estas incluem a inflamação sistêmica, as anormalidades nutricionais e a perda de peso, a

disfunção músculoesquelética e outros efeitos potenciais nos sistemas cardiovascular e nervoso<sup>8,9,10</sup>. Segundo a *American Thoracic Society*<sup>11</sup>, grande parte da incapacidade associada à DPOC não resulta diretamente da deficiência respiratória, mas das morbidades secundárias anteriormente mencionadas.

A intolerância ao exercício é uma das manifestações mais preocupantes da DPOC<sup>12</sup>, constituindo-se um dos principais fatores que limitam as atividades de vida diária em pacientes com doenças respiratórias crônicas<sup>13</sup>. Essa intolerância resulta principalmente da dispnéia e da fadiga<sup>12,14,15</sup>, sendo que os pacientes usualmente reduzem suas atividades para evitar essas sensações de desconforto<sup>12</sup>. A inatividade resultante leva a um descondicionamento progressivo que, por sua vez, é agravado pelos efeitos sistêmicos da doença<sup>14</sup>. Dentre estes, a disfunção da musculatura periférica é apontada como uma importante causa da redução da força e da *endurance* muscular, além da capacidade de exercício, o que torna o treinamento físico um componente essencial dos programas de reabilitação pulmonar<sup>12,13,16,17</sup>.

A melhora da função dos músculos periféricos após o treinamento físico contribui para os ganhos na capacidade de exercício em pacientes com DPOC, apesar da ausência de mudanças na função pulmonar<sup>12,13,18,19</sup>. Adicionalmente, a melhor capacidade oxidativa e a melhor eficiência dos músculos esqueléticos foram associadas a menor ventilação alveolar para uma dada carga de trabalho, o que pode reduzir a dispnéia ao esforço<sup>13,18,20</sup>. Lacasse *et al.*<sup>21</sup> concluíram, em sua metanálise, que os programas de reabilitação que incluem pelo menos quatro semanas de treinamento físico produzem alívio significativo da dispnéia e da fadiga,

além da melhora significativa da capacidade de exercício, mensurada pelo teste de caminhada de seis minutos e pelo teste incremental máximo. Entretanto, apenas os ganhos relacionados à dispnéia e à fadiga, que foram mensuradas por meio do *Chronic Respiratory Questionnaire* (CRQ), um instrumento específico utilizado para avaliar a qualidade de vida relacionada à saúde em pacientes com DPOC, ultrapassaram a menor diferença clinicamente relevante, que consiste em um aumento de 0.5 unidade para cada dimensão deste questionário.

Os efeitos do treinamento físico foram amplamente explorados em ensaios clínicos realizados em pacientes com DPOC<sup>18,19,20,22,23,24,25,26,27,28,29,30</sup>, entretanto, existe uma variação substancial na estrutura e duração dos programas de treinamento<sup>31</sup>.

As modalidades de exercício que são usualmente empregadas nos programas de reabilitação envolvendo pacientes com DPOC incluem o treinamento de *endurance* e/ou força dos membros inferiores<sup>11,12,13,16,31,32</sup>. O treinamento dos membros inferiores melhora o sintoma de dispnéia e a tolerância ao exercício e deve fazer parte dos programas de reabilitação para pacientes com DPOC<sup>12,17</sup>. Esta recomendação é proveniente de ensaios clínicos controlados bem conduzidos, caracterizando nível de evidência A<sup>17</sup>.

O treinamento de *endurance* na forma de exercícios em esteira ou bicicleta é a modalidade mais comumente usada nos programas de reabilitação<sup>11</sup>. Diversos ensaios clínicos aleatorizados, realizados em pacientes com DPOC, demonstraram que essa modalidade está associada a melhoras significativas da qualidade de vida relacionada à saúde<sup>19,25,28,29</sup>, do tempo de *endurance*<sup>19,20,25,29</sup>, da distância

caminhada em seis minutos<sup>19,25,29,33</sup> e da ventilação pulmonar para uma dada carga de trabalho<sup>18,19,20,25,27,28,30</sup>. Entretanto, os resultados relacionados ao consumo máximo de oxigênio e à carga máxima alcançada em teste incremental mostraram-se variados, pois enquanto alguns estudos encontraram aumento significativo destas variáveis após treino de *endurance*<sup>18,20,25,27,29,30,33</sup>, outros trabalhos não observaram significância estatística<sup>19,28</sup>.

O treinamento de força tem potencial para melhorar a força e a massa dos músculos periféricos<sup>17,28,29</sup>, dois aspectos da função muscular que apresentam ganhos modestos com o treinamento de *endurance*<sup>13</sup>. Em metanálise realizada por Puhan *et al.*<sup>31</sup>, o treino de força produziu aumento significativo no escore total do CRQ quando comparado ao treinamento de *endurance*. Entretanto, os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas na qualidade de vida relacionada à saúde e na capacidade de exercício, mensurada pelo teste de caminhada de seis minutos e pelos testes incremental e de carga constante, em ensaios clínicos que compararam o treino de *endurance* com o treino de *endurance* associado ao treino de força. Dessa forma, o papel do acréscimo dos exercícios de força ao treino de *endurance* mostra-se pouco claro e precisa ser elucidado em investigações adicionais.

O treinamento de *endurance* dos membros inferiores pode ser realizado em altas ou baixas intensidades, com o treinamento de alta intensidade usualmente definido, em Reabilitação Pulmonar, como o exercício a 60% ou mais da carga de trabalho máxima<sup>11,12,34</sup>, embora não exista um consenso em relação aos limites superior ou inferior para essa definição<sup>34</sup>. O exercício de alta intensidade parece produzir maiores benefícios fisiológicos<sup>17,27,35,36</sup> e é freqüentemente adotado nos programas

de treinamento. Entretanto, o treino de baixa intensidade também se mostrou efetivo para produzir mudanças na capacidade de exercício e na qualidade de vida relacionada à saúde, o que deve ser considerado para aqueles pacientes que não conseguem alcançar um nível de intensidade mais alto<sup>13,16,36,37,38</sup>. É geralmente recomendado que cada sessão do treino de *endurance* seja contínua e tenha duração entre 20 e 30 minutos<sup>11,16</sup> e que o treinamento seja realizado pelo menos três vezes por semana<sup>13</sup>. Entretanto, nos pacientes mais sintomáticos, o treino intervalar (que consiste na substituição de uma sessão de exercício mais longa por sessões menores separadas por períodos de repouso ou por exercício de baixa intensidade) pode ser útil na promoção de níveis mais altos de intensidade de treinamento<sup>13</sup>.

Apesar de já ter sido demonstrado que o treinamento de *endurance* dos membros inferiores em pacientes com DPOC resulta em melhora da capacidade de exercício, da dispnéia aos esforços e da qualidade de vida relacionada à saúde<sup>13,16,21</sup>, a duração mínima dos programas de treinamento não está estabelecida e foi pouco investigada<sup>12,13,16,21,23,24,39</sup>. Nas diretrizes sobre reabilitação pulmonar, as recomendações gerais sobre a duração mínima dos programas de reabilitação variam consideravelmente, oscilando entre quatro e 12 semanas<sup>1,13,16,17</sup>. Acredita-se que programas mais longos produzem resultados mais efetivos<sup>1</sup>, entretanto, o potencial para alcançar maiores ganhos com um tratamento de longa duração deve ser pesado contra as questões de adesão e os custos relacionados<sup>12</sup>.

Green *et al.*<sup>23</sup> verificaram que pacientes com DPOC (n=44) submetidos a programa de reabilitação com duração de sete semanas (n=21), que incluía caminhada,

exercícios de fortalecimento e mobilidade geral duas vezes por semana, não mostraram diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito à melhora da capacidade de exercício, mensurada pelo *incremental shuttle walking test* e pelo teste de *endurance* em esteira, em relação àqueles pacientes que realizaram apenas quatro semanas de tratamento (n=23). Entretanto, as diferenças entre os dois grupos foram estatisticamente e clinicamente significativas para o escore total do CRQ, bem como para os domínios dispnéia, emoção e auto-governo deste questionário, sendo que o grupo submetido ao programa de sete semanas apresentou ganho significativamente maior para esses desfechos. Os autores destacaram que seria interessante prolongar o período de follow-up do estudo para verificar se as melhoras obtidas se sustentariam por um período comparável nos dois grupos estudados.

Nesse sentido, Sewell *et al.*<sup>40</sup>, do mesmo grupo de pesquisa do estudo anterior, compararam os efeitos decorrentes de um programa de reabilitação de quatro (n=41) e de sete semanas de duração (n=41) em pacientes com DPOC, em diferentes momentos no tempo: ao término de cada programa, na sétima semana, e seis meses após a finalização dos mesmos. Os participantes do estudo realizaram treinamento em cicloergômetro e caminhada, bem como treinamento de força, uma vez por semana sob supervisão profissional em um hospital, e nos demais dias da semana foram instruídos a realizar os exercícios em casa. Os grupos apresentaram ganhos similares na capacidade de exercício determinada pelo *incremental shuttle walking test*, entretanto, na avaliação realizada na sétima semana, o grupo submetido a quatro semanas de tratamento alcançou melhora significativamente maior no *endurance shuttle walking test*. No que diz respeito à qualidade de vida relacionada à saúde, avaliada pelo CRQ, não houve diferenças estatisticamente ou

cl clinicamente significativas entre os grupos nas avaliações realizadas na sétima semana e no sexto mês após o término do treinamento. Os autores destacaram que programas de curta duração podem tornar o uso dos recursos mais efetivos e resultariam em oferta destes programas para um maior número de pacientes.

As diferenças observadas nos resultados encontrados por Green *et al.*<sup>23</sup> e Sewell *et al.*<sup>40</sup> podem ser atribuídas ao fato dos participantes do último estudo terem sido submetidos a um programa de intensidade mais elevada e durante maior número de dias da semana. Os estudos também diferiram em relação ao local de realização da intervenção. No estudo de Green *et al.*<sup>23</sup>, os participantes apenas realizaram treinamento em um hospital sob supervisão; já no estudo de Sewell *et al.*<sup>40</sup> os pacientes foram instruídos a realizar treinamento diário em casa, além do treino em um hospital realizado uma vez por semana sob supervisão. Adicionalmente, o número de pacientes avaliados nos dois estudos também foi diferente, sendo que apenas Sewell *et al.*<sup>40</sup> relataram realização de cálculo amostral. Não foi possível verificar se a gravidade da DPOC interferiu nos resultados encontrados, uma vez que os autores de ambos os estudos não explicitaram o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) em porcentagem do valor previsto.

Rossi *et al.*<sup>24</sup> avaliaram pacientes com obstrução crônica ao fluxo aéreo, incluindo asmáticos (n=7) e pacientes com DPOC (n=18) leve a grave, segundo classificação da *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD)*<sup>1</sup>, após a realização de 10 e 20 sessões consecutivas, incluindo treinamento de *endurance* e fortalecimento, durante três vezes por semana. Ao comparar os resultados relacionados à capacidade de

exercício e à qualidade de vida relacionada à saúde observados após a 10<sup>a</sup> e 20<sup>a</sup> sessões, os autores verificaram que os participantes do estudo apresentaram ganhos significativamente maiores na distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos e nos escores total e nos domínios atividade e sintomas do *St. George's Respiratory Questionnaire*, questionário específico utilizado para avaliação da qualidade de vida, após 20 sessões. Adicionalmente, os autores observaram que a porcentagem de pacientes que demonstrou melhora clinicamente relevante foi significativamente maior após 20 sessões de treinamento, sugerindo que quanto maior a duração do programa, mais alto é o número de pacientes que podem realmente se beneficiar do mesmo. É válido destacar que, contrariamente aos estudos de Green *et al.*<sup>23</sup> e Sewell *et al.*<sup>40</sup>, não houve alocação aleatória e foram avaliados pacientes com diferentes diagnósticos (asma e DPOC) e nível de gravidade, o que pode comprometer a validade interna do estudo de Rossi *et al.*<sup>24</sup>. Adicionalmente, os autores do estudo não mencionaram a realização de cálculo amostral.

Outros autores<sup>41,42,43</sup> demonstraram que programas de reabilitação de três a quatro semanas de duração que incluíam treinamento de *endurance*, no caso dos três estudos, e treinamento de força, como nos estudos de Skumlien *et al.*<sup>41</sup> e Miyahara *et al.*<sup>42</sup>, foram capazes de produzir efeitos significativos, clinicamente e estatisticamente, na capacidade de exercício e na qualidade de vida relacionada à saúde.

Berry *et al.*<sup>44</sup> compararam os efeitos de um programa de treinamento de três meses (n=56) e 18 meses (n=62) de duração em pacientes com DPOC moderada a grave, segundo classificação da GOLD<sup>1</sup>. O programa consistiu de treino de *endurance* em



esteira durante 30 minutos, com manutenção dos escores da escala de Borg entre três e quatro, e fortalecimento de músculos dos membros superiores. Os autores verificaram que 18 meses após o início do estudo, o grupo submetido ao programa de maior duração relatou menor incapacidade (12%;  $p=0.016$ ), avaliada por meio do questionário *Self-reported Physical Disability* e caminhou uma distância 6% maior no teste de caminhada de seis minutos ( $p=0.03$ ). Os autores consideraram modestas as melhoras observadas no grupo submetido ao programa de 18 meses e justificaram que tais resultados podem ser atribuídos ao treinamento de baixa intensidade realizado, bem como ao fato da intervenção do estudo ter sido focada no treinamento com exercício, ao contrário dos estudos que realizaram reabilitação pulmonar multidimensional e que, por esta razão, observaram maiores ganhos. Berry *et al.*<sup>44</sup> recomendaram a realização de treinamento de longa duração para manutenção das melhoras obtidas nos programas de reabilitação de menor duração.

É importante destacar que os estudos que compararam programas de reabilitação de diferentes durações apresentaram diferenças metodológicas importantes no que diz respeito ao delineamento e aos componentes dos programas de reabilitação, sendo que a maioria destes foram multidimensionais, incluindo treinamento de *endurance* dos membros superiores, educação e aconselhamento nutricional, e não avaliaram isoladamente o efeito do treinamento de *endurance* dos membros inferiores. Além disso, houve uma variação importante da intensidade do treinamento, bem como dos parâmetros usados para determinar tal intensidade, do número de sessões realizadas por semana e dos desfechos avaliados.

## 1.1 Justificativa do estudo

A DPOC é uma importante causa de morbidade e mortalidade em todo mundo, produzindo um grande impacto sócio-econômico para o paciente e para a sociedade. A intolerância ao exercício é uma das manifestações mais preocupantes da doença e a inatividade resultante está associada a um descondicionamento progressivo. Isso torna o treinamento físico um componente essencial dos programas de reabilitação pulmonar. Vários ensaios clínicos demonstraram que o treinamento físico resulta em melhora da capacidade de exercício e da qualidade de vida relacionada à saúde, entretanto, poucos estudos investigaram o tempo mínimo necessário para obtenção de efeitos terapêuticos desses programas de treinamento. A maioria dos ensaios que investigaram a duração mínima do treinamento em pacientes com DPOC realizou programas de reabilitação que integravam exercício, educação, instruções para o cuidado respiratório e suporte psicossocial. Desta forma, o efeito independente do treinamento físico dos membros inferiores sobre a capacidade de exercício desses pacientes, ao longo do tempo, foi pouco explorado.

## 1.2 Objetivos do estudo

Documentar longitudinalmente os efeitos provenientes de um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores em paciente com DPOC, identificando o tempo mínimo necessário para que ocorram mudanças na capacidade de exercício e se elas se estabilizam no período de treinamento realizado.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Tipo de estudo

Estudo experimental de caso único com uma fase de *baseline* (A) e uma fase de intervenção (B). Este tipo de estudo caracteriza-se por mensurações repetidas e sistemáticas de uma ou mais variáveis dependentes, durante uma fase de *baseline* (A) e uma fase de intervenção (B), em indivíduos ou grupos<sup>45,46</sup>. As exigências básicas para realização dos estudos experimentais de caso único consistem em (1) avaliação contínua da performance dos indivíduos ao longo do tempo; (2) avaliação durante uma fase de *baseline*, para obtenção de informações sobre o comportamento alvo antes do início da intervenção; e (3) estabilidade da performance, principalmente durante o *baseline*, para que seja possível prever o comportamento futuro dos sujeitos na ausência de um tratamento<sup>47</sup>. Segundo Kazdin<sup>47</sup>, o estudo experimental de caso único é uma ferramenta metodológica importante para avaliação de várias questões de pesquisa em diferentes áreas, incluindo a reabilitação, e não deve ser usado como simples alternativa para substituir os desenhos de pesquisa mais comumente realizados e aceitos.

### 2.2 Local de realização

O estudo foi realizado no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório (LabCare) do Departamento de Fisioterapia e Terapia Ocupacional, da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

## 2.3 Amostra

### 2.3.1 Participante

Participou deste estudo um paciente com diagnóstico de DPOC, que foi recrutado do Serviço Especial de Diagnóstico e Tratamento (SEDТ) de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas da UFMG.

### 2.3.2 Critérios de inclusão

- Diagnóstico de DPOC moderada ou grave confirmado por prova de função pulmonar, conforme critérios da *GOLD*<sup>1</sup>: razão entre VEF<sub>1</sub> e capacidade vital forçada (CVF) inferior a 0,70 e 50% ≤ VEF<sub>1</sub> < 80% do valor previsto pós prova broncodilatadora para DPOC moderada ou 30% ≤ VEF<sub>1</sub> < 50% do valor previsto pós prova broncodilatadora para DPOC grave. Além disso, o participante deveria apresentar prova broncodilatadora negativa, definida como aumento do VEF<sub>1</sub> inferior a 12% e menor que 200 ml<sup>48</sup>.
- Apresentar idade entre 60 e 75 anos.
- Ter abandonado o hábito de fumar por no mínimo 3 meses<sup>19</sup>.
- Estar em acompanhamento clínico regular.
- Apresentar estabilidade clínica (sem hospitalização ou exacerbação do quadro por no mínimo 2 meses)<sup>49</sup>.
- Não apresentar índice de massa corporal (IMC) menor que 18,5 ou acima de 24,9 Kg/m<sup>2</sup><sup>50</sup>.

- Não apresentar condições que colocassem o paciente em risco durante os testes ou programa de treinamento, dentre elas<sup>13,16,51</sup>:

- angina instável;

- história de infarto do miocárdio;

- história de trombose dos membros inferiores;

- arritmias não controladas;

- hipertensão arterial grave não tratada, com pressão arterial sistólica superior a 200 mmHg e diastólica superior a 120 mmHg no repouso;

Todas essas condições foram asseguradas pelo pneumologista responsável pelo encaminhamento do paciente.

- Não necessitar de uso de oxigênio suplementar em repouso.

- Não apresentar condições que pudessem interferir na realização dos testes ou do programa de treinamento, como desordens musculares e ortopédicas<sup>11,16</sup>.

- Não realizar atividade física de intensidade moderada por no mínimo 30 minutos na maioria dos dias da semana<sup>52</sup>, incluindo a participação em programa de reabilitação.

- Não apresentar doenças respiratórias associadas, como asma, bronquiectasia, tuberculose pulmonar, e metabólicas, como diabetes mellitus e insuficiência renal.

- Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE 1).

### **2.3.3 Critérios de exclusão**

- Ter necessidade de uso de oxigênio suplementar durante o teste de esforço cardiopulmonar, devido à inabilidade do sistema de análise de gases de medir o

consumo de oxigênio quando há frações inspiratórias de oxigênio superiores a 21%<sup>53</sup>.

- Ser incapaz de compreender e/ou realizar algum procedimento.
- Apresentar adesão ao programa de treinamento inferior a 80%, sendo a adesão definida pelo número de sessões que o paciente compareceu dividido pelo número de sessões prescritas, e expressa em porcentagem<sup>44</sup>.

## **2.4 Aspectos éticos**

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (Parecer nº ETIC 0401/06, que se encontra no ANEXO 1) e o participante assinou o TCLE.

## **2.5 Instrumentos de Medida**

### **2.5.1 Teste de esforço cardiopulmonar (ou ergoespirometria)**

É um procedimento utilizado para avaliação do desempenho físico ou da capacidade funcional de pacientes e atletas com comprometimento cardiovascular e/ou pulmonar<sup>51,54</sup>. Ele fornece informação específica sobre a função de cada um dos diferentes órgãos e sistemas (pulmonar, cardiovascular, músculoesquelético) envolvidos na resposta ao exercício<sup>51,55</sup>.

O termo ergoespirometria foi introduzido em 1929 quando Knipping uniu os elementos de avaliação cardiovasculares e ventilatórios em condição de esforço<sup>56</sup>.

Até meados da década de 70, a mensuração das variáveis respiratórias e metabólicas durante o exercício foi realizada por meio da utilização dos chamados circuitos ou sistemas fechados, em que a amostragem dos gases expirados era obtida dentro de bolsas ou sacos por meio de uma válvula bidirecional. Embora esses sistemas fossem potencialmente muito confiáveis, e eles atualmente continuam sendo usados como método padrão-ouro para estudos de validação, eles impediam a observação de modificações rápidas, em tempos determinados, do consumo de oxigênio; e a acurácia de suas medidas era altamente dependente da habilidade técnica do operador<sup>51,54,57</sup>. Com as inovações tecnológicas, foram introduzidos numerosos dispositivos eletrônicos, tais como analisadores de gases de resposta rápida, e uma variedade de transdutores de fluxo que poderiam ser integrados a um computador para produzir um sistema metabólico aberto de análise de gases, com registro automático dos dados<sup>57</sup>.

O teste de esforço cardiopulmonar envolve a análise dos gases expirados por meio de um sistema metabólico de análise de gases em adição ao monitoramento eletrocardiográfico e à mensuração da saturação periférica da hemoglobina em oxigênio (SpO<sub>2</sub>) e da pressão arterial (PA)<sup>51,58</sup>, tipicamente realizados durante teste progressivo máximo limitado por sintomas, em cicloergômetro ou esteira<sup>51</sup>. Para propósitos clínicos, o cicloergômetro é o modo de teste preferido por diversas razões, dentre elas a quantificação direta da carga de trabalho, o menor artefato (ruído) no eletrocardiograma, o menor custo e a maior segurança. Entretanto, o consumo de oxigênio máximo alcançado é usualmente 5 a 11% menor do que na esteira<sup>55</sup>.

A ergoespirometria é clinicamente útil na avaliação de pacientes com DPOC, sendo sua realização importante antes do início do programa de exercício para determinação da segurança e para otimização da intensidade do treinamento, mostrando-se reprodutível após o programa de reabilitação para documentar a melhora da capacidade de exercício e para refinar os níveis de treinamento<sup>51,55</sup>. O sistema utilizado neste estudo mostrou-se válido e confiável para avaliação do consumo de oxigênio em adultos jovens saudáveis durante um teste submáximo em cicloergômetro<sup>59</sup> e foi também utilizado para avaliação da tolerância ao exercício em pacientes com DPOC, antes e após programa de treinamento físico<sup>38</sup>.

A realização do teste de esforço cardiopulmonar deve respeitar algumas premissas básicas, como ambiente adequado, equipamento básico, pessoal treinado e preparo e orientação do paciente<sup>60,61</sup>. É fundamental que exista pessoal treinado para atuar em situações de emergência e que equipamentos de emergência, como desfibrilador e medicamentos, estejam disponíveis<sup>60,61,62</sup>. A sala para realização do exame deve ter dimensão suficiente para acomodação da aparelhagem necessária e para permitir a circulação de pelo menos três pessoas. O laboratório deve ser bem iluminado, limpo e com controle da temperatura ambiente ( $22^{\circ}\text{C}\pm 2$ ) e umidade relativa do ar (entre 50 e 70%)<sup>60,62</sup>. A pressão barométrica também deve ser registrada<sup>60</sup> e o paciente deve ser aconselhado a usar roupas e sapatos confortáveis, a aderir ao seu regime de medicação usual, a comer uma refeição leve cerca de duas horas antes de chegar ao local, a evitar cigarros e café por pelo menos duas horas<sup>63</sup> e a não realizar exercício vigoroso nas últimas 24 horas<sup>54</sup>.



No presente estudo, foi utilizado o sistema metabólico automático de análise de gases respiração-a-respiração da *Medical Graphics® (CPX Ultima, Miami, FL, USA)* ligado a um computador (*Pentium 4*), ilustrado na FIG. 1. Este sistema mede o fluxo de ar continuamente e, simultaneamente, determina as concentrações do dióxido de carbono e do oxigênio expirados<sup>63</sup>. Cada respiração é fracionada em um grande número de partes, tipicamente com cada parte tendo uma duração de 10 milissegundos, e o consumo de oxigênio e a produção de dióxido carbono são calculados para cada intervalo. Estas medidas são somadas ao longo de toda expiração para computar o oxigênio ( $O_2$ ) consumido e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ) produzido por respiração<sup>51</sup>.

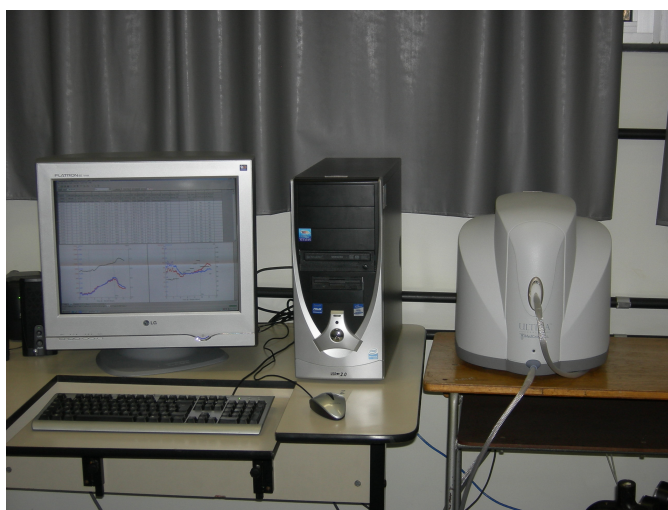


FIGURA 1 - Sistema metabólico automático de análise de gases (*Medical Graphics® CPX Ultima, Miami, FL, USA*) ligado a um computador (*Pentium 4*)

Os componentes básicos do *CPX Ultima* são uma máscara facial ou bucal, transdutor de fluxo, uma linha de amostragem, uma linha de secagem, uma bomba de amostragem e analisadores de  $O_2$  e de  $CO_2$ . A FIG. 2 ilustra alguns dos componentes do sistema de análise de gases empregado neste estudo.

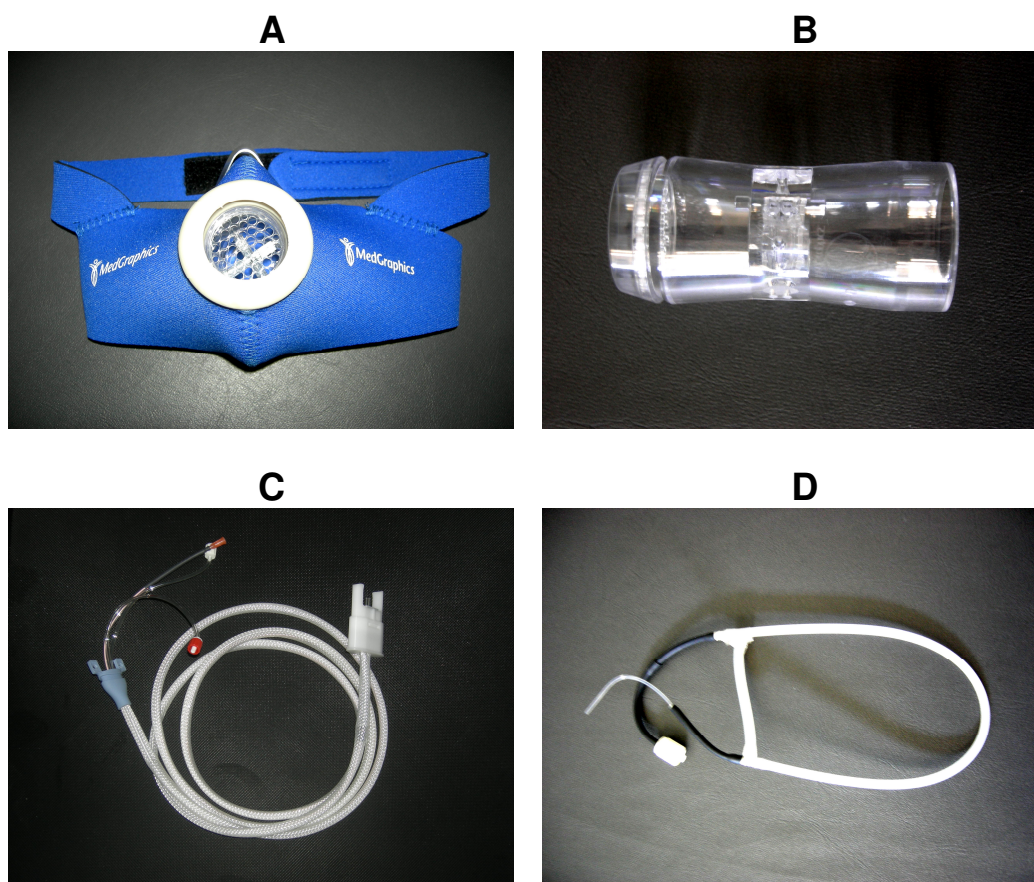


FIGURA 2 – Alguns componentes do sistema de análise de gases: A – Máscara facial; B – Transdutor de fluxo; C – Linha de amostragem com *clip* umbilical; D – Linha de secagem

O transdutor de fluxo ou pneumotacógrafo gera um sinal que é proporcional ao fluxo de gás, o qual é integrado ao longo do tempo para produzir um volume de gás. O pneumotacógrafo do *CPX Ultima* consiste em um dispositivo pressão-diferencial, o qual possui um pequeno elemento resistivo dentro de um tubo que gera uma pequena queda de pressão quando o gás passa através dele<sup>57</sup>. Valores acurados para os parâmetros ventilatórios e metabólicos dependem fundamentalmente da acurácia do transdutor de fluxo. Por esta razão, a calibração deste dispositivo é essencial<sup>51</sup>. Neste estudo, a calibração do pneumotacógrafo foi realizada por meio

do *software BreezeSuite* versão 6.2, com a utilização de uma seringa de três litros (*Hans Rudolph, St Paul, MN, USA*) e com ajuste dos dados de temperatura, umidade e pressão. Foram realizadas cinco injeções e cinco retiradas do êmbolo da seringa em diferentes velocidades (alta, média e baixa), utilizando os marcadores da tela de calibração do *software* como orientação. A calibração foi considerada bem sucedida se a porcentagem de erro fosse inferior a 3% ou 50 ml. Uma tela ilustrativa de uma calibração do pneumotacógrafo é mostrada no APÊNDICE 2.

A análise do O<sub>2</sub> foi realizada por meio de uma célula galvânica eletroquímica, consistindo de um eletrólito de óxido de zircônia, estabilizada com cálcio, com eletrodos de platina porosos. Em uma temperatura de 750 a 850°C, o eletrólito age como uma membrana semipermeável, que é seletiva aos íons oxigênio. A determinação do consumo de oxigênio é fundamentada na equação de Nernst, a qual é baseada no logaritmo da pressão parcial do oxigênio nos gases de referência e de calibração. A análise do CO<sub>2</sub> foi realizada pelo princípio de absorção infravermelha pelo CO<sub>2</sub>. O *CPX Ultima* possui um sistema infravermelho não dispersivo, no qual dois feixes de radiação infravermelha são enviados através de uma célula de referência e uma célula de amostra paralela contendo o gás teste em uma taxa de fluxo constante. Os dois feixes são interrompidos quando alcançam o detector, fornecendo um sinal oscilante. A magnitude das oscilações é proporcional às diferenças de concentração do gás de teste e do gás de referência<sup>57</sup>.

A confiança nos valores obtidos para as variáveis metabólicas depende fortemente da calibração dos analisadores de gases<sup>51</sup>. Neste estudo, a calibração destes analisadores foi realizada antes de cada coleta por meio do *software BreezeSuite*

versão 6.2, após ligar a bomba de amostragem, e pela utilização do gás de referência, com cerca de 21% de O<sub>2</sub> e 0% de CO<sub>2</sub> balanceado em nitrogênio, e do gás de calibração, com cerca de 12% de O<sub>2</sub> e 5% de CO<sub>2</sub> balanceado em nitrogênio. Os valores de temperatura, umidade e pressão barométrica também foram informados antes deste procedimento de calibração. Uma tela ilustrativa de uma calibração bem sucedida dos analisadores de gases é mostrada no APÊNDICE 2.

A partir do transdutor de fluxo e analisadores de gases, o sistema de análise empregado neste estudo fornece um grande número de variáveis metabólicas e ventilatórias. Dentre elas, as variáveis abaixo são consideradas “puras”:

- VO<sub>2</sub>: Volume de O<sub>2</sub> consumido por minuto (ml/min);
- VCO<sub>2</sub>: Volume de CO<sub>2</sub> produzido por minuto (ml/min);
- VE: Ventilação minuto (l/min). Representa o produto do volume corrente (VC) pela frequência respiratória (FR).

Além disso, outras variáveis podem ser obtidas por meio dos demais dispositivos empregados no teste de esforço cardiopulmonar, como, por exemplo, a frequência cardíaca (FC), a SpO<sub>2</sub>, e a PA, dentre outras. No APÊNDICE 3, é ilustrada a variedade de parâmetros que pode ser obtida, de forma não-invasiva, durante a ergoespirometria. No APÊNDICE 4, está disponibilizado o passo a passo desenvolvido para a realização do teste.

### 2.5.2 Cicloergômetro

O cicloergômetro (*Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany*) foi utilizado para realização do teste incremental máximo limitado por sintomas, para obtenção da variável carga de trabalho, fornecida em watts. Além disso, um cicloergômetro do mesmo modelo foi usado durante o treinamento do participante do estudo. A FIGURA 3 ilustra um indivíduo durante teste incremental.

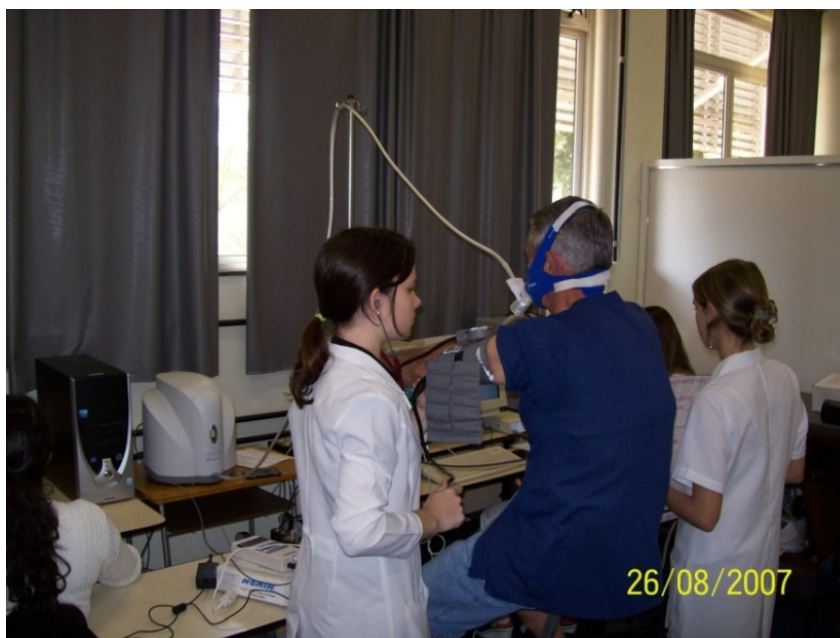


FIGURA 3 – Ilustração de um teste incremental máximo limitado por sintomas em cicloergômetro (*Ergo Cycle167, Pirmasens, Germany*)

### 2.5.3 Balança calibrada

A balança calibrada (Filizola ind. Ltda, São Paulo, SP, Brasil) foi utilizada para aferir massa corporal e estatura do participante, para o cálculo do IMC. O IMC é calculado pela divisão da massa pela altura ao quadrado ( $\text{Kg/m}^2$ ).

#### **2.5.4 Oximetria de pulso**

O oxímetro de pulso é um equipamento portátil utilizado para medida da SpO<sub>2</sub>, de maneira contínua e não invasiva. Em relação à acurácia da medida, existe uma variação em torno de 3% em indivíduos saudáveis com saturação da hemoglobina em oxigênio no sangue arterial (SaO<sub>2</sub>) acima de 90%<sup>64</sup>. Uma correlação de alta magnitude ( $r=0.98$ ,  $p<0.0001$ ) foi demonstrada entre a saturação de oxigênio da hemoglobina medida por meio da gasometria e da oximetria de pulso em indivíduos saudáveis apresentando SaO<sub>2</sub> entre 70 e 100%<sup>65</sup>. No presente estudo, foram utilizados dois oxímetros de pulso: um para mensuração da saturação durante os testes incrementais máximos (*Mediaid Model 340, Cerritos, CA, USA*) e outro para o monitoramento deste parâmetro durante o programa de treinamento (*Datex-Ohmeda, Lousiville, CO, USA*).

#### **2.5.5 Esfigmomanômetro e estetoscópio**

O esfigmomanômetro (Diasyst®, São José dos Campos, SP, Brasil) e o estetoscópio (*Littmann Classic 2, St. Paul, MN, USA*) foram utilizados para aferição da PA no repouso e durante o teste incremental e o treinamento físico.

#### **2.5.6 Eletrocardiograma**

O eletrocardiógrafo (*Welch Allyn, Skaneateles Falls, NY, EUA*) com 12 derivações foi utilizado para monitorização dos participantes do estudo durante o teste incremental máximo limitado por sintomas. A visualização dos sinais eletrocardiográficos foi

realizada por meio do *software Welch Allyn CardioPerfect* no mesmo computador usado para o sistema de análise de gases.

### **2.5.7 Escala de Borg modificada**

O nível de cansaço experimentado durante o exercício pode ser avaliado por escalas próprias de percepção do esforço. Uma das mais comumente utilizadas é a escala de Borg, que foi construída por Borg em 1970 e modificada também por ele em 1980. A escala de Borg modificada consiste em uma escala vertical graduada de 0 a 10, com expressões verbais correspondentes a um aumento progressivo do nível de percepção do esforço, dispnéia ou fadiga dos membros inferiores (BORG, 1982)<sup>66</sup>. Nesta escala, o número 10 corresponde a um nível de exercício “extremamente forte” e o símbolo “●” representa o nível mais elevado de esforço possível<sup>67</sup>. A escala é válida e confiável, podendo ser aplicada a pacientes com disfunções cardiorrespiratórias para determinação da dispnéia<sup>68</sup>. Esta escala foi utilizada para a avaliação da percepção do esforço durante o teste incremental e o programa de exercício.

A FIG. 4, que se encontra na próxima página, ilustra os equipamentos utilizados para monitorização e avaliação dos participantes durante o teste incremental máximo limitado por sintomas.

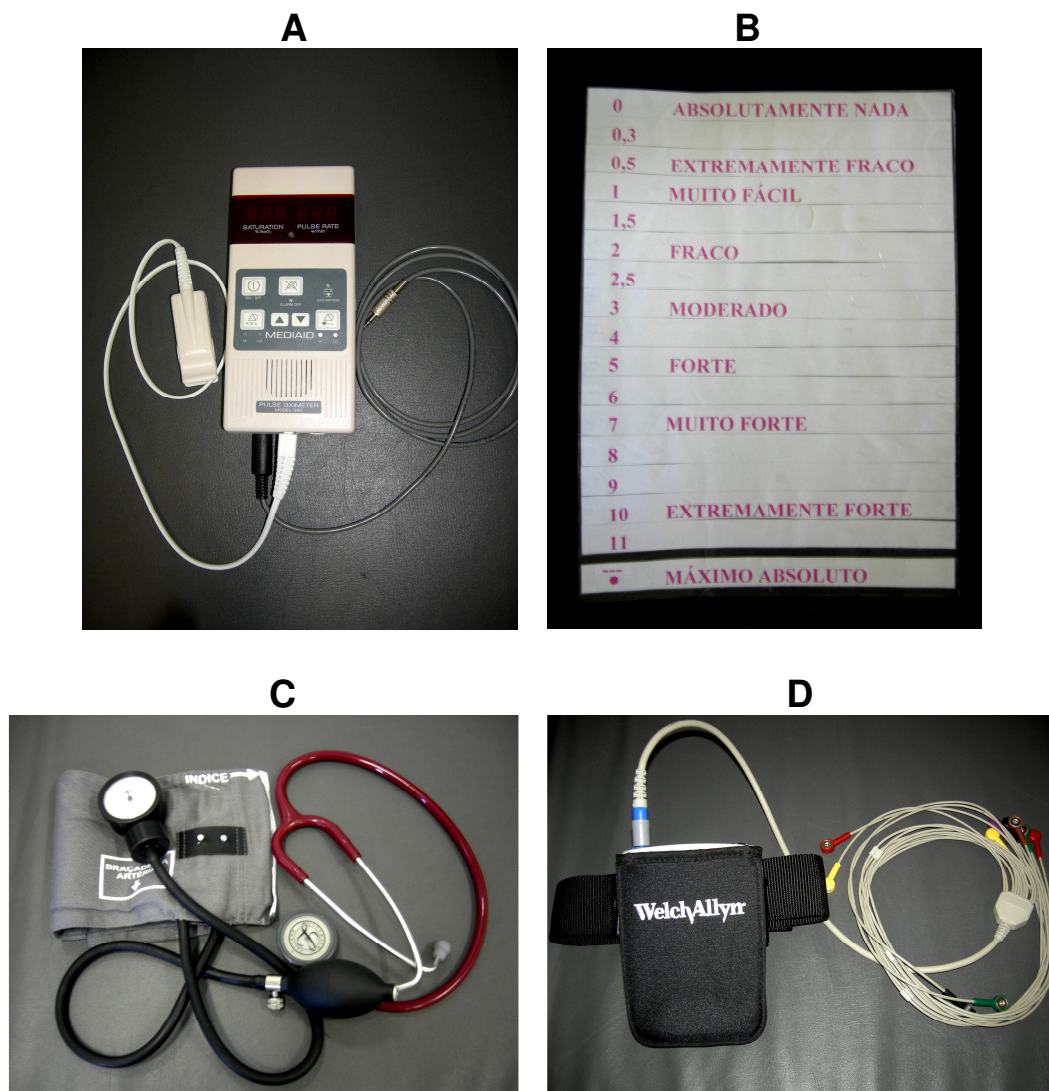


FIGURA 4 - Equipamentos utilizados para monitorização do participante durante o teste incremental máximo limitado por sintomas: A – Oxímetro de pulso; B – Escala de Borg modificada; C - Esfigmomanômetro e estetoscópio; D – Eletrocardiógrafo.

### 2.5.8 Perfil de Atividade Humana (PAH)

Consiste em um questionário de 94 itens destinado à avaliação do nível de atividade física de indivíduos saudáveis, em qualquer faixa etária, e de indivíduos com algum grau de disfunção. Foi originalmente desenvolvido para avaliação de



pacientes com DPOC submetidos a programas de reabilitação pulmonar. Os itens do questionário representam atividades comuns que as pessoas realizam em suas vidas diárias e estão dispostos de acordo com o custo energético da atividade: os itens de menor numeração demandam menor gasto energético e os de numeração mais alta maior gasto energético. Para cada um deles existem três possíveis respostas: “ainda faço”, “parei de fazer” ou “nunca fiz”. Com base em cada resposta, calculam-se os escores primários, sendo estes, o escore máximo de atividade (EMA) e o escore ajustado de atividade (EAA). O EMA corresponde à numeração da atividade com a mais alta demanda de oxigênio que o indivíduo “ainda faz, não sendo necessário cálculo matemático. O EAA é calculado subtraindo-se do EMA o número de itens que o indivíduo “parou de fazer”, anteriores ao último que ele “ainda faz”. Com base no escore EAA, o indivíduo é classificado como debilitado ou inativo ( $EAA < 53$ ), moderadamente ativo ( $EAA$  entre 53 e 74) ou ativo ( $EAA > 74$ )<sup>69</sup>.

Souza *et al.*<sup>70</sup> realizaram a adaptação transcultural do instrumento e avaliaram suas propriedades psicométricas em uma amostra de 230 idosos funcionalmente independentes e observaram que a versão brasileira do PAH, devido às características dos itens que o constituem, pode ser aplicada em indivíduos com níveis funcionais diferentes, desde muito baixos até muito altos, sem risco de “efeito teto”. Além disso, as autoras verificaram que o questionário demonstrou estabilidade nas respostas e permitiu a discriminação entre diferentes níveis de habilidade funcional.

O questionário Perfil de Atividade Humana, que se encontra no ANEXO 2, foi utilizado para avaliar o nível de atividade física do participante no início do estudo.

## 2. 6 Variáveis

As variáveis obtidas no pico do exercício foram denominadas “pico” e as variáveis obtidas para uma mesma carga de trabalho foram denominadas “isocarga”. As seguintes variáveis foram consideradas desfechos primários deste estudo:

### 2.6.1 Carga de trabalho (W) pico

A carga de trabalho pico representa o valor da maior carga atingida em um teste incremental máximo, refletindo tolerância ao exercício<sup>20</sup>. Alguns ensaios clínicos realizados em pacientes com DPOC mostraram aumento significativo desta variável após programa de reabilitação<sup>18,20,25,26,29,30,33</sup>. O valor encontrado para esta variável foi fornecido em watts e a média dos valores obtidos na fase de *baseline* foi comparada com o valor previsto por Neder *et al.*<sup>71</sup>.

### 2.6.2 VO<sub>2</sub> máximo ou pico e VO<sub>2</sub> isocarga

O VO<sub>2</sub> máximo é considerado o melhor índice para avaliação da capacidade aeróbia, representando o nível máximo alcançável do metabolismo oxidativo envolvendo grandes grupos musculares<sup>51,55</sup>. Normalmente, o consumo de oxigênio aumenta linearmente com a carga de trabalho e o alcance de um platô claro é tradicionalmente usado como a melhor evidência do VO<sub>2</sub> máximo. Porém, em situações de teste clínico, este platô pode não ser atingido por limitações dos sintomas decorrentes do exercício físico. Conseqüentemente, o VO<sub>2</sub> pico é usado como estimativa do VO<sub>2</sub> máximo. Isso ocorre freqüentemente em pacientes com DPOC<sup>51</sup>. Admite - se que o VO<sub>2</sub> máximo é atingido quando o indivíduo satisfizer pelo menos três dos seguintes critérios: razão de troca respiratória (R) superior a 1.1; estabilidade do VO<sub>2</sub>, apesar do aumento na intensidade do exercício; alcance da FC

máxima prevista para idade e inabilidade para manter a freqüência de pedalagem requerida, apesar do esforço máximo e encorajamento verbal<sup>43</sup>. Estudos mostraram boa reprodutibilidade desta medida em pacientes com DPOC, com coeficientes de variação em torno de 10% considerados aceitáveis<sup>57,72,73,74</sup>. A média dos valores encontrados para  $VO_2$  máximo ou pico durante a fase de *baseline* também foi comparada com o valor previsto por Neder *et al.*<sup>71</sup>.

O  $VO_2$  isocarga consiste na determinação do volume de  $O_2$  consumido para uma mesma carga de trabalho em um teste incremental máximo em cicloergômetro e foi avaliado em alguns estudos que verificaram o efeito do treinamento físico na capacidade de exercício de pacientes com DPOC<sup>18,20,27</sup>.

### **2.6.3 Ventilação minuto (VE) pico e Ventilação minuto isocarga (VE/W)**

O aumento da ventilação minuto durante o exercício é um dos meios primários pelo qual o sangue arterial regula os gases e o estado ácido-básico sob condições de demandas metabólicas aumentadas dos músculos em exercício. O aumento da VE com o exercício está associado com um aumento tanto da amplitude como da freqüência da respiração. Em indivíduos saudáveis, aumentos do VC são primariamente responsáveis por aumentos na ventilação durante níveis de exercício de baixa intensidade. Quando o exercício progride, ambos VC e FR aumentam até 70 a 80% do pico de exercício e, após esta intensidade, ocorre predomínio do aumento da FR<sup>51</sup>.

A VE/W consiste na determinação da ventilação pulmonar para uma mesma carga de trabalho em um teste incremental máximo em cicloergômetro. Casaburi *et al.*<sup>20</sup>

destacaram que as mudanças fisiológicas após treinamento físico são mais conclusivas em níveis idênticos de exercício. Eles verificaram uma diminuição da ventilação pulmonar para uma mesma carga de trabalho após treinamento de *endurance* de alta intensidade em pacientes com DPOC grave e atribuíram esse resultado principalmente à redução da razão entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente (VD/VC).

Dentro do contexto da VE, foi realizado cálculo para determinação da reserva ventilatória, com o objetivo de caracterização da amostra. Para isso, a razão entre a VE pico e a ventilação voluntária máxima (VE/VVM) foi determinada a partir da média dos valores de VE obtidos durante a fase *de baseline*. A determinação da reserva ventilatória corresponde a quão próximo a VE pico (demanda ventilatória) alcançada durante o exercício aproxima-se da ventilação voluntária máxima (VVM)<sup>51</sup>, podendo ser calculada pela divisão da VE pico pela VVM, sendo o valor encontrado multiplicado por 100. É aceitável que a variável VVM seja calculada de forma indireta, multiplicando – se o VEF<sub>1</sub> por um fator apropriado, que pode variar de 35 a 40<sup>51</sup>. Na literatura, estudos demonstraram que a VVM estimada por este método não diferiu, em média, daquela medida diretamente, em pacientes com DPOC<sup>75,76</sup>. No presente estudo, o VEF<sub>1</sub> foi multiplicado por um fator de correção de 37,5, conforme proposto por Neder *et al.*<sup>77</sup> para população brasileira. Pacientes com doenças pulmonares caracteristicamente possuem uma capacidade ventilatória reduzida e demanda ventilatória aumentada durante o exercício, resultando em redução da reserva ventilatória<sup>51</sup>. Valores de VE/VVM abaixo de 87% para homens e 77% para mulheres são considerados dentro do limite de normalidade<sup>77</sup>.

#### 2.6.4 Percepção do esforço pico e Percepção do esforço isocarga

O exercício físico é um estímulo para respostas fisiológicas e perceptuais<sup>51</sup> e pacientes com doenças respiratórias usualmente relatam a dispnéia e o desconforto dos membros inferiores como principais sintomas limitantes do exercício<sup>12,14</sup>. Esses sintomas podem ser reduzidos após programas de reabilitação<sup>21</sup> e estes achados ressaltam a necessidade de mensuração das respostas perceptuais durante o exercício. Neste estudo, a variável percepção do esforço foi considerada um somatório dos sintomas de dispnéia e desconforto dos membros inferiores, com a ocorrência ou não de predomínio de um em relação ao outro<sup>67</sup>. E o símbolo “●” foi representado numericamente como 12 na redução dos dados.

#### 2.6.5 Relação FC/FC máxima prevista isocarga

A relação FC/FC máxima prevista isocarga expressa a razão entre a FC atingida no teste incremental, para uma mesma carga de trabalho, e a FC máxima prevista para idade. Esta razão foi multiplicada por 100 para facilitar a análise e interpretação dos dados. Neste estudo, a FC máxima prevista para idade foi calculada por meio da fórmula  $[210 - (\text{idade} \times 0,65)]^{43,55}$ . Espera-se que com o treinamento de *endurance* ocorra uma diminuição da FC para um exercício submáximo, com essa resposta sendo particularmente evidente em indivíduos sedentários<sup>78</sup>. Essa resposta foi encontrada em pacientes com DPOC moderada a grave submetidos a treinamento de *endurance* em cicloergômetro<sup>19,27</sup>.

Outras variáveis obtidas durante o teste incremental máximo limitado por sintomas foram consideradas desfechos secundários:

- VC e FR pico e isocarga
- $VCO_2$  pico e isocarga
- Equivalentes ventilatórios para o  $O_2$  ( $VE/VO_2$ ) e o  $CO_2$  ( $VE/VCO_2$ ) isocarga
- Relação FC/FC máxima prevista pico
- $SpO_2$  pico e isocarga

Além disso, a evolução das variáveis percepção do esforço, relação FC/FC máxima prevista e tempo de pedalagem na carga alvo durante as sessões de treinamento foi descrita.

## 2.7 Protocolo Experimental

O participante do estudo foi avaliado em relação às variáveis de interesse durante duas fases: *baseline* (A) e intervenção (B). Na fase de *baseline*, as avaliações foram realizadas semanalmente por um período de seis semanas, tendo em vista que para julgar a estabilidade de uma resposta são necessários pelo menos cinco pontos de dados<sup>45</sup>. Na fase de intervenção, as avaliações foram realizadas quinzenalmente. Levando-se em consideração que a maioria dos estudos em pacientes com DPOC realizaram 12 semanas de treinamento de *endurance*<sup>16,25,28,29</sup>, especulou-se que seriam realizadas no mínimo 12 mensurações repetidas ao final do estudo, seis durante a fase A e seis durante a fase B. As avaliações foram realizadas sempre de manhã e por um investigador mascarado que não foi responsável pelo treinamento do participante.

Nos estudos experimentais de caso único, apesar do planejamento prévio da duração de cada uma das fases, é usualmente aconselhável prolongar as fases de *baseline* e de intervenção até que a estabilidade dos dados seja alcançada ou, pelo menos, até que se assegure que as respostas são verdadeiramente representativas da condição que está sendo estudada<sup>46</sup>.

### **2.7.1 Fase de *baseline***

No primeiro contato com o participante realizado por telefone, ele recebeu as orientações necessárias para realização da ergoespirometria. Na primeira avaliação, foram dadas informações sobre o projeto de pesquisa e sua altura e massa corporal foram aferidas, em balança calibrada, para determinação do IMC. Caso o IMC se apresentasse dentro dos valores adequados para inclusão no estudo e os demais critérios de inclusão fossem preenchidos, o participante foi solicitado a assinar o TCLE. Em seguida, ele respondeu a escala *Medical Research Council* (MRC) modificada, que se encontra ao final do Apêndice 5, para determinar o grau de dispnéia. A *MRC* modificada é uma escala de 5 pontos baseada nos graus de várias atividades físicas que precipitam dispnéia<sup>79</sup>. Esta escala ainda não foi validada para população brasileira, entretanto, foi amplamente utilizada em diversos estudos brasileiros para quantificação da dispnéia em diferentes populações<sup>80,81,82</sup>; e sua utilização na DPOC foi recomendada pelo II Consenso Brasileiro sobre DPOC<sup>2</sup>. Após a aplicação da escala, o participante respondeu o Perfil de Atividade Humana.

Na primeira avaliação também foram determinados o tamanho ideal da máscara para realização da ergoespirometria, bem como a altura ideal do banco do

cicloergômetro, de forma que os joelhos apresentassem um ângulo de flexão entre 150 e 170°<sup>83</sup>. As informações coletadas durante a primeira avaliação foram armazenadas em uma ficha (APÊNDICE 5).

Em todos os testes, foram realizadas medidas da PA, da FC e da FR em repouso e os participantes foram questionados sobre a presença de quaisquer sintomas, bem como sobre as medicações em uso. Além disso, foi realizada ausculta pulmonar e, caso o participante apresentasse ruídos adventícios que caracterizassem a presença de secreção, o mesmo poderia ser submetido à técnica para remoção de secreções após a realização do teste incremental. A pneumologista responsável foi contatada para que as medicações que estavam em uso pelo paciente fossem mantidas durante o período do estudo, caso isto não trouxesse qualquer prejuízo para o participante.

O laboratório foi preparado cerca de uma hora antes da realização do teste e a temperatura ambiente adequada ( $22.98 \pm 0,75^\circ$ ) foi obtida por meio de um ar condicionado (*Carrier, Arlington, VA, USA*). Antes de cada teste, para realização da calibração do pneumotacógrafo e dos analisadores de gases, a temperatura e a umidade relativa do ar foram verificadas por meio de um termohigrometro e a pressão barométrica foi verificada em um barômetro de Torricelli (*Incoterm, Porto Alegre, RS, Brasil*). A umidade relativa do ar durante os testes foi em média de 55.18 (7,52) % e a pressão barométrica de 692.54 (2.53) mmHg.

Antes da realização do primeiro teste incremental, o participante foi familiarizado com os equipamentos que seriam utilizados, especificamente com o cicloergômetro



e com a máscara facial, além de ser instruído em relação à escala de Borg (ANEXO 3) e ao protocolo de teste, sendo ressaltado que se tratava de um teste máximo. O participante foi instruído a levantar a mão esquerda para sinalização de qualquer sinal e/ou sintoma durante o teste e para interrupção do mesmo.

Após mensuração dos parâmetros de monitoramento (sintomas pré-teste, medicamentos em uso, PA, FC, FR, SpO<sub>2</sub> e ausculta pulmonar), os eletrodos e fios do eletrocardiograma foram posicionados e o participante assentou no cicloergômetro. Neste momento, a máscara facial foi posicionada, conforme orientações do fabricante, por duas pessoas, até que não fosse observado vazamento de ar. Antes da realização de cada teste, tanto na fase de *baseline* como na de intervenção, o participante recebeu as mesmas instruções fornecidas no primeiro dia de avaliação. Além disso, em todos os testes de ambas as fases do estudo, não houve incentivo durante a realização dos mesmos, uma vez que não era possível garantir que a intensidade dos incentivos por parte do avaliador se manteria entre os testes. Todos os testes foram acompanhados por um cardiologista e uma técnica de enfermagem e as pessoas envolvidas na coleta dos dados receberam treinamento para atendimento em situação de emergência.

O protocolo do teste incremental máximo limitado por sintomas consistiu de 1) três minutos de repouso sobre o cicloergômetro, 2) um minuto de pedalagem com carga de 15 watts, que era a carga basal da bicicleta, 3) acréscimo de 10 watts por minuto até a exaustão ou até que ocorresse algum critério para interrupção do exercício<sup>51,55</sup> e, finalmente, 4) 3 minutos de pedalagem com 15 Watts. Os critérios utilizados para interrupção do teste encontram-se no ANEXO 4. Durante todo teste, exceto na fase

de recuperação, foi mantida uma freqüência de pedalagem de  $60 \pm 5$  rotações por minuto (rpm). Durante a fase incremental, a FC e a SpO<sub>2</sub> foram medidas continuamente, enquanto a percepção do esforço foi avaliada a cada minuto e a PA foi mensurada a cada 2 minutos<sup>63</sup>. Ao final de cada teste, o participante foi solicitado a informar o motivo da interrupção do mesmo: predominantemente falta de ar; predominantemente cansaço nas pernas; uma combinação aproximadamente igual dos dois; ou outros sintomas. Todas as informações relacionadas aos testes também foram armazenadas em uma ficha (APÊNDICE 6).

### **2.7.2 Fase de intervenção**

O programa de treinamento de *endurance* em cicloergômetro foi realizado durante três vezes na semana por um período de 12 semanas. Durante esta fase, o participante foi submetido a um teste incremental máximo limitado por sintomas a cada 15 dias, com intervalo de pelo menos 24 horas do último dia de treinamento<sup>54</sup>. O protocolo dos testes foi o mesmo descrito anteriormente na fase de *baseline*. Após a realização dos testes na fase de intervenção, o participante descansou por no mínimo 45 minutos<sup>26,27</sup> e, em seguida, foi realizado o programa de treinamento. Para garantir a segurança do participante e determinar a viabilidade para realização do treinamento após os testes, parâmetros como PA, FC, FR, SpO<sub>2</sub> foram mensurados antes do início do treinamento. As diretrizes do *American College of Sports Medicine* foram usadas como referência<sup>52</sup>.

No início da fase de intervenção, o indivíduo participou de uma aula educacional que englobou a definição de DPOC e sintomas associados, e diferentes formas de

tratamento da doença, incluindo o treinamento físico. Foram ressaltados a importância da realização da prática de atividade física regular para a saúde geral do participante e o impacto do exercício nos diferentes sistemas corporais.

Cada sessão da fase de intervenção teve duração de aproximadamente 120 minutos e consistiu de 1) mensuração dos parâmetros de monitoramento (PA, FC, FR e ausculta pulmonar), 2) aquecimento, 3) treinamento em cicloergômetro, 4) resfriamento e, novamente, 5) mensuração dos parâmetros de monitoramento. Se necessário, poderia ser realizada técnica para remoção de secreção antes e/ou após cada sessão e, caso a SpO<sub>2</sub> se apresentasse inferior a 88%, oxigênio via cateter nasal seria ofertado durante o treinamento<sup>84</sup>.

Durante o período de aquecimento, o participante realizou alongamento dos músculos flexores de quadril, isquiotibiais e tríceps sural, bilateralmente, com quatro séries de 20 segundos para cada músculo<sup>85</sup>. Em seguida, o participante pedalou no cicloergômetro com carga de 15 watts durante 5 minutos, mantendo frequência de pedalagem de no mínimo 45 rpm.

O treinamento em cicloergômetro foi realizado com carga de 70% (carga alvo)<sup>29</sup> da média das cargas de trabalho pico atingidas nos testes realizados durante o *baseline*, objetivando-se alcançar 30 minutos de pedalagem com esta intensidade. Durante o treinamento na carga alvo, o participante deveria manter uma frequência de pedalagem de 60 rpm. A duração da pedalagem na carga alvo foi determinada pela tolerância do participante ou pela ocorrência de critérios de interrupção do exercício, os quais consistiam de FC acima dos valores máximos observados nos

testes incrementais, desde que esta não fosse superior a 90% da FC máxima prevista para idade, PA sistólica superior a 200 mmHg, PA diastólica superior a 110 mmHg e demais critérios já descritos para interrupção do teste incremental (ANEXO 4). O valor limite de FC para realização do treinamento foi ajustado após cada teste incremental, se necessário. Nos períodos de interrupção, a carga da bicicleta foi reduzida para 15 watts e, se os parâmetros de monitoramento estivessem dentro de valores aceitáveis e se o participante se considerasse apto para retornar a carga alvo, a pedalagem nesta carga era retomada após dois minutos. O tempo total de treinamento na carga alvo foi calculado a cada sessão.

O treinamento em cicloergômetro foi realizado por 20 minutos na primeira semana da fase de intervenção e nos dias de teste incremental, por 25 minutos na segunda semana e 30 minutos a partir da terceira semana de intervenção. Durante a pedalagem na carga alvo, o participante foi incentivado a cada um minuto, enquanto precisava de períodos de interrupção, ou a cada dois minutos, após o participante conseguir realizar 30 minutos de treinamento na carga alvo sem intervalos. O incentivo consistiu de frases como “você está indo bem”, “continue assim”, “você está fazendo um ótimo trabalho”.

O resfriamento consistiu de pedalagem com carga de 15 watts por um período de dois minutos e alongamentos musculares. Durante esta fase, o participante não precisava manter a frequência de pedalagem em nível pré-determinado. Os músculos levantador da escápula, trapézio superior, flexores de quadril, isquiotibiais e tríceps sural, foram alongados bilateralmente, com quatro séries de 20 segundos para cada músculo<sup>85</sup>.

Ao final da sessão PA, FC, FR e SpO<sub>2</sub> foram mensuradas e foi realizada a ausculta pulmonar. O participante foi liberado após retorno dos parâmetros de monitoramento aos valores basais ou próximos a estes.

Os dados relacionados ao monitoramento dos participantes durante o programa de treinamento foram armazenados em uma ficha (APÊNDICE 7).

## 2.8 Cálculo amostral

Os estudos experimentais de caso único usualmente utilizam um ou poucos sujeitos. O número de participantes incluídos nestes estudos é, de alguma forma, arbitrário e pode variar amplamente, de acordo com o objetivo do estudo<sup>47</sup>, dispensando, desta forma, a realização de cálculo amostral.

## 2.9 Redução dos dados

A carga de trabalho pico foi determinada como a última carga em que o participante foi capaz de completar pelo menos 20 segundos de pedalagem<sup>86</sup>. Para comparação das variáveis em níveis idênticos de exercício, foi selecionada a menor carga pico tolerada pelo paciente durante a fase de *baseline*<sup>26</sup>.

Após obtenção dos dados respiração-a-respiração, os mesmos foram amostrados em médias de 15 segundos<sup>87,88,89</sup>. As flutuações ou ruídos nas variáveis ventilatórias e metabólicas podem ser minimizadas pela manipulação matemática das respostas respiração-a-respiração<sup>51</sup> e, segundo Macfarlane<sup>57</sup>, médias de 15 ou 20 segundos

ou mesmo médias móveis de 5 a 8 respirações produzem variabilidades similares para o  $VO_2$  e permitem um alto grau de precisão.

## **2. 10 Análise qualitativa e quantitativa dos testes da fase de *baseline***

Os seis testes realizados durante a fase de *baseline* foram avaliados qualitativamente por dois examinadores independentes em relação a diferentes aspectos, incluindo ocorrência de artefatos na VE, no  $VO_2$  e no  $VCO_2$ , início da resposta das variáveis ventilatórias durante a rampa de potência, dentre outros. Adicionalmente, os mesmos avaliadores realizaram análise quantitativa dos gráficos contendo o comportamento das variáveis  $VO_2$  e  $VCO_2$  em relação ao intervalo de tempo selecionado para análise, para determinação do limiar anaeróbio ventilatório (LA). Foi selecionado o intervalo da rampa após os 15 watts iniciais até o ponto de compensação respiratório ou até o final do exercício, caso este ponto não fosse identificado. O LA foi determinado pela perda do paralelismo entre o  $VO_2$  e  $VCO_2$  desse intervalo, indicando aumento desproporcional do  $VCO_2$  em relação ao  $VO_2$ <sup>90,91</sup>.

## **2. 11 Análise dos dados**

A autocorrelação ou dependência serial dos dados foi avaliada pelo cálculo do coeficiente de autocorrelação, que indica a extensão na qual o escore de um ponto em uma série de dados é preditivo do escore em outro ponto nesta mesma série. Caso a autocorrelação para uma série de medidas de desempenho seja estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ), os escores são considerados serialmente

dependentes, o que pode complicar a inspeção visual e a aplicação de alguns procedimentos estatísticos que requerem que os dados sejam independentes<sup>92</sup>.

Para avaliação da variabilidade dos dados da fase de *baseline*, foram calculados coeficientes de variação para cada uma das variáveis analisadas. O cálculo do coeficiente de variação (CV) foi realizado dividindo-se o desvio padrão pela média dos escores obtidos durante a fase de *baseline* e multiplicando-se o valor encontrado por 100<sup>46</sup>. Os valores de CV podem variar de 0%, se não houver nenhuma variação nas observações, a 100%. Em geral, respostas biológicas com coeficientes de variação superiores a 30% são consideradas muito instáveis<sup>93</sup>.

A estatística C foi utilizada para avaliar se os dados do *baseline* apresentavam uma tendência significativa. Este procedimento é realizado com o objetivo de obter um escore Z para os dados do *baseline*, que é comparado com um valor de Z tabelado. Se o valor de Z encontrado for maior que o valor de Z tabelado, conclui-se que houve uma tendência estatisticamente significativa na fase A<sup>92</sup>.

A análise visual é o método tradicional de avaliação de dados utilizado nos estudos experimentais de caso único. Segundo Kazdin<sup>47</sup>, esta análise consiste em alcançar um julgamento sobre a confiabilidade ou consistência dos efeitos de uma intervenção por meio da avaliação de dados em gráficos. Uma das vantagens da análise visual consiste em sua baixa sensibilidade para efeitos de tratamento pequenos, o que ajuda a assegurar que grandes efeitos de intervenção, que tenham significância clínica, sejam detectados<sup>94</sup>.

Neste estudo, a análise visual dos dados foi realizada por três examinadores independentes. Os pontos de dados das variáveis do estudo foram transferidos para um papel milimetrado, com a escala de tempo representada no eixo X. Cada folha de papel milimetrado recebeu uma numeração aleatória, de forma que o avaliador não soubesse qual variável estava sendo analisada. No Apêndice 8, encontra-se um exemplo da representação de uma das variáveis do estudo em papel utilizado para análise visual. Cada examinador recebeu uma folha padronizada, mostrada na FIG. 5, com os principais aspectos que deveriam ser analisados na análise visual, dentre estes a mudança de tendência entre as fases, a mudança de magnitude da variável entre as fases<sup>46</sup> e ponto de início desta mudança. A FIG. 5 se encontra na próxima página.

Para avaliação da concordância entre os avaliadores foi utilizada a estatística Kappa, que considera tanto a proporção de concordâncias observadas como a proporção de concordâncias esperadas ao acaso. Foram usados os critérios propostos por Landis e Koch<sup>95</sup> para interpretação da concordância, assim definidos: a) quase perfeita, para valores de 0,81 a 1,00; b) substancial, para valores de 0,61 a 0,80; c) moderada, para valores entre 0,41 e 0,60; d) regular, para valores entre 0,21 e 0,40; e) discreta, para valores entre 0 e 0,20; e e) pobre, para valores negativos. A análise de concordância foi realizada entre cada par de examinadores, como sugerido por Portney e Watkins<sup>46</sup>, obtendo-se, assim, três valores de Kappa para cada variável analisada.



1) Houve mudança de tendência entre as fases A e B?

FASE A	FASE B
<input type="checkbox"/> aceleração	<input type="checkbox"/> aceleração
<input type="checkbox"/> desaceleração	<input type="checkbox"/> desaceleração
<input type="checkbox"/> estável	<input type="checkbox"/> estável

SIM                       NÃO

2) Se a variável se apresentou estável na fase B em relação a fase A, ou a mesma tendência nas duas fases, houve mudança na magnitude da variável alvo na fase B?

SIM –  aumentou ou  diminui

Não

Não é possível determinar

3) Se acelerando ou desacelerando na fase B, é possível determinar em que ponto iniciou a mudança nesta fase?

SIM . Em qual semana da fase B \_\_\_\_\_

Não

FIGURA 5 – Folha padronizada utilizada para análise visual dos dados

O método da banda de dois desvios-padrão foi o procedimento estatístico usado para análise inter-fases. Este método é baseado no cálculo do desvio-padrão para os dados do *baseline* e determinação de uma banda contendo escores dentro de + 2 (limite superior) ou - 2 desvio padrão (limite inferior) da média. Se pelo menos dois pontos de dados consecutivos da fase de intervenção estiverem fora dos limites da banda da fase de *baseline*, conclui-se que ocorreu uma mudança significativa no desempenho entre as duas fases, uma vez que a probabilidade para ocorrência de tal evento é menor que 5%<sup>46,92</sup>. Esse procedimento não deve ser usado quando os

dados exibem autocorrelação e pode ser aplicado quando existe um número pequeno de dados no *baseline* (5 a 10).

Para avaliação da estabilidade dos dados durante a fase de intervenção, foi utilizada a análise de regressão. Após avaliação de gráficos com a variável a ser analisada representada no eixo Y e o tempo em semanas no eixo X, bem como dos gráficos dos resíduos padronizados, foi determinado o modelo de regressão mais adequado à distribuição dos dados (linear, quadrático ou cúbico). A hipótese nula, que afirma que o coeficiente de regressão ( $\beta$ ) é igual a 0, foi testada por meio da análise de variância da regressão, considerando-se significativo nível de significância de 5%. Caso a hipótese nula mostre-se verdadeira, a linha de regressão é essencialmente horizontal, indicando nenhuma relação entre X e Y, ou seja, Y mostra-se constante para todos os valores de X. Foram demonstrados os valores de F, de  $\beta$  e o valor p associado, bem como os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) e os erros padrão da estimativa (EPE). O  $r^2$  é um indicativo da porcentagem da variância total nos escores da variável dependente que pode ser explicada pelos escores da variável independente e indica a acurácia de predição baseada nesta variável. O EPE consiste no desvio-padrão da distribuição dos resíduos, os quais representam o grau de erro associado à linha de regressão. Uma alta variância dos resíduos está associada a grande dispersão dos escores ao redor da linha de regressão e a um maior erro padrão da estimativa<sup>46</sup>.

Adicionalmente, a análise de regressão também foi utilizada para descrição do comportamento das variáveis percepção do esforço e relação FC/FC máxima prevista durante as sessões de treinamento.

A estatística Kappa e a análise de regressão foram realizadas no *software Statistical Package for Social Sciences (SPSS, Chicago, IL, USA)* versão 13. Quando necessário, os dados foram apresentados em média e desvio-padrão. E, para permitir comparações com a literatura da área, a porcentagem de mudança apresentada na fase B foi calculada para as variáveis W, VO<sub>2</sub> e VCO<sub>2</sub> obtidas no pico de exercício; e para VE, VC e FR no pico de exercício e em isocarga.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Caracterização da amostra

Participou do estudo um paciente com 73 anos de idade, hipertenso leve, aposentado e com diagnóstico de DPOC grave, segundo critérios da *GOLD*. Apesar de aposentado, o participante relatou ainda realizar pequenos trabalhos como pintor. Ele fumou por 40 anos uma quantidade de 50 maços de cigarro/ano e parou de fumar há aproximadamente 16 anos. Na avaliação inicial, apresentou massa corporal de 59,5 quilogramas, altura de 163 centímetros e IMC de 22,39 kg/cm<sup>2</sup>. A espirometria do paciente, realizada no SEDT de Pneumologia e Cirurgia Torácica do Hospital das Clínicas da UFMG, mostrou VEF<sub>1</sub> de 0,92 litros (37,5% do previsto); CVF de 2,48 litros (76% do previsto). Após prova broncodilatadora, o VEF<sub>1</sub> foi de 47,34% do valor previsto, com aumento de cerca de 10%. A relação VEF<sub>1</sub>/CVF observada foi de 0,37. Os valores de referência para espirometria propostos por Pereira *et al.*<sup>96</sup> para população brasileira foram utilizados para o cálculo das porcentagens dos valores previstos. Adicionalmente, o participante mostrou VE/VVM de 97,79%.

O participante estava sob acompanhamento clínico regular por cerca de cinco anos e manteve o uso das seguintes medicações durante o período do estudo: Foraseq (fumarato de formoterol e budenosida 12 mcg/14mcg); Duovent (brometo de ipratrópio e bromidrato de fenoterol 0,04/0,1mg/dose) e hidroclorotiazida 25mg.

O participante obteve um escore 1 (falta de ar quando anda apressado mesmo no plano ou quando sobe um pequeno morro) na escala MRC modificada e apresentou escore ajustado de atividade (EAA) de 70 no PAH, sendo então classificado como moderadamente ativo. Não foi necessário realizar técnica de desobstrução brônquica em todos os testes realizados.

### **3. 2 Programa de treinamento**

O participante apresentou taxa de adesão ao tratamento de 100%, totalizando 36 sessões ao final do treinamento. Não foi necessário realizar técnica de desobstrução brônquica durante o treinamento e o participante não necessitou de O<sub>2</sub> suplementar durante as sessões.

A carga alvo durante o treinamento foi de 55 watts, valor obtido pelo cálculo de 70% da média das cargas de trabalho atingidas durante o período de *baseline*, que foi de 79 watts. O participante atingiu 30 minutos de pedalagem na carga alvo na 18<sup>a</sup> sessão, como pode ser visualizado na FIG. 6, que se encontra na próxima página. O tempo de pedalagem na carga alvo foi mantido até a 36<sup>a</sup> sessão.

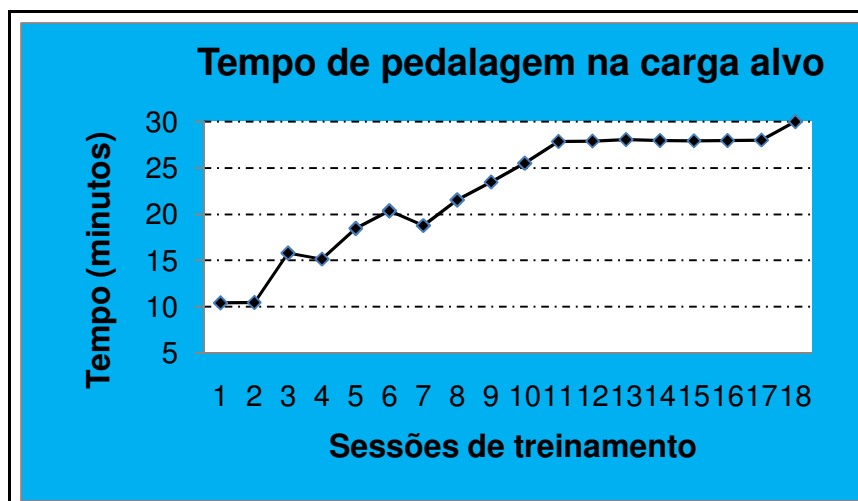


FIGURA 6 – Tempo de pedalagem, em minutos, na carga alvo, durante as primeiras 18 sessões de treinamento

O comportamento das variáveis percepção do esforço, mensurada pela escala de Borg modificada, e relação FC/FC máxima prevista durante as 36 sessões de treinamento é mostrado nas FIG. 7 e 8, na próxima página. A análise de regressão mostrou uma associação linear estatisticamente significativa entre a percepção do esforço e o tempo de tratamento ( $F=239,715$ ;  $p=0,0005$ ), com  $\beta$  de  $-0,185$  ( $p=0,0001$ ),  $r^2$  de  $0,876$  e EPE de  $0,74$ . O mesmo não foi observado entre a variável relação FC/FC máxima prevista e o tempo de tratamento, que apresentaram uma associação não-linear quadrática ( $F=4,448$ ;  $p=0,019$ ), com  $\beta_1$  de  $-0,762$  ( $p=0,005$ ),  $\beta_2$  de  $0,019$  ( $p=0,007$ ),  $r^2$  de  $0,212$  e EPE de  $3,874$ . A FC manteve-se em torno de  $109$  ( $6,9$ ) bpm durante o período de treinamento, com a relação FC/FC máxima prevista em torno de  $67,63$  ( $4,23$ ).

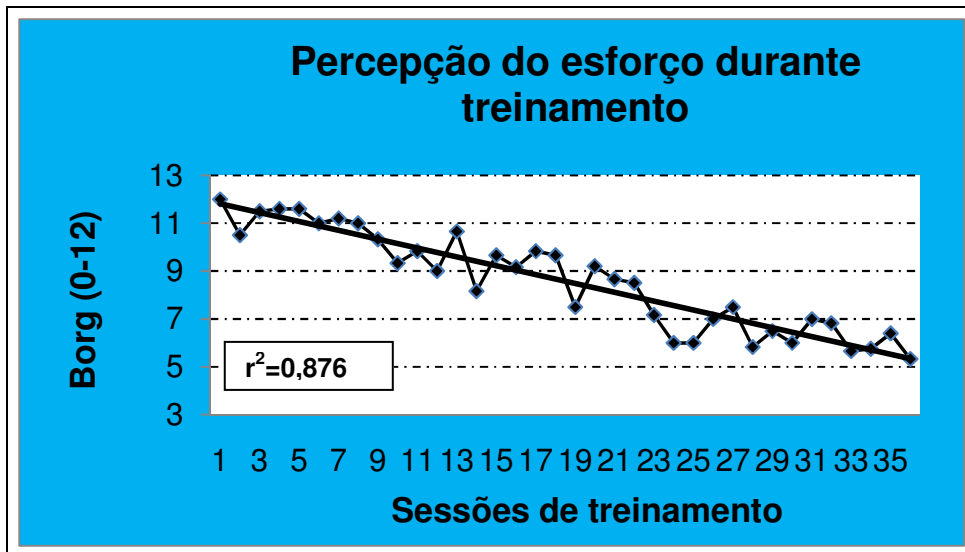


FIGURA 7 – Comportamento da variável percepção do esforço durante as 36 sessões de treinamento

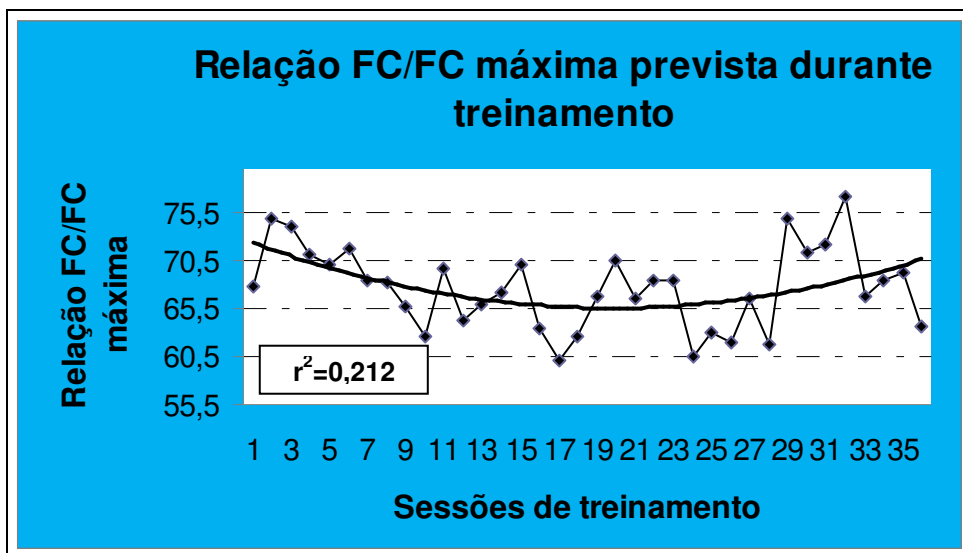


FIGURA 8 - Comportamento da variável relação FC/FC máxima prevista durante as 36 sessões de treinamento

### **3.3 Análise das variáveis obtidas durante testes incrementais máximos limitados por sintomas**

A partir da análise qualitativa dos testes da fase de *baseline*, os dois examinadores independentes classificaram a qualidade do quinto teste como inadequada. Além disso, este foi o único teste em que os avaliadores não conseguiram determinar o LA. Dessa forma, o quinto teste da fase A foi excluído das análises dos dados. Dos 11 testes que foram utilizados para análise, o motivo para interrupção dos mesmos pelo participante foi falta de ar em seis e uma combinação de falta de ar e cansaço nas pernas nos restantes.

A análise da autocorrelação dos dados resultou em coeficientes de autocorrelação não estatisticamente significativos para todas as variáveis estudadas, demonstrando-se, assim a não ocorrência de dependência serial.

O cálculo dos coeficientes de variação (CV) resultou em valores inferiores a 15% para todas as variáveis estudadas, como pode ser visualizado na TAB. 1, que se encontra na próxima página. As variáveis para uma mesma carga de trabalho foram obtidas em 65 watts, que foi a menor carga que o participante alcançou durante a fase de *baseline*.



TABELA 1

Coefficientes de variação (CV) para as variáveis obtidas durante a fase de *baseline*

Variáveis pico	CV (%)	Variáveis isocarga	CV (%)
<b>W</b>	14,43	<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	9,37
<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	10,46	<b>VE (l/min)</b>	8,16
<b>VE (l/min)</b>	7,88	<b>Percepção do esforço</b>	14,62
<b>Percepção do esforço</b>	4,72	<b>Relação FC/FC máxima prevista</b>	3,60
<b>VC (ml)</b>	10,25	<b>VC (ml)</b>	11,76
<b>FR (irpm)</b>	13,90	<b>FR (irpm)</b>	3,32
<b>VCO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	10,72	<b>VCO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	6,83
<b>Relação FC/FC máxima prevista</b>	10,26	<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	2,12
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	0,90	<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	6,02
		<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	3,21

W: Carga de trabalho; VO<sub>2</sub>: Volume de O<sub>2</sub> consumido por minuto; VE: Ventilação minuto; VC: Volume corrente; FR: Freqüência respiratória; VCO<sub>2</sub>: Volume de CO<sub>2</sub> produzido por minuto; FC: Freqüência cardíaca; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica da hemoglobina em O<sub>2</sub>; VE/VO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o O<sub>2</sub>; VE/VCO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o CO<sub>2</sub>

A partir da estatística C, foi verificado que todas as variáveis estudadas não apresentaram uma tendência estatisticamente significativa durante a fase de *baseline*.

Os valores da estatística Kappa obtidos para a análise visual das variáveis do estudo para os três examinadores envolvidos nesta análise são mostrados na TAB. 2, na próxima página. O cálculo desta estatística foi realizado para cada par de examinadores, obtendo-se, dessa forma, três valores para as variáveis analisadas. Nos casos em que os examinadores apresentarem Kappa diferente de 1, os resultados foram apresentados em amplitude (menor valor → maior valor).

TABELA 2

Valores da estatística Kappa para análise visual das variáveis estudadas

Variáveis pico	Kappa	Variáveis isocarga	Kappa
<b>W</b>	0,44 – 1,00	<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	1,00
<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	1,00	<b>VE (l/min)</b>	1,00
<b>VE (l/min)</b>	1,00	<b>Percepção do esforço</b>	1,00
<b>Percepção do esforço</b>	1,00	<b>Relação FC/FC máxima prevista</b>	1,00
<b>VC (ml)</b>	0,5 - 1,00	<b>VC (ml)</b>	1,00
<b>FR (irpm)</b>	0,44 – 1,00	<b>FR (irpm)</b>	-0,77 - 1,00
<b>VCO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	1,00	<b>VCO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	1,00
<b>Relação FC/FC máxima prevista</b>	-0,38 – 0,44	<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	1,00
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	1,00	<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	1,00
		<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	0,28 – 1,00

Para definição das abreviaturas ver TAB. 1

A análise visual das variáveis será ilustrada, para facilitar a visualização, por meio de gráficos nos quais os dados foram divididos em fases A (*baseline*) e B (intervenção).

Em relação à variável *W* pico, ilustrada na FIG. 9, na próxima página, os três examinadores concordaram que não houve mudança de tendência, com os dados apresentando-se estáveis nas duas fases. Entretanto, enquanto dois examinadores avaliaram que a variável apresentou aumento na fase B, um examinador determinou que não houve mudança da magnitude da variável nesta fase. A partir da média dos valores de *W* pico obtidos na fase A, chegou-se a um valor previsto de 62,29%. Pela comparação das médias das fases, foi verificado que essa variável apresentou um aumento de 13,92% na fase B.

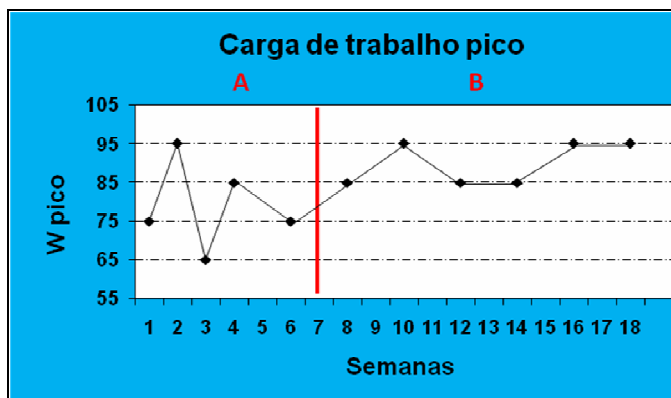


FIGURA 9 – Carga de Trabalho pico ( $W$  pico), em watts, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

O  $VO_2$  foi considerado pico, uma vez que não foi alcançado o critério mínimo que o caracterizasse como máximo nos testes realizados. A partir da média dos valores de  $VO_2$  pico obtidos na fase A, chegou-se a um valor previsto de 83,42%. Na análise visual, todos os examinadores concordaram que não houve mudança de tendência, com a variável apresentando-se estável em ambas as fases, e que houve aumento da mesma na fase B. Além disso, foi verificado, pela comparação das médias das fases, que essa variável apresentou aumento de 16,09% na fase B. O comportamento do  $VO_2$  pico durante as fases do estudo é ilustrado na FIG. 10.

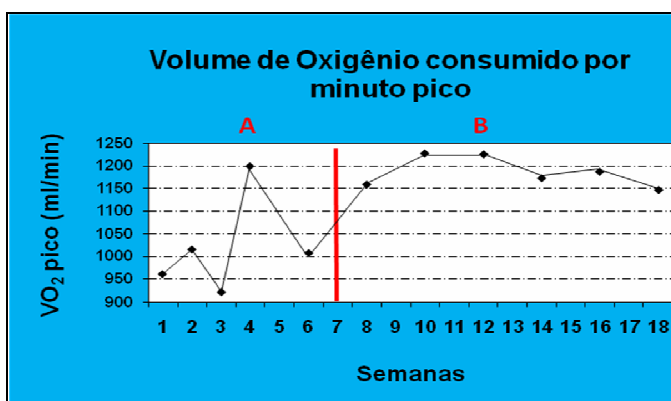


FIGURA 10 – Volume de oxigênio pico ( $VO_2$  pico), em ml/min, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

Na análise da VE pico, os três examinadores concordaram que não houve mudança de tendência, com a variável mostrando-se estável em ambas as fases e que esta apresentou aumento na fase B. Foi verificado aumento de 11,32% dessa variável na fase B, acompanhado por aumento de 10,08% do VC e 0,73% da FR. Em relação à análise visual da variável percepção do esforço pico, apesar dos examinadores concordarem que ela apresentou mesma tendência de VE pico, eles determinaram que não houve mudança da magnitude da variável na fase B. O comportamento das variáveis VE pico e percepção do esforço pico é mostrado nas FIG. 11 e 12, respectivamente.

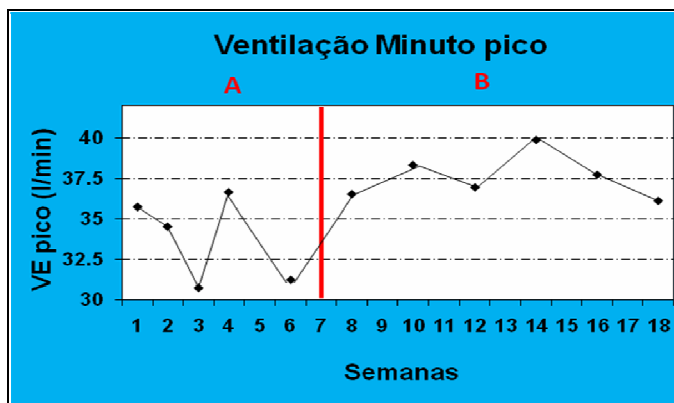


FIGURA 11 – Ventilação minuto pico (VE pico), em l/min, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

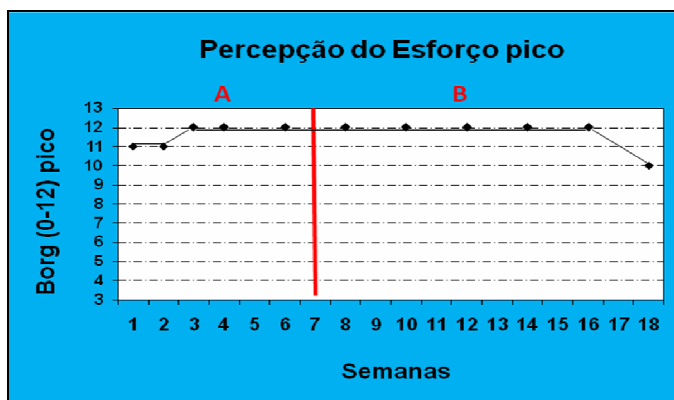


FIGURA 12 – Percepção do esforço pico, mensurada por meio da escala de Borg modificada, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

Os resultados da análise visual das demais variáveis pico consideradas desfechos secundários são mostrados na TAB. 3, construída com base nas questões da FIG. 5, na página 55. Os gráficos que ilustram o comportamento dessas variáveis podem ser encontrados na FIG. 13, que se encontra na página 68.

TABELA 3

Resultados da análise visual das variáveis pico consideradas desfechos secundários do estudo

Variáveis pico	Mudança de tendência						Mudança de magnitude			Ponto de início da mudança *		
	1		2		3		1	2	3	1	2	3
	FA	FB	FA	FB	FA	FB						
<b>VC</b> (ml/min)	A	E	A	E	A	E	↑	↑	SM	–	–	–
<b>FR</b> (irpm)	D	E	D	E	D	E	↑	↑	NP	–	–	–
<b>VCO<sub>2</sub></b> (ml/min)	E	E	E	E	E	E	↑	↑	↑	–	–	–
<b>Relação FC/FC prevista</b>	D	E	D	E	E	E	–	NP	SM	–	–	–
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	E	A	E	A	E	A	–	–	–	12	12	12

VC: Volume corrente; FR: Freqüência respiratória; VCO<sub>2</sub>: Volume de CO<sub>2</sub> produzido por minuto; FC: Freqüência cardíaca; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio; 1, 2 e 3 referem-se ao número dos avaliadores; FA e FB indicam fase A e fase B, respectivamente; A, D e E indicam aceleração, desaceleração e estável, respectivamente; ↑ indica aumento, SM indica 'sem mudança', NP indica 'não é possível determinar' e – indica 'não se aplica'. \* Ponto de mudança refere-se a semana na fase B em que a mudança se iniciou. 12 refere-se a 12<sup>a</sup> semana

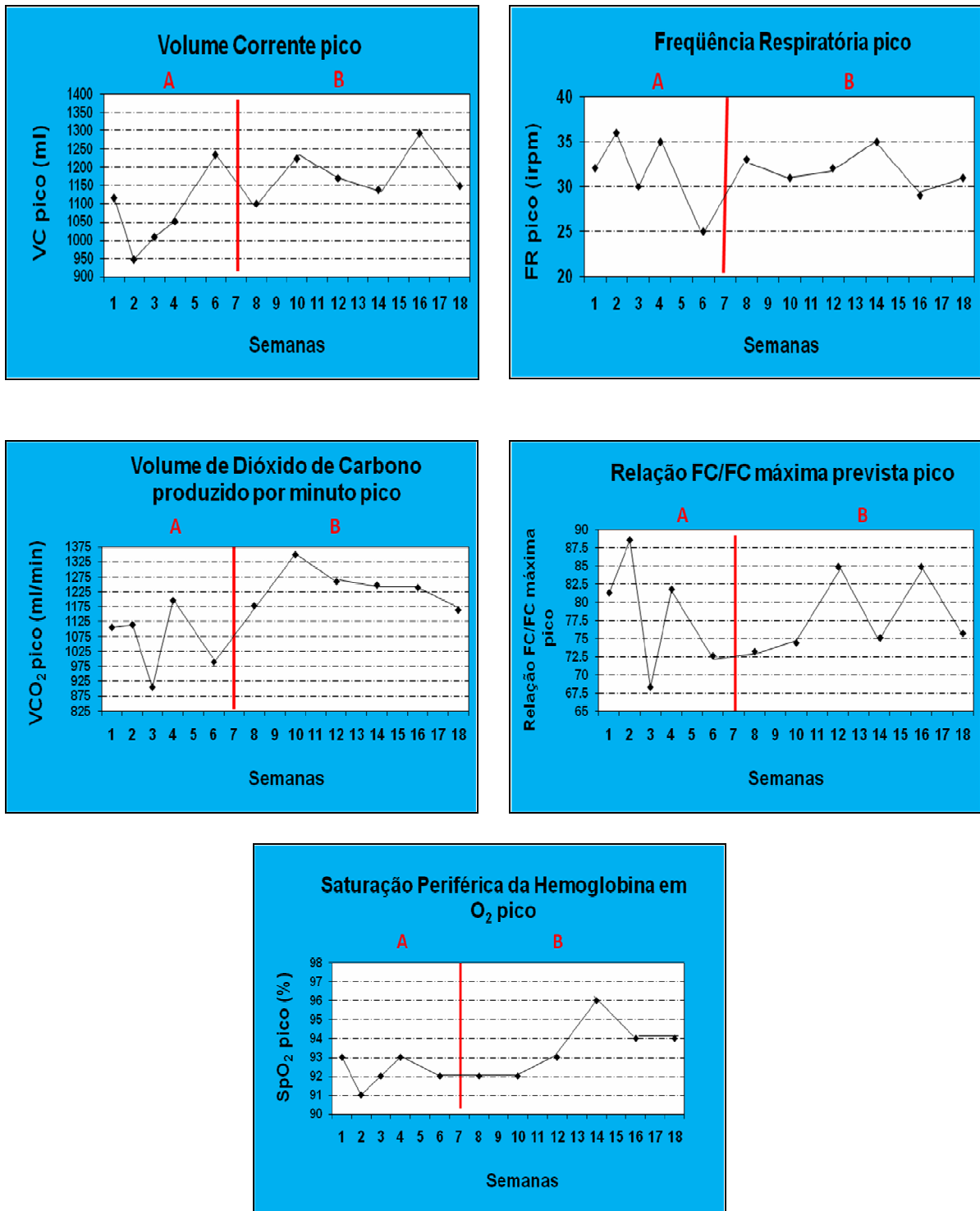


FIGURA 13 – Gráficos que ilustram o comportamento das variáveis pico consideradas desfechos secundários do estudo

No que diz respeito à análise visual da variável  $VO_2$  isocarga, segundo todos examinadores, houve mudança de tendência entre as fases, com aceleração na fase A e desaceleração na fase B, sendo a 10<sup>a</sup> semana considerada o ponto de início da mudança. Os mesmos resultados foram encontrados para análise visual da variável VE isocarga e percepção do esforço isocarga. Adicionalmente, a VE isocarga apresentou diminuição de 1,64% na fase B, acompanhada por aumento de 14,49% do VC e redução de 13,80% da FR. As FIG. 14, 15 e 16 ilustram o comportamento do  $VO_2$  isocarga, da VE isocarga e da percepção do esforço isocarga, respectivamente.

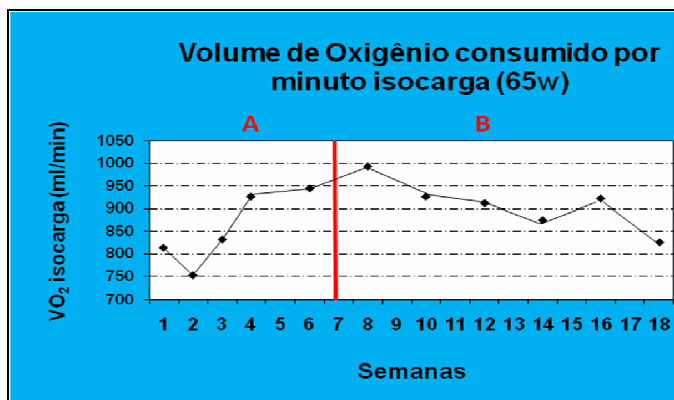


FIG. 14 – Volume de Oxigênio consumido por minuto isocarga ( $VO_2$  isocarga), em ml/min, durante as fases de baseline (A) e intervenção (B)

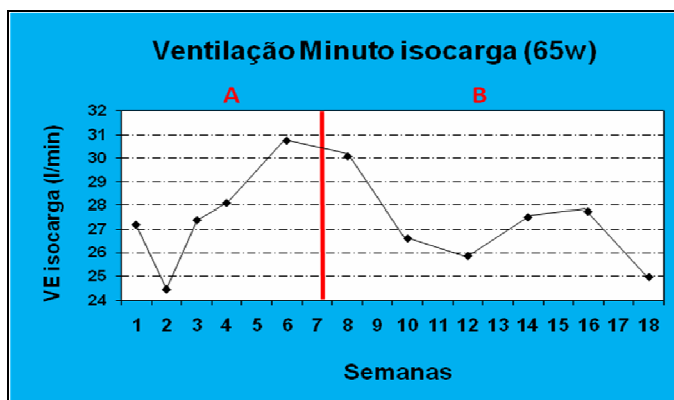


FIG. 15 – Ventilação minuto isocarga (VE isocarga), em l/min, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

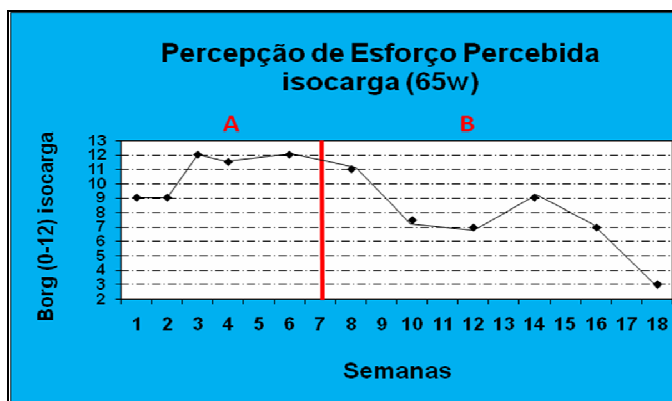


FIGURA 16 – Percepção do esforço isocarga, mensurada por meio da escala de Borg modificada, durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

Na análise visual da variável relação FC/FC máxima prevista isocarga, representada no FIG. 17, todos os examinadores concordaram que não houve mudança de tendência, com a variável apresentando-se estável em ambas as fases e que houve diminuição da magnitude da mesma na fase B.

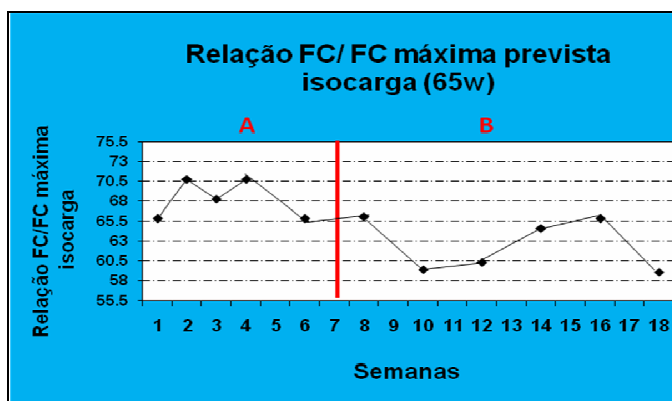


FIGURA 17 – Relação FC/FC máxima prevista isocarga durante as fases de *baseline* (A) e intervenção (B)

Os resultados da análise visual das demais variáveis isocarga que foram consideradas desfechos secundários são mostrados na TAB. 4, na próxima página,



e os gráficos que ilustram o comportamento dessas variáveis podem ser encontrados na FIG. 18, na página 72.

TABELA 4

Resultados da análise visual das variáveis isocarga consideradas desfechos secundários do estudo

Variáveis isocarga	Mudança de tendência						Mudança de magnitude			Ponto de início da mudança *		
	1		2		3		1	2	3	1	2	3
	FA	FB	FA	FB	FA	FB						
<b>VC (ml)</b>	A	A	A	A	A	A	NP	NP	NP	–	–	–
<b>FR (irpm)</b>	D	D	D	D	D	D	↓	NP	NP	10	–	–
<b>VCO<sub>2</sub> (ml)</b>	A	D	A	D	A	D	–	–	–	10	10	10
<b>VE/VO<sub>2</sub></b>	E	E	E	E	E	E	↓	↓	↓	–	–	–
<b>VE/VCO<sub>2</sub></b>	E	E	E	E	E	E	↓	NP	↓	–	–	–
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	D	A	D	A	D	A	–	–	–	10	10	10

VC: Volume corrente; FR: Frequência respiratória; VCO<sub>2</sub>: Volume de CO<sub>2</sub> produzido por minuto; VE/VO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o O<sub>2</sub>; VE/VCO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o CO<sub>2</sub>; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio; 1, 2 e 3 referem-se ao número dos avaliadores; FA e FB indicam fase A e fase B, respectivamente; A, D e E indicam aceleração, desaceleração e estável, respectivamente; ↑ indica aumento, ↓ indica diminuição, SM indica 'sem mudança', NP indica 'não é possível determinar' e – indica 'não se aplica'. / \* Ponto de mudança refere-se a semana da fase B em que a mudança se iniciou. 10 refere-se à 10ª semana

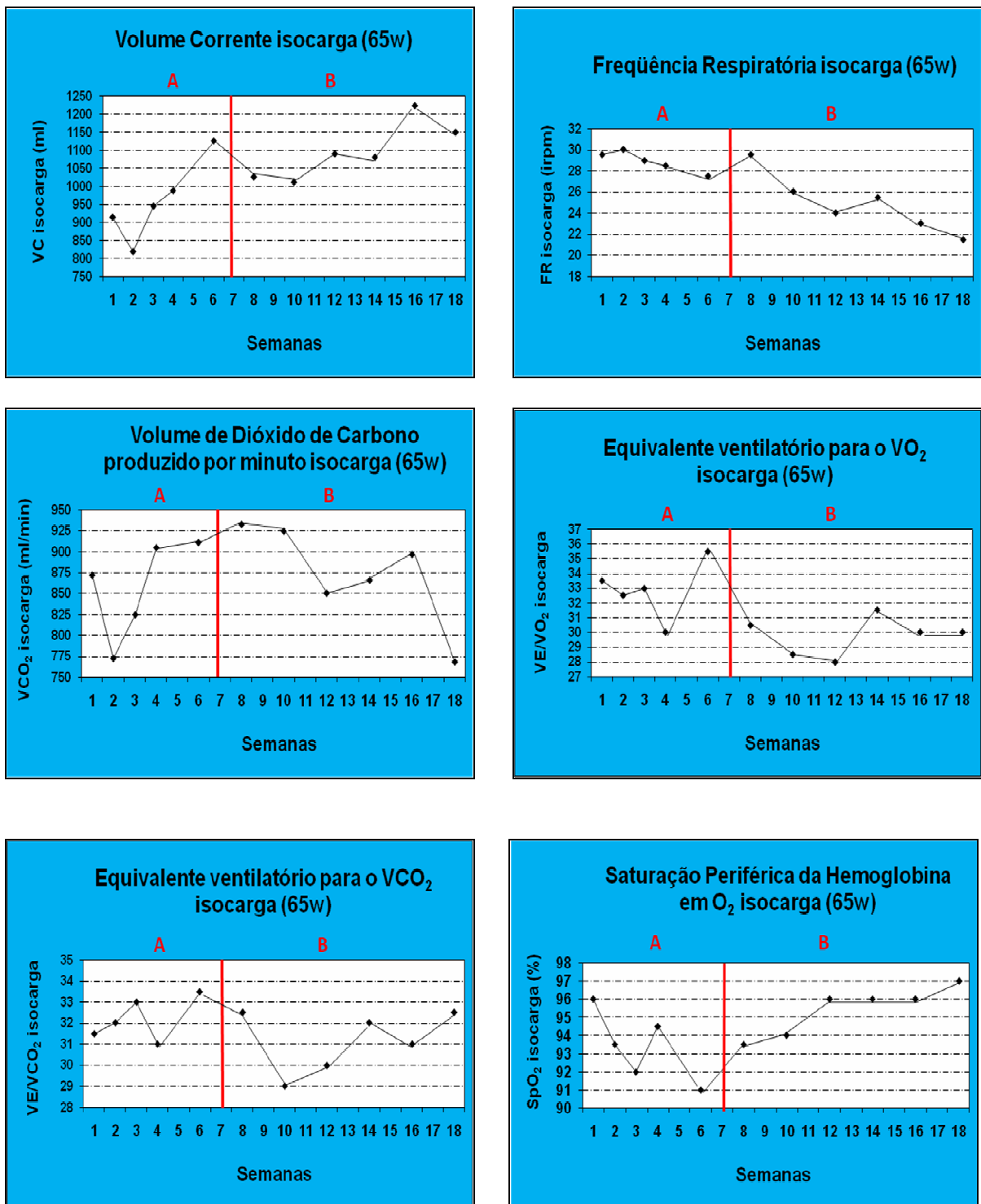


FIGURA 18 – Gráficos que ilustram o comportamento das variáveis isocarga consideradas desfechos secundários do estudo

A TAB. 5 mostra os resultados relativos ao método da banda de dois desvios-padrão. Nesta tabela, são apresentados os valores dos limites inferior e superior da banda, bem como os pontos da fase B que ultrapassaram os seus limites. Foi observado aumento estatisticamente significativo da variável SpO<sub>2</sub> pico, pois seus valores aumentaram além da banda superior em pelo menos dois pontos consecutivos. Houve diminuição estatisticamente significativa das variáveis FR isocarga, percepção do esforço isocarga, relação FC/FC máxima prevista isocarga, VE/VO<sub>2</sub> isocarga e VE/VCO<sub>2</sub> isocarga, pois foram observados valores abaixo da banda inferior em pelo menos dois pontos consecutivos. As demais variáveis estudadas não apresentaram mudanças estatisticamente significativas de acordo com esse método.

TABELA 5

Principais resultados do método da banda de dois desvios-padrão

Variáveis	Limite inferior	Limite superior	Pontos consecutivos da fase B fora dos limites da banda*
<b>SpO<sub>2</sub> pico(%)</b>	90,52	93,87	14 (96), 16 (94) e 18 (94)
<b>FR isocarga (irpm)</b>	26,97	30,82	10 (26), 12 (24), 14 (25,5), 16 (23), 18 (21,5)
<b>Percepção do esforço isocarga</b>	7,56	13,83	10 (7,5) e 12 (7) 16 (7) e 18 (3)
<b>Relação FC/FC máxima prevista isocarga</b>	63,36	73,2	10 (59,36) e 12 (60,28)
<b>VE/VO<sub>2</sub> isocarga</b>	28,93	36,85	10 (28,5) e 12 (28)
<b>VE/VCO<sub>2</sub> isocarga</b>	30,12	34,27	10 (29) e 12 (30)

SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio; FC: Frequência cardíaca; VE/VO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o O<sub>2</sub>; VE/VCO<sub>2</sub>: Equivalente ventilatório para o CO<sub>2</sub>. \*Os pontos fora dos limites da banda referem-se às semanas do estudo e os valores obtidos para as variáveis referentes a cada semana foram representados entre parênteses

Os resultados da análise de regressão dos dados da fase B mostraram que nenhuma das variáveis pico e VE/VO<sub>2</sub> isocarga e VE/VCO<sub>2</sub> isocarga demonstraram associação linear estatisticamente significativa com a variável tempo. A variável VCO<sub>2</sub> isocarga apresentou uma tendência a diminuição ao longo do tempo ( $\beta = -12,66$ ;  $F = 6,448$ ;  $p = 0,064$ ). No que diz respeito às demais variáveis isocarga foi verificada associação linear estatisticamente significativa entre VC, FR, VO<sub>2</sub> e SpO<sub>2</sub> e a variável tempo. Os valores de F e valores de p associados e valores de  $\beta$ ,  $r^2$  e EPE para estas variáveis são demonstrados na TAB. 6.

TABELA 6

Principais resultados da análise de regressão linear para algumas variáveis isocarga

Variáveis isocarga	F*	$\beta$	$r^2$	EPE
<b>VC (ml)</b>	9, 820 (0,035)	17,843	0,711	47,638
<b>FR (irpm)</b>	19,908 (0,011)	- 0, 679	0,833	1,272
<b>VO<sub>2</sub> (ml/min)</b>	10,011 (0,034)	- 12,550	0,715	33,185
<b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>	23, 924 (0,008)	0,336	0,857	0,574

VC: Volume corrente; FR: Frequência respiratória; VO<sub>2</sub>: Volume de O<sub>2</sub> consumido por minuto; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica da hemoglobina em oxigênio;  $\beta$ : coeficiente de regressão;  $r^2$ : coeficiente de determinação; EPE: erro padrão da estimativa; \* valores de p associados a esse parâmetro foram colocados entre parênteses

Em relação à VE isocarga, percepção do esforço isocarga e relação FC/FC máxima prevista isocarga, foi verificado que o modelo cúbico foi o que melhor representou a associação entre essas variáveis e a variável tempo, como pode ser visualizado na FIG. 19, na próxima página. Os valores de F e  $\beta$  e valores p associado e valores de  $r^2$  e EPE para esses modelos de regressão são demonstrados na TAB. 7, na página 76.

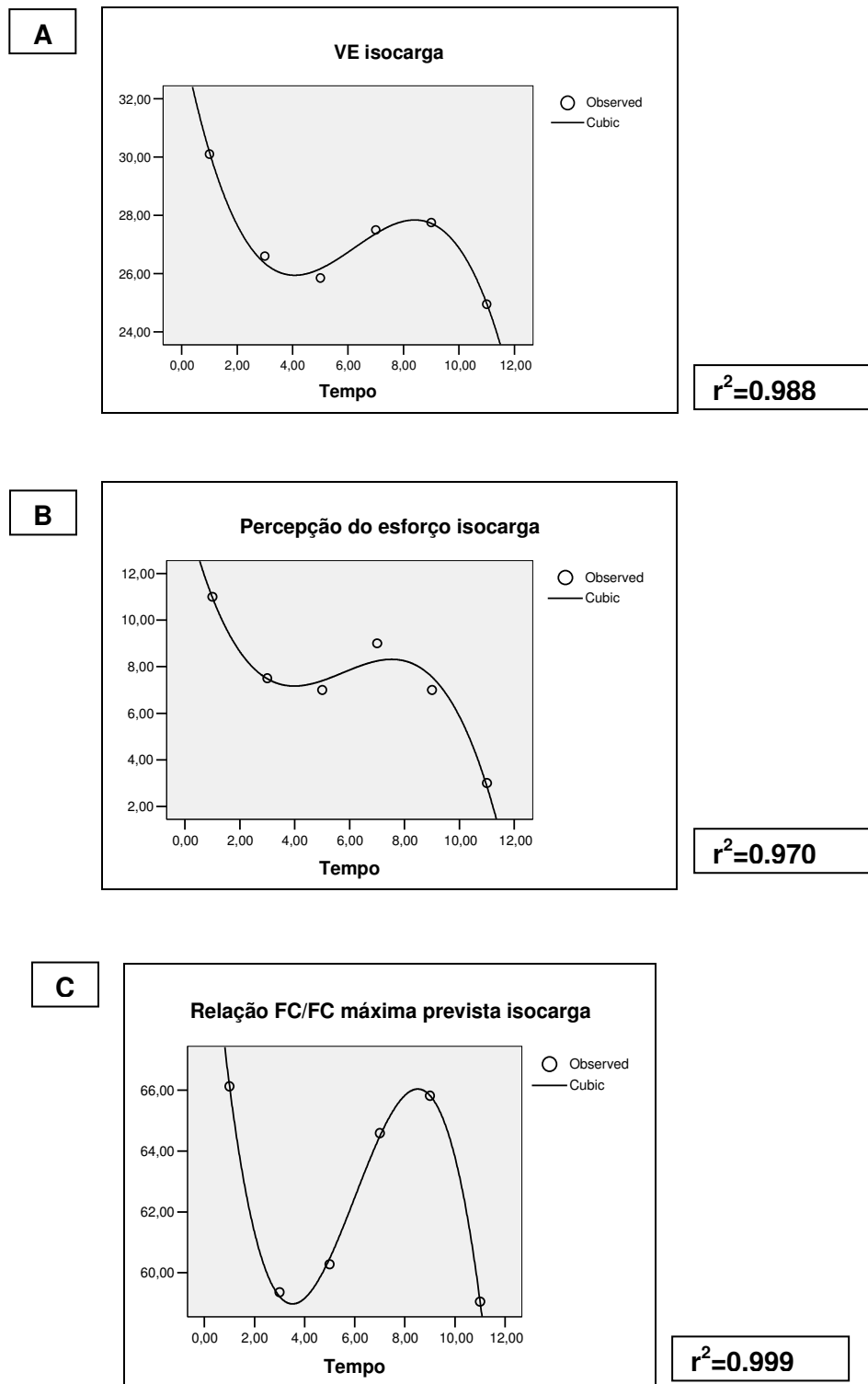


FIGURA 19 – Gráficos obtidos por meio do *software SPSS* demonstrando a forma de associação entre as variáveis VE isocarga (A), percepção do esforço isocarga (B) e relação FC/FC máxima prevista isocarga (C) e a variável tempo

TABELA 7

Resultados da análise de regressão para as variáveis VE isocarga, percepção do esforço isocarga e relação FC/FC máxima prevista isocarga

Variáveis isocarga	F*	$\beta_1^*$	$\beta_2^*$	$\beta_3^*$	r <sup>2</sup>	EPE
<b>VE (ml/min)</b>	57,102 (0,017)	- 4,802 (0,008)	0,875 (0,010)	- 0,047 (0,009)	0,988	0,304
<b>Percepção do esforço</b>	21,528 (0,045)	- 4,631 (0,048)	0,889 (0,049)	- 0,052 (0,045)	0,970	0,727
<b>Relação FC/FC máxima prevista</b>	535,918 (0,002)	- 14,607 (0,001)	2,384 (0,001)	- 0,113 (0,001)	0,999	0,185

VE: Ventilação minuto; FC: Frequência cardíaca;  $\beta$ : coeficiente de regressão; r<sup>2</sup>: coeficiente de determinação; EPE: erro padrão da estimativa; \* valores de p associados a esses parâmetro foram colocados entre parênteses

## 4 DISCUSSÃO

Este estudo teve o objetivo de documentar longitudinalmente os efeitos provenientes de um programa de treinamento de *endurance* dos membros inferiores em um paciente com DPOC, além de avaliar o tempo mínimo necessário para ocorrência de mudanças na capacidade de exercício e a estabilização dessas mudanças no período de treinamento realizado. Para isso, o estudo experimental de caso único foi utilizado como desenho deste trabalho, com avaliação contínua e sistemática da performance do indivíduo ao longo do tempo durante duas fases: *baseline* (A) e intervenção (B). O teste de esforço cardiopulmonar ou ergoespirometria foi o instrumento de avaliação utilizado durante as duas fases do estudo. Segundo Wasserman *et al.*<sup>97</sup>, este teste é adequado para mensuração exata dos benefícios do treinamento físico, além de contribuir para o entendimento das mudanças fisiológicas induzidas pelo mesmo. Na fase de intervenção, o participante foi submetido a treinamento em cicloergômetro, com intensidade de 70% da média das cargas de trabalho atingidas na fase de *baseline*, três vezes por semana, durante 12 semanas.

Foi realizada avaliação dos pressupostos necessários para a realização do estudo experimental de caso único, como autocorrelação e estabilidade do *baseline*. O coeficiente de variação foi adicionalmente utilizado para avaliação da variabilidade dos dados do *baseline*, com os valores encontrados inferiores a 15% para todas as variáveis estudadas e com a variabilidade do VO<sub>2</sub> pico apresentando-se em torno de 10% e, dessa forma, dentro dos valores aceitáveis<sup>57,73</sup>. A análise visual, em associação à estatística Kappa, o método da banda de dois desvios-padrão e a

análise de regressão foram utilizados para análise dos dados. A análise visual é o método mais comumente usado nesse tipo de estudo<sup>46</sup> e alguns autores sugerem que outros procedimentos estatísticos sejam realizados para fortalecer os achados desta análise e não como substituição da mesma<sup>46,94</sup>. Os valores obtidos para estatística Kappa apresentaram-se entre 0,44 e 1 para maioria das variáveis analisadas, demonstrando concordância inter-examinadores de moderada a quase perfeita<sup>95</sup> na análise visual desses dados. Entretanto, os valores obtidos para as variáveis relação FC/FC máxima prevista pico e FR isocarga mostraram-se muito baixos, caracterizando pobre concordância inter-examinadores<sup>95</sup>.

A escolha da intensidade de treinamento (70% da carga de trabalho pico) baseou-se no fato de que intensidades de treinamento acima de 60% da capacidade de exercício pico são consideradas suficientes para produzir efeitos fisiológicos<sup>13,16,34</sup>, sendo que porcentagens mais elevadas parecem produzir maiores benefícios<sup>13,27,98</sup>. Entretanto, Maltais *et al.*<sup>30</sup> verificaram que apenas cinco pacientes com DPOC moderada a grave, de um total de 42, conseguiram alcançar intensidade de 80% da carga pico ao final de 12 semanas de um programa de treinamento que incluía pedalagem em cicloergômetro. Além disso, eles encontraram uma média de intensidade de 60,4% (22.7) ao final do programa e observaram que 13 pacientes alcançaram intensidade de 70% da carga pico. Dessa forma, optou-se neste estudo por uma intensidade intermediária entre 60 e 80% da carga de trabalho pico.

O presente estudo apresenta algumas limitações que merecem ser discutidas. A primeira delas é o fato das mensurações das fases de *baseline* e de intervenção terem sido realizadas em intervalos de tempo diferentes, semanalmente na primeira



e quinzenalmente na segunda. Entretanto, os estudos experimentais de caso único apresentam alguma flexibilidade na determinação da duração das fases, permitindo considerar o tipo de paciente e o tipo de intervenção<sup>46</sup>. Neste estudo, a complexidade do instrumento de medida utilizado para as mensurações das variáveis alvo, bem como questões de adesão do participante ao estudo influenciou tal escolha. Entretanto, todos os pressupostos necessários para realização do estudo foram verificados e essa diferença foi levada em consideração na representação dos gráficos utilizados para análise visual dos dados.

Outro aspecto foi a não realização de uma segunda fase de *baseline* após a fase de intervenção para verificar se as variáveis alvo retornariam aos níveis do *baseline* após retirada da intervenção. Entretanto, estudos mostraram que a melhora da capacidade de exercício após programa de reabilitação pulmonar pode persistir 12 meses após a finalização do mesmo<sup>22,99</sup>; o que dificultaria a realização de uma nova fase de *baseline*. Mas, como as mudanças da capacidade de exercício no participante deste estudo foram consistentes com aquelas relatadas em diferentes estudos que avaliaram o efeito do treinamento de *endurance* dos membros inferiores em pacientes com DPOC, a relação de causa e efeito foi possivelmente reforçada.

#### **4.1 Efeitos do treinamento de *endurance* dos membros inferiores sobre a capacidade de exercício**

Os principais resultados encontrados neste estudo relacionados aos efeitos do treinamento de *endurance* sobre a capacidade de exercício do participante foram o aumento da carga de trabalho, do volume de oxigênio consumido por minuto e da

ventilação minuto no pico de exercício, e ainda a diminuição da ventilação minuto, da percepção do esforço e da relação FC/FC máxima prevista em isocarga. Adicionalmente, foi verificado aumento do volume de dióxido de carbono produzido por minuto e da saturação periférica da hemoglobina em oxigênio no pico de exercício, bem como diminuição dos equivalentes ventilatórios para o O<sub>2</sub> e o CO<sub>2</sub> em isocarga.

O aumento da W pico na fase de intervenção, refletindo aumento da tolerância ao exercício<sup>20</sup>, foi verificado na análise visual por dois dos três examinadores, e pela comparação das médias das duas fases, que demonstrou aumento de 13,92% desta variável na fase B. Esse resultado foi verificado em ensaios clínicos que avaliaram o efeito do treinamento físico, incluindo *endurance* dos membros inferiores em cicloergômetro, em pacientes com DPOC moderada a grave<sup>18,20,26,30,41,89,100</sup>. Além disso, Troosters *et al.*<sup>39</sup> relataram que a melhora da carga de trabalho pico nos testes incrementais comparado com o *baseline* é de 18%, com intervalo interquartil da melhora relatado entre os estudos de 13% a 24%.

O aumento do VO<sub>2</sub>, do VCO<sub>2</sub> e da VE no pico de exercício na fase de intervenção foi determinado pelos três examinadores na análise visual e, adicionalmente, foi verificado aumento de 16,09%, 16,96% e 11,32%, respectivamente, para essas variáveis. A melhora do VO<sub>2</sub> pico também foi observada por outros autores em pacientes com DPOC após treinamento de *endurance* de intensidade entre 70 e 80% da carga de trabalho pico<sup>18,20,25,29,30,33,41,89,100</sup>. Troosters *et al.*<sup>39</sup> relataram que o consumo de oxigênio pico geralmente apresenta melhora em torno de 11%, quando

grupos de reabilitação são comparados com controles, com intervalo interquartilico de 4% a 18% entre os estudos.

O aumento da VE pico após o treinamento físico corrobora o que foi observado em outros estudos<sup>20,22,41,43,98,100</sup>, sendo que neste estudo isso decorreu principalmente do aumento do VC, o que está em concordância com o estudo de Gigliotti *et al.*<sup>100</sup>. Já o aumento do VCO<sub>2</sub> pico foi observado em poucos estudos, provavelmente porque a mudança desta variável apresenta grande variabilidade entre indivíduos<sup>100</sup>. Do ponto de vista fisiológico, o aumento concomitante das variáveis VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub> e VE no pico de exercício após treinamento de *endurance* dos membros inferiores pode ser explicado pelo fato de que o aumento da capacidade aeróbia resulta em uma maior demanda de O<sub>2</sub> e em uma produção correspondentemente maior de CO<sub>2</sub>, o qual terá que ser eliminado por meio de uma maior ventilação alveolar<sup>101</sup>. Assim, o comportamento das variáveis observadas neste estudo reafirma o que tem sido descrito na literatura.

Outro resultado observado neste estudo refere-se ao comportamento da variável VE isocarga. Todos os examinadores concordaram que houve mudança de tendência desta variável entre as fases, sendo que apresentou aceleração no *baseline* e desaceleração na fase de intervenção. Foi também observada redução de 1,64% da VE isocarga, que foi acompanhada por aumento de 14,49% do VC isocarga e diminuição de 13,80% da FR isocarga. A redução da VE isocarga é um achado freqüente em estudos nos quais pacientes com DPOC foram submetidos a treinamento de *endurance* dos membros inferiores<sup>18,20,22,27,30,41,100</sup>. Entretanto, nesses estudos, a porcentagem de diminuição da VE isocarga variou entre 5%<sup>18,30</sup> e

10%<sup>20</sup>, devido a maior porcentagem de diminuição da FR em comparação a porcentagem de aumento do VC<sup>20,100</sup>. Assim, pode-se especular que a menor diminuição observada da VE isocarga neste estudo, está relacionada à maior porcentagem de aumento do VC isocarga, devendo, entretanto, ser considerado que, apesar de uma maior mudança em termos percentuais, esta variável apresentou um elevado erro padrão da estimativa na análise de regressão e mostrou maior variabilidade no *baseline* (CV=11,76%), quando comparada à FR isocarga (CV=3,32%).

É importante ressaltar também que, apesar das divergências apresentadas na análise visual da FR isocarga, sendo que um examinador determinou que houve diminuição da variável na fase de intervenção e os outros dois relataram que não era possível determinar a mudança de magnitude pela análise visual, o método da banda de dois desvios-padrão mostrou uma redução estatisticamente significativa desta variável. Além disso, a análise de regressão mostrou uma diminuição linear estatisticamente significativa desta variável ao longo do tempo na fase B, bem como aumento significativo do VC isocarga. Entretanto, a acurácia do modelo apresentou-se bem maior para FR com valor de  $r^2$  mais elevado e um erro padrão da estimativa bastante inferior em relação àquele encontrado para VC.

A percepção do esforço pico não apresentou mudança de magnitude entre as fases, o que era um resultado esperado, uma vez que o participante foi submetido a testes incrementais até o máximo de seus sintomas. Já a percepção do esforço isocarga apresentou mudança de tendência entre as fases, mostrando desaceleração na fase B, com sua diminuição nesta fase sendo confirmada pelo método da banda de dois

desvios-padrão. A diminuição da dispnéia ao exercício e cansaço dos membros inferiores para uma mesma carga de trabalho após treinamento físico em pacientes com DPOC foi verificada por Gigliotti *et al.*<sup>100</sup>, sendo que outros autores também observaram essa redução para um mesmo tempo (*isotime*) em testes com carga constante<sup>102,103</sup>. Adicionalmente, essa variável apresentou redução estatisticamente significativa ao longo das sessões de tratamento, o que também foi observado por Punzal *et al.*<sup>98</sup>.

A discussão do comportamento da relação FC/FC máxima prevista obtida no pico do exercício mostrou-se limitada pela grande discordância apresentada entre os examinadores na análise visual desta variável. Entretanto, isso não aconteceu para a relação FC/FC máxima prevista isocarga, pois todos os examinadores concordaram que ela apresentou diminuição de magnitude na fase B e esse resultado foi confirmado pelo método da banda de dois desvios-padrão. A diminuição da FC para uma mesma carga de trabalho, em pacientes com DPOC, após treinamento de *endurance* dos membros inferiores também foi observada por outros autores<sup>20,22,27,30,41,100</sup>. Do ponto de vista fisiológico, isso pode ser explicado pela ausência de alteração importante do débito cardíaco para uma mesma carga de trabalho após treinamento físico ser acompanhada por maior volume de ejeção para esta mesma carga, com conseqüente diminuição da FC<sup>104</sup>.

Durante o programa de treinamento, a relação FC/FC máxima prevista apresentou uma associação quadrática significativa com as sessões de tratamento, entretanto, o valor de  $r^2$  mostrou-se baixo. A redução desta variável ao longo das sessões foi seguida por um aumento decorrente principalmente da elevação observada entre as

sessões 29 e 32. Entretanto, no geral, essa relação permaneceu em média 67,62 (4,23), o que foi equivalente a uma média de 109,92 (6,88) batimentos por minuto. Esse resultado foi similar ao do estudo de O'Donnell *et al.*<sup>102</sup>, no qual pacientes com DPOC moderada a grave apresentaram 108 (2) batimentos por minutos durante as sessões de treinamento, cuja intensidade foi estabelecida com base na escala de Borg modificada.

Os equivalentes ventilatórios para o O<sub>2</sub> e o CO<sub>2</sub> apresentaram diminuição na fase de intervenção, com concordância entre os três examinadores na análise do VE/VO<sub>2</sub> e de pelo menos dois examinadores na análise do VE/VCO<sub>2</sub>. Essa diminuição foi confirmada pelo método da banda de dois desvios-padrão e está descrita na literatura relativa ao treinamento de *endurance* de membros inferiores em pacientes com DPOC<sup>20,27</sup>. Os equivalentes ventilatórios refletem a adequação da resposta ventilatória à demanda metabólica<sup>51</sup> e a diminuição destas variáveis observadas neste estudo pode ser explicada pela menor demanda metabólica para uma mesma carga de trabalho. Pois, apesar de não ter ocorrido uma diminuição em termos percentuais do VO<sub>2</sub> isocarga e do VCO<sub>2</sub> isocarga na fase B em relação à fase A, foi verificada, pela análise visual, mudança de tendência destas variáveis, com aceleração no *baseline* e desaceleração na fase de intervenção. Entretanto, como os equivalentes ventilatórios também estão relacionados ao espaço morto fisiológico (VD/VT)<sup>37,51</sup>, sendo mais elevados quando ocorre aumento do VD/VT, a diminuição deste espaço após o treinamento não pode ser descartada como contribuição na redução dos equivalentes<sup>37</sup>. Apesar do espaço morto fisiológico não ter sido mensurado neste estudo, foi demonstrado que este parâmetro é influenciado por mudanças do padrão respiratório<sup>105</sup>, com redução do espaço morto quando há

aumento do  $VC^{20,105}$  e diminuição da  $FR^{20}$ . Dessa forma, como essas mudanças do padrão respiratório foram verificadas para uma mesma carga de trabalho, a diminuição do  $VD/VT$  também pode ter contribuído para redução dos equivalentes ventilatórios.

Em relação à  $SpO_2$  pico, os três examinadores concordaram que houve mudança de tendência entre as fases, com a variável apresentando-se estável na fase A e em aceleração na fase B. O método da banda dos dois desvios-padrão confirmou o aumento desta variável. No que diz respeito a  $SpO_2$  isocarga, o que mais chamou atenção foi a mudança de tendência entre as fases, com desaceleração no *baseline* e aceleração na fase de intervenção. A  $SpO_2$  é uma medida indireta da saturação da hemoglobina em oxigênio no sangue arterial e reflete a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue<sup>51,106</sup>. O aumento dos valores da variável  $SpO_2$  pico observada neste estudo pode refletir uma melhora das trocas pulmonares do oxigênio em decorrência do treinamento de *endurance*, o que, por sua vez, pode ter contribuído para o aumento do  $VO_2$  pico<sup>51</sup>. No entanto, deve ser considerado que os valores observados tanto no fase A como na fase B estiveram sempre dentro da faixa de normalidade<sup>107</sup>. Além disso, um grupo de autores que mensuraram esta variável<sup>20</sup> não encontrou mudança estatisticamente significativa da mesma em pacientes com DPOC, após treinamento de *endurance* dos membros inferiores. De qualquer forma, a interpretação desses resultados deve ser feita com cautela, pois a acurácia da  $SpO_2$  como medida indireta da  $SaO_2$  durante teste incremental em pacientes com DPOC grave já foi questionada<sup>106</sup>. Isso talvez possa justificar a baixa utilização da  $SpO_2$  nos estudos que avaliaram os efeitos do treinamento de *endurance* nessa população.

Apesar de vários estudos terem avaliado os efeitos do treinamento de *endurance* dos membros inferiores sobre a capacidade de exercício de pacientes com DPOC, os mecanismos associados às mudanças induzidas pelo treinamento físico foram pouco explorados. Diversos fatores contribuem para a intolerância ao exercício em pacientes com DPOC, dentre eles, a limitação ventilatória, as anormalidades da hematose, a disfunção cardíaca associada, a disfunção dos músculos respiratórios e dos músculos esqueléticos<sup>12,13</sup>. Alguns autores destacaram a disfunção dos músculos esqueléticos, que apresenta forte associação com a inatividade apresentada por esses pacientes, como foco principal do treinamento físico<sup>12,15,89</sup>. Entretanto, existem estudos apontando que outros aspectos também podem ser melhorados após o treinamento<sup>26,100,103</sup>.

A melhora da função dos músculos esqueléticos após o treinamento de *endurance* dos membros inferiores, em decorrência do aumento da atividade de enzimas oxidativas<sup>30</sup>, da bioenergética muscular, do aumento do número de capilares por fibra muscular<sup>89</sup>, dentre outros fatores, contribui para redução da demanda ventilatória para uma mesma carga de trabalho<sup>20,27,102</sup>. Essa menor ventilação foi associada à redução dos níveis de ácido lático para uma mesma carga de trabalho, com conseqüente diminuição da produção de dióxido de carbono e íons hidrogênio, observada após o treinamento de pacientes com DPOC<sup>27</sup>. Adicionalmente, a melhora do padrão respiratório, com aumento do volume corrente e diminuição da frequência respiratória para uma mesma carga de trabalho, parece contribuir para redução do espaço morto fisiológico e, conseqüentemente, para diminuição da ventilação<sup>20</sup>.



Alguns estudos demonstraram que o treinamento físico pode levar a redução da hiperinsuflação dinâmica em pacientes com DPOC, que estaria associada principalmente a diminuição da frequência respiratória isocarga; o que levaria a diminuição da dispnéia para uma mesma carga de trabalho e aumento da tolerância ao exercício<sup>100,102,103</sup>. Entretanto, apesar da redução da hiperinsuflação dinâmica contribuir para o aumento da capacidade de exercício, ela não é requerida para essa melhora, pois nem todos pacientes que aumentam sua tolerância ao exercício exibem menor grau de hiperinsuflação<sup>26</sup>.

Independentemente das causas subjacentes, uma menor demanda ventilatória e a melhora da função metabólica dos músculos após o treinamento de *endurance* em pacientes com DPOC contribuem para redução da dispnéia ao exercício e da fadiga dos membros inferiores, com conseqüente aumento da capacidade de exercício<sup>15,97</sup>.

#### **4.2 Tempo mínimo para mudanças da capacidade de exercício e estabilização das mudanças durante o período de treinamento**

Os principais resultados deste estudo relacionados ao tempo mínimo necessário para ocorrência de mudanças na capacidade de exercício foram observados na 10ª semana do estudo, o que equivale à quarta semana da fase de intervenção, para as variáveis  $VO_2$ , VE, percepção do esforço,  $VCO_2$  e  $SpO_2$ , todas em isocarga, com concordância entre os examinadores quase perfeita ( $Kappa=1$ ) para todas as variáveis analisadas. É importante destacar que as variáveis obtidas em níveis idênticos de exercício (isocarga ou *isotime*) são consideradas evidências mais conclusivas das mudanças fisiológicas decorrentes do treinamento de *endurance*

dos membros inferiores<sup>15,20</sup>; sendo que, neste estudo, a determinação do ponto de início das mudanças foi possível principalmente na análise visual das variáveis isocarga, exceto pela SpO<sub>2</sub> pico.

No que diz respeito à estabilização das mudanças associadas ao treinamento de *endurance* dos membros inferiores, foi verificado, por meio da análise de regressão, que variáveis como W, VO<sub>2</sub>, VE e percepção do esforço no pico de exercício não apresentaram redução ou aumento ao longo da fase de intervenção. Entretanto, em isocarga, houve diminuição do VO<sub>2</sub>, da VE, da percepção do esforço e da FR, acompanhada por aumento do VC e da SpO<sub>2</sub> durante a fase de intervenção.

A mudança da capacidade de exercício observada após quatro semanas de intervenção está de acordo com o estudo de Skumlien *et al.*<sup>41</sup>, no qual foi observada melhora da capacidade de exercício de pacientes com DPOC moderada a grave (n=40), após programa de reabilitação multidisciplinar de quatro semanas de duração, quando comparados com grupo controle não submetido ao programa (n=20). As mudanças da capacidade de exercício dos indivíduos do grupo intervenção incluíram diminuição da VE isocarga, da FR isocarga e da dispnéia isocarga, dentre outras. É importante ressaltar que em tal estudo os participantes foram submetidos não só a treinamento de *endurance* dos membros inferiores em esteira a 70% da carga pico do *baseline*, quatro a cinco vezes por semana, mas também a treinamento de força. No entanto, alguns estudos mostraram que a adição desta modalidade de treinamento ao treinamento de *endurance* não proporcionou melhora na capacidade de exercício, apesar dos ganhos significativamente maiores da força e da massa muscular<sup>19,28</sup>.

Outros estudos que avaliaram o efeito de programas de reabilitação de três semanas de duração, que incluíram treinamento de *endurance* dos membros inferiores, também verificaram melhora da capacidade de exercício em pacientes com DPOC<sup>42,43</sup>. Entretanto, como nestes estudos não foi realizada avaliação do efeito do treinamento sobre as variáveis mensuradas neste trabalho, os participantes foram submetidos a treinamento cinco<sup>42</sup> a seis vezes<sup>43</sup> por semana e nós não realizamos avaliação da capacidade de exercício na 3ª semana da fase de intervenção, a comparação dos resultados é dificultada.

Foi verificado, em isocarga, que variáveis importantes, relacionadas à tolerância ao exercício em pacientes com DPOC, apresentaram melhora progressiva ao longo da fase de intervenção. As variáveis VE, percepção do esforço e relação FC/FC máxima prevista, todas em isocarga, mostraram associação cúbica com a variável tempo, durante a fase de intervenção, devido a aumentos ocorridos na 14ª e 16ª semanas. É possível que isso esteja associado ao fato do paciente ter relatado aumento da tosse e cansaço na noite anterior ao teste da 14ª semana e de ter tido, segundo relato do mesmo, contato com ambiente com poeira no dia anterior ao teste da 16ª semana. A maior elevação da relação FC/FC máxima prevista ocorrida na 16ª semana pode estar relacionada à maior FC de repouso (85 bpm) observada no dia deste teste. É importante destacar que mesmo assim o valor de FC apresentado na 16ª mostrou-se dentro dos limites aceitáveis para realização do teste.

Apesar de, em isocarga, VE, percepção do esforço e relação FC/FC máxima prevista terem apresentado o mesmo modelo de associação na análise de regressão, como foi demonstrado na FIG. 19 dos resultados, na página 75, pode ser visualizado que

no último teste as duas primeiras variáveis apresentaram diminuição em relação aos demais pontos de dados, enquanto o último ponto de dado da variável relação FC/FC máxima prevista se apresentou bem próximo ao ponto equivalente ao teste da 10<sup>a</sup> semana. Isso pode justificar o resultado da análise visual, na qual os três examinadores concordaram que a VE isocarga e a percepção do esforço isocarga estavam desacelerando na fase B, enquanto a relação FC/FC máxima prevista isocarga se apresentou estável nesta mesma fase.

Dentro do nosso conhecimento, nenhum outro estudo utilizou este desenho com o objetivo de avaliar os efeitos do treinamento físico em pacientes com DPOC. Assim, a comparação dos resultados encontrados relacionados à estabilização dos dados fica dificultada. Nossos achados de melhora progressiva da tolerância ao exercício ao longo do tempo são confirmados, de certa forma, pelos achados de *Rossi et al.*<sup>24</sup>. Esses autores verificaram melhora da capacidade de exercício, pelo aumento da carga de trabalho pico, em pacientes com obstrução crônica ao fluxo aéreo após a 10<sup>a</sup> e a 20<sup>a</sup> sessões de um programa de reabilitação multidisciplinar realizado três vezes na semana. Entretanto, as melhoras observadas após a 20<sup>a</sup> sessão foram significativamente maiores. Por outro lado, *Green et al.*<sup>23</sup> e *Sewell et al.*<sup>40</sup> observaram ganhos similares na capacidade de exercício ao compararem grupos submetidos a quatro ou a sete semanas de programa de reabilitação multidisciplinar. Mas, esses autores utilizaram o *incremental shuttle walking test* para avaliação da tolerância ao exercício e não variáveis obtidas no teste incremental em cicloergômetro ou esteira.

Apesar das mudanças observadas nas variáveis relacionadas à tolerância ao exercício ao longo da fase de intervenção, não é possível determinar se ela se traduziria em melhora progressiva da capacidade para realização de atividades de vida diária ou mesmo da qualidade de vida relacionada à saúde. Bendstrup *et al.*<sup>108</sup> verificaram que um grupo de pacientes com DPOC (n=16) submetidos a um programa de reabilitação multidisciplinar de 12 semanas de duração apresentou melhora significativa da capacidade de exercício, mensurada pelo teste de caminhada de seis minutos, quando comparado a um grupo controle (n=16), nas avaliações realizadas na 6ª e 12ª semanas após início da intervenção. Entretanto, a melhora para realização de atividades de vida diária só foi verificada após a 12ª semana.

No presente estudo, foram observadas mudanças na capacidade de exercício, verificadas por meio das variáveis em situação de isocarga, após a quarta semana de treinamento de *endurance* dos membros inferiores em cicloergômetro em um paciente com DPOC grave. Este resultado corrobora os achados de outros estudos que encontraram que programas de reabilitação realizados por um curto período de tempo são capazes de produzir ganhos fisiológicos significativos, bem como a recomendação da *British Thoracic Society*<sup>16</sup> de que programas de no mínimo quatro semanas de duração, duas a cinco vezes por semana, são capazes de produzir efeitos de treinamento.

Um aspecto importante desse resultado relaciona-se ao fato de que programas de reabilitação com menor duração podem estar associados a uso mais efetivo de recursos financeiros e à maior oferta dos mesmos para um maior número de

pacientes<sup>39,40</sup>. Entretanto, não foram encontrados na literatura da área estudos que compararam a relação custo-efetividade de programas de diferentes durações.

Deve-se também levar em consideração que, apesar dos ganhos fisiológicos observados após quatro semanas de treinamento, as mudanças mostraram-se progressivas até o final da intervenção. Segundo Troosters *et al.*<sup>39</sup>, um dos objetivos dos programas de reabilitação deve ser produzir o máximo de benefício possível aos pacientes e programas de duração maior do que aquela necessária para ocorrência de efeitos fisiológicos parecem ser benéficos. Isso pode estar associado ao fato de que mudanças comportamentais<sup>39</sup>, da capacidade para realização de atividades de vida diária<sup>108</sup> e da qualidade de vida relacionada à saúde<sup>23</sup> parecerem exigir um tempo mais longo. Entretanto, o estudo de Sewell *et al.*<sup>40</sup> mostrou que pacientes submetidos a programas de quatro ou sete semanas de duração não apresentaram diferenças significativas na melhora da qualidade de vida relacionada à saúde nas avaliações realizadas na sétima semana de tratamento e seis meses após a finalização do mesmo. Dessa forma, estudos complementares parecem necessários para esclarecer se programas de maior duração produzem maiores benefícios fisiológicos e se esses se traduzem em ganhos significativamente e/ou clinicamente maiores de outros aspectos também importantes.

## 5 CONCLUSÃO

O participante avaliado neste estudo apresentou melhora da tolerância ao exercício após treinamento de *endurance* dos membros inferiores que se mostrou consistente com os resultados de estudos da área. As mudanças observadas em variáveis importantes relacionadas à capacidade de exercício se iniciaram após quatro semanas de intervenção e mostraram-se progressivas, sem estabilização das mesmas, até o final do programa de treinamento de 12 semanas. Espera-se que os resultados deste estudo contribuam para melhor entendimento da duração mínima do treinamento em pacientes com DPOC, uma questão que é freqüentemente discutida, mas pouco investigada. E que forneça, talvez, uma base para a utilização do desenho experimental de caso único para investigação desta questão. Seria interessante a replicação deste desenho em mais indivíduos com DPOC, uma vez que os resultados encontrados podem ser generalizados apenas para pacientes com as mesmas características apresentadas pelo participante do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Update 2005. Disponível em: <http://www.goldcopd.com/Guidelineitem.asp?l1=2&l2=1&intId=989>. Acesso em: 29 set. 2006.
2. SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISOLOGIA. Consenso Brasileiro sobre Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica. *J. Bras. Pneumol.*, v. 30, supl. 5, p. S1-S42, nov. 2004.
3. MANNINO, D. M. Chronic obstructive pulmonary disease: definition and epidemiology. *Respir. Care*, v. 48, n. 12, p. 1185-1191, Dec. 2003.
4. CELLI, B. *et al.* Future perspectives in COPD. *Respir. Med*, v. 99, suppl. B, p. S41-S48, Dec. 2005.
5. MIRAVITLES, M. Avaliação econômica da doença pulmonar obstrutiva crônica e de suas agudizações. *J. Bras. Pneumol.*, v. 30, n. 3, p. 274-285, 2004.
6. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Chronic Obstructive Pulmonary Diseases. Disponível em: <http://www.who.int/respiratory/copd/en>. Acesso em: 14 jun. 2006.
7. LOPEZ, A. D., MURRAY, C. C. The global burden of disease, 1990-2020. *Nat. Med.*, v. 4, n. 11, p. 1241-1243, Nov. 1998.
8. DOURADO, V. Z. *et al.* Manifestações sistêmicas na doença pulmonar obstrutiva crônica. *J. Bras. Pneumol.*, v. 32, n. 2, p. 161-171, 2006.
9. DECRAMER, M. *et al.* Systemic effects of COPD. *Respir. Med.*, v. 99, suppl. B, p. S3-S10, Dec. 2005.
10. AGUSTÍ, A. G. *et al.* Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Respir. J.*, v. 21, n. 2, p. 347-360, Feb. 2003.
11. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Pulmonary rehabilitation. *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.*, v. 159, n. 5 Pt 1, p. 1666-1682, May 1999.



12. ROCHESTER, C. L. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease. *J. Rehabil. Res. Dev.*, v. 40, n. 5, suppl. 2, p. 59-80, Sept. 2003.

13. NICI, L. *et al.* American Thoracic Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 173, n. 12, p. 1390-1413, June 2006.

14. REARDON, J. *et al.* Pulmonary rehabilitation for COPD. *Respir. Med*, v. 99, suppl. B, p. S19-S27, Dec. 2005.

15. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. Skeletal muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. A statement of the American Thoracic Society and European Respiratory Society. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 159, n. 4 Pt 2, p. S1-S40, Apr. 1999.

16. BRITISH THORACIC SOCIETY. Pulmonary rehabilitation. *Thorax*, v. 56, n. 11, p. 827-834, Nov. 2001.

17. RIES, A. L. *et al.* Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. *Chest*, v. 131, suppl. 5, p. S4-S42, May 2007.

18. MALTAIS, F. *et al.* Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 154, n. 2 Pt 1, p. 442-447, Aug. 1996.

19. MADOR, M. J. *et al.* Endurance and strength training in patients with COPD. *Chest*, v. 125, n. 6, p. 2036-2045, June 2004.

20. CASABURI, R. *et al.* Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 155, n. 5, p. 1541-1551, May 1997.

21. LACASSE, Y. *et al.* Pulmonary rehabilitation for chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst. Rev.*, v. 4, 2006.

22. TROOSTERS, T. *et al.* Short- and long-term effects of outpatient rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial. *Am. J. Med.*, v. 109, n. 3, p. 207-212, Aug. 2000.

23. GREEN, R. H. *et al.* A randomised controlled trial of four weeks versus seven weeks of pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*, v. 56, n. 2, p. 143-145, Feb. 2001.
24. ROSSI, G. *et al.* Length and clinical effectiveness of pulmonary rehabilitation in outpatients with chronic airway obstruction. *Chest*, v. 127, n. 1, p. 105-109, Jan. 2005.
25. SPRUIT, M. A. *et al.* Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. *Eur. Respir. J.*, v. 19, n. 6, p. 1072-1078, June 2002.
26. PORSZASZ, J. *et al.* Exercise training decreases ventilatory requirements and exercise-induced hyperinflation at submaximal intensities in patients with COPD. *Chest*, v. 128, n. 4, p. 2025-2034, Oct. 2005.
27. CASABURI, R. *et al.* Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v. 143, n. 1, p. 9-18, Jan. 1991.
28. BERNARD, S. *et al.* Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 159, n. 3, p. 896-901, Mar. 1999.
29. ORTEGA, F. *et al.* Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 166, n. 5, p. 669-674, Sept. 2002.
30. MALTAIS, F. *et al.* Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 155, n. 2, p. 555-561, Feb. 1997.
31. PUHAN, M. A. *et al.* How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction. *Thorax*, v. 60, n. 5, p. 367-375, May 2005.
32. MAHLER, D. A. Pulmonary rehabilitation. *Chest*, v. 113, p. S263-S268, Apr. 1998.

33. ONG, K. C. *et al.* Comparison of different exercise tests in assessing outcomes of pulmonary rehabilitation. *Respir. Care*, v. 49, n. 12, p. 1498-1503, Dec. 2004.
34. GOSSELINK, R. *et al.* Exercise training in COPD patients: the basic questions. *Eur. Respir. J.*, v. 10, n. 12, p. 2884-2891, Dec. 1997.
35. PATESSIO, A. *et al.* Ventilatory and metabolic changes as a result of exercise training in COPD patients. *Chest*, v. 101, suppl. 5, p. S274-S278, May 1992.
36. DATTA, D., ZUWALLACK, R. High versus low intensity exercise training in pulmonary rehabilitation: is more better? *Chron. Respir. Dis.*, v. 1, n. 3, p. 143-149, 2004.
37. CLARK, C. J. *et al.* Low intensity peripheral muscle conditioning improves exercise tolerance and breathlessness in COPD. *Eur. Respir. J.*, v. 9, n. 12, p. 2590-2596, Dec. 1996.
38. NORMANDIN, E. A. *et al.* An evaluation of two approaches to exercise conditioning in pulmonary rehabilitation. *Chest*, v. 121, n. 4, p. 1085-1091, Apr. 2002.
39. TROOSTERS, T. *et al.* Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 172, n. 1, p. 19-38, July 2005.
40. SEWELL, L. *et al.* How long should outpatient pulmonary rehabilitation be? A randomised controlled trial of 4 weeks versus 7 weeks. *Thorax*, v. 61, n. 9, p. 767-771, Sept. 2006.
41. SKUMLIEN, S. *et al.* Four weeks' intensive rehabilitation generates significant health effects in COPD patients. *Chron. Respir. Dis.*, v. 4, n. 1, p. 5-13, 2007.
42. MIYAHARA, N. *et al.* Effects of short-term pulmonary rehabilitation on exercise capacity and quality of life in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Acta Med Okayama*, v. 54, n. 4, p. 179-184, Aug. 2000.
43. SERRES, I. *et al.* Improved skeletal muscle performance after individualized exercise training in patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Journal Cardiopulmonary Rehabilitation*, v. 17, n. 4, p. 232-238, July 1997.

44. BERRY, M. J. *et al.* A randomized, controlled trial comparing long-term and short-term exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, v. 23, n. 1, p. 60-68, Jan. 2003.
45. BACKMAN, C. L. *et al.* Single-subject research in rehabilitation: a review of studies using AB, withdrawal, multiple baseline, and alternating treatments designs. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, v. 78, n. 10, p. 1145-1153, Oct. 1997.
46. PORTNEY, L. S.; WATKINS, M. P. Single-Subject Designs. In: \_\_\_\_\_. *Foundations of Clinical Research*. New Jersey: Prentice Hall Health, 2000. cap. 12, p. 223-264.
47. KAZDIN, A. E. *Single-case research designs: methods for clinical and applied settings*. New York: Oxford University Press, 1982. 368 p.
48. AMERICAN THORACIC SOCIETY. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 152, n. 5 Pt 2, p. S77-S121, Nov. 1995.
49. COVEY, M. K. *et al.* Reliability of submaximal exercise tests in patients with COPD. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 31, n. 9, p. 1257-1264, Sept. 1999.
50. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global database on Body Mass Index: an interactive surveillance tool for monitoring nutrition transition. Disponível em: [www.who.int/bmi/index.jsp](http://www.who.int/bmi/index.jsp). Acesso em: 19 out. 2006.
51. AMERICAN THORACIC SOCIETY/AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS. ATS/ACCP Statement on cardiopulmonary exercise testing. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 167, n. 2, p. 211-277, Jan. 2003.
52. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Triagem de saúde e estratificação dos riscos. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. cap. 2, p. 15-21.
53. PROBST, V. S. *et al.* Cardiopulmonary stress during exercise training in patients with COPD. *Eur. Respir. J.*, v. 27, n. 6, p. 1110-1118, June 2006.

54. YAZBEK JUNIOR, P. Ergoespirometria: tipos de equipamentos, aspectos metodológicos e variáveis úteis. *Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo*, v. 11, n. 3, p. 682-694, maio 2001.
55. WEISMAN, I. M., ZEBALLOS, R. J. Clinical exercise testing. *Clin. Chest. Med.*, v. 22, n. 4, p. 679-701, Dec. 2001.
56. SULLIVAN, M. J. *et al.* Relation between central and peripheral hemodynamics during exercise in patients with chronic heart failure. Muscle blood flow is reduced with maintenance of arterial perfusion pressure. *Circulation*, v. 80, n. 4, p. 769-781, 1989. (Abstract).
57. MACFARLANE, D. J. Automated metabolic gas analysis systems: a review. *Sports. Med.*, v. 31, n. 12, p. 841-861, 2001.
58. SERRA, S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq. Bras. Cardiol.*, v. 68, n. 4, p. 301-304, 1997.
59. PRIEUR, F. *et al.* Validity of oxygen uptake measurements during exercise under moderate hyperoxia. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 30, n. 6, p. 958-962, June 1998.
60. GUIMARÃES, J. I. *et al.* Normatização de técnicas e equipamentos para realização de exames em ergometria e ergoespirometria. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, v. 80, p. 458-464, 2003.
61. ANDRADE, J. *et al.* II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia Sobre Teste Ergométrico. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, v. 78, supl. 2, p. 2-16, 2002.
62. YAZBEK JUNIOR, P. *et al.* Ergoespirometria. Teste de Esforço Cardiopulmonar, metodologia e interpretação. *Arquivo Brasileiro de Cardiologia*, v. 71, n. 5, p. 719-724, 1998.
63. WASSERMAN, K.; HANSEN, J. E.; SUE, D. Y.; STRINGER, W. W. Clinical Exercise Testing. In: \_\_\_\_\_. *Principles Exercise Testing and Interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. cap. 6, p. 133-159.
64. NICKERSON, B. G. *et al.* Bias and precision of pulse oximeters and arterial oximeters. *Chest*, v. 93, n. 3, p. 515-517, Mar. 1988.

65. YELDERMAN, M., NEW, W., Jr. Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiology*, v. 59, n. 4, p. 349-352, Oct. 1983.
66. BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.
67. BORG, G. A. Administração das escalas de Borg. In: \_\_\_\_\_. *Escalas de Borg para a dor e o esforço percebido*. São Paulo: Manole, 2000. cap. 7, p. 49-57.
68. CULLEN, D. L., RODAK, B. Clinical utility of measures of breathlessness. *Respir. Care*, v. 47, n. 9, p. 986-993, Sept. 2002.
69. FIX, A. J.; DAUGHTON, D. M. *Human Activity Profile; Professional Manual*. Nebraska: Psychological Assessment Resources, 1988. 25 p.
70. SOUZA, A. C. *et al.* Adaptação transcultural e análise das propriedades psicométricas da versão brasileira do Perfil de Atividade Humana. *Cad. Saúde Pública*, v. 22, n. 12, p. 2623-2636, Dec. 2006.
71. NEDER, J. A. *et al.* Prediction of metabolic and cardiopulmonary responses to maximum cycle ergometry: a randomised study. *Eur. Respir. J.*, v. 14, n. 6, p. 1304-1313, 1999.
72. OWENS, M. W. *et al.* Evaluating the effects of chronic therapy in patients with irreversible air-flow obstruction. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v. 134, n. 5, p. 935-937, Nov. 1986.
73. HODGES, L. D. *et al.* Validity and reliability of selected commercially available metabolic analyzer systems. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, v. 15, n. 5, p. 271-279, Oct. 2005.
74. NOSEDA, A. *et al.* Lung function, maximum and submaximum exercise testing in COPD patients: reproducibility over a long interval. *Lung*, v. 167, n. 4, p. 247-257, 1989.
75. DILLARD, T. A. *et al.* Prediction of ventilation at maximal exercise in chronic air-flow obstruction. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v. 132, n. 2, p. 230-235, Aug. 1985.

76. CAMPBELL, S. C. A comparison of the maximum voluntary ventilation with the forced expiratory volume in one second: an assessment of subject cooperation. *J. Occup. Med.*, v. 24, n. 7, p. 531-533, July 1982.
77. NEDER, J. A. *et al.* Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 32, n. 6, p. 719-727, June 1999.
78. MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. Capacidade funcional do sistema cardiovascular. In: \_\_\_\_\_. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. cap. 17, p. 283-297.
79. HAJIRO, T. *et al.* Analysis of clinical methods used to evaluate dyspnea in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 158, n. 4, p. 1185-1189, Oct. 1998.
80. PITTA, F. *et al.* Possíveis consequências de não se atingir a mínima atividade física diária recomendada em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica estável. *J. Bras. Pneumol.*, v. 32, n. 4, p. 301-308, 2006.
81. SIMON, K. M. *Atividade de vida diária e índice de mortalidade "BODE" em indivíduos portadores de Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica*. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) - Centro Universitário do Triângulo, Uberlândia, 2006.
82. NÁPOLIS, A. M. *et al.* Dispneia crônica e alterações funcionais respiratórias em ex-trabalhadores em abastose avaliados para concessão de benefício. *J. Bras. Pneumol.*, v. 36, n. 6, p. 528-534, 2004.
83. MAN, W. D. *et al.* Symptoms and quadriceps fatigability after walking and cycling in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 168, n. 5, p. 562-567, Sept. 2003.
84. COOPER, C. Pulmonary Disease. In: AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *American College of Sports Medicine Exercise Management for Persons with Chronic Diseases and Disabilities*. Champaign: Human Kinetics, 1997. cap. 12, p. 74-80.

85. TAYLOR, D. C. *et al.* Viscoelastic characteristics of muscle: passive stretching versus muscular contractions. *Med. Sci. Sports Exerc.*, v. 29, n. 12, p. 1619-1624, Dec. 1997.
86. GOSSELINK, R. Ask the expert: exercise and rehabilitation. *Breath*, v. 3, n. 4, p. 338-340, June 2007.
87. ZACARIAS, E. C. *et al.* Heart Rate at the Estimated Lactate Threshold in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Effects on the Target Intensity for Dynamic Exercise Training. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, v. 20, n. 6, p. 369-376, Nov. 2000.
88. MALAGUTI, C. *et al.* Alternative strategies for exercise critical power estimation in patients with COPD. *Eur. J. Appl. Physiol.*, v. 96, n. 1, p. 59-65, Jan. 2006.
89. SALA, E. *et al.* Effects of endurance training on skeletal muscle bioenergetics in chronic obstructive pulmonary disease. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 159, n. 6, p. 1726-1734, June 1999.
90. HIGA, M. N. *et al.* Comparison of anaerobic threshold determined by visual and mathematical methods in healthy women. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 40, n. 4, p. 501-508, Apr. 2007.
91. PITHON, K. R. *et al.* Comparação das respostas cardiorrespiratórias entre exercício de carga constante e incremental abaixo, acima e no limiar de anaerobiose ventilatório. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 10, n. 2, p. 163-169, 2006.
92. OTTENBACHER, K. Statistical analysis of syngle system data. In: \_\_\_\_\_. *Evaluate clinical change; estrategias for Occupational and Physical Therapists*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1986. cap. 8, p. 166-195.
93. SAMPAIO, I. B. M. Estatísticas descritivas básicas. In: \_\_\_\_\_. *Estatística aplicada à experimentação animal*. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2002. cap. 3, p. 15-29.
94. NOURBAKSH, M. R., OTTENBACHER, K. J. The statistical snalysis of single-subject data: a comparative examination. *Physical Therapy*, v. 74, n. 8, p. 768-776, Aug. 1994.



95. LANDIS, J. R., KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
96. PEREIRA, C. A. C. *et al.* Valores de referência para a espirometria em uma amostra da população brasileira adulta. *J. Bras. Pneumol.*, v. 18, n. 1, p. 10-22, 1992.
97. WASSERMAN, K. *et al.* Exercise testing and interpretation: an overview. In: \_\_\_\_\_. *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. cap. 1, p. 1-9.
98. PUNZAL, P. A. *et al.* Maximum intensity exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*, v. 100, n. 3, p. 618-623, Sept. 1991.
99. FOGLIO, K. *et al.* Long-term effectiveness of pulmonary rehabilitation in patients with chronic airway obstruction. *Eur. Respir. J.*, v. 13, n. 1, p. 125-132, Jan. 1999.
100. GIGLIOTTI, F. *et al.* Exercise training improves exertional dyspnea in patients with COPD: evidence of the role of mechanical factors. *Chest*, v. 123, n. 6, p. 1794-1802, June 2003.
101. MCARDLE, W. D. *et al.* Dinâmica da ventilação alveolar. In: \_\_\_\_\_. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro: Gunabara Koogan, 1996. cap. 14, p. 237-253.
102. O'DONNELL, D. E. *et al.* General exercise training improves ventilatory and peripheral muscle strength and endurance in chronic airflow limitation. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, v. 157, n. 5 Pt 1, p. 1489-1497, May 1998.
103. PUENTE-MAESTU, L. *et al.* A controlled trial of the effects of leg training on breathing pattern and dynamic hyperinflation in severe COPD. *Lung*, v. 184, n. 3, p. 159-167, May 2006.
104. WASSERMAN, K. *et al.* Clinical application of cardiopulmonary exercise testing. In: \_\_\_\_\_. *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. cap. 9, p. 198-241.
105. BAKER, R. W., BURKI, N. K. Alterations in ventilatory pattern and ratio of dead-space to tidal volume. *Chest*, v. 92, n. 6, p. 1013-1017, Dec. 1987.

106. MCGOVERN, J. P. *et al.* Comparison of oxygen saturation by pulse oximetry and co-oximetry during exercise testing in patients with COPD. *Chest*, v. 109, n. 5, p. 1151-1155, May 1996.

107. PILLING, J., CUTAIA, M. Ambulatory oximetry monitoring in patients with severe COPD: a preliminary study. *Chest*, v. 116, n. 2, p. 314-321, Aug. 1999.

108. BENDSTRUP, K. E. *et al.* Out-patient rehabilitation improves activities of daily living, quality of life and exercise tolerance in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur. Respir. J.*, v. 10, n. 12, p. 2801-2806, Dec. 1997.

## APÊNDICE 1

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Obrigada pelo seu interesse em participar do estudo “**EFEITOS DE UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE *ENDURANCE* EM PACIENTES COM DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA MODERADA: UM ESTUDO EXPERIMENTAL DE CASO ÚNICO**”.

#### Justificativa e objetivo

Esta é uma pesquisa de grande importância para os doentes pulmonares, pois tem como objetivo documentar os efeitos associados a um programa de exercício físico, identificando qual é o tempo mínimo necessário para que ocorram ganhos importantes na capacidade de exercício e em quanto tempo estes ganhos se estabilizam. Apesar de já ser conhecido os vários benefícios do treinamento físico em pacientes com doenças pulmonares, a melhor duração dos programas de reabilitação precisa ser mais bem estudada, permitindo que se estabeleça uma melhor relação entre custos e benefícios para os pacientes.

#### Responsáveis:

- 1) Profa. Dra. Verônica Franco Parreira do Departamento de Fisioterapia / Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).
- 2) Danielle Soares Rocha Vieira, mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação pela UFMG.

#### Procedimentos:

Este estudo será dividido em duas fases.

Na primeira fase, o (a) Sr. (a) deverá comparecer no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório da Escola de Educação Física Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG uma vez por semana durante pelo menos cinco semanas seguidas. Em cada dia desta primeira fase, o (a) Sr. (a) será submetido (a) a um teste de esforço em uma bicicleta, com aumento crescente da carga, com análise de gases da respiração por meio do uso de uma máscara muito confortável e com monitorização contínua da pressão arterial, da frequência cardíaca, do cansaço e da saturação de oxigênio. Após este teste, o (a) Sr. (a) irá descansar por no mínimo 45 minutos e, então, será submetido (a) a um outro teste na bicicleta, porém com uma carga constante. Durante este outro teste, o (a) Sr. (a) também será continuamente monitorado (a). Dessa forma, o (a) Sr. (a) permanecerá no laboratório por aproximadamente duas horas.

Na segunda fase do estudo, o (a) Sr. (a) irá comparecer no mesmo laboratório durante quatro vezes na semana. Durante uma vez na semana, o (a) Sr. (a) será submetido aos mesmos testes descritos anteriormente. Nos outros três dias, o (a) Sr. (a) será submetido (a) a um programa de exercício físico, que consistirá de alongamento dos músculos das pernas, 30 minutos de pedalagem em uma bicicleta e novamente alongamento dos músculos das pernas. Durante a realização do exercício, o (a) Sr. (a) também será continuamente monitorado. O (a) Sr. (a) permanecerá no laboratório por aproximadamente uma hora nos dias de exercício físico. Esta fase de tratamento do estudo terá uma duração aproximada de 12 semanas.

**Riscos e desconfortos:**

Os riscos são mínimos uma vez que os critérios para sua entrada no estudo foram bem determinados e pelo fato do (a) Sr. (a) ter sido avaliado (a) e encaminhado (a) pelo pneumologista responsável. O que eventualmente podem ocorrer durante os testes e durante o treinamento são alterações na frequência cardíaca, cansaço ou dores fatigantes nas pernas. Em qualquer situação, como citada anteriormente, ou se o (a) Sr. (a) perceber qualquer sintoma diferente do habitual, o teste ou o treinamento será imediatamente interrompido e serão tomadas as providências necessárias.

**Benefícios esperados:**

O (a) Sr. (a) receberá uma completa avaliação da função cardíaca e respiratória semanalmente, além de tratamento específico por um período aproximado de 12 semanas. Além disso, os resultados encontrados poderão ser utilizados para orientação de outros profissionais, beneficiando indiretamente outras pessoas.

**Forma de acompanhamento e assistência**

Os testes propostos serão realizados pela mestrandia Danielle Soares Rocha Vieira no Laboratório de Avaliação e Pesquisa em Desempenho Cardiorrespiratório. Assistência médica estará disponível em caso de eventuais problemas.

**Garantia de esclarecimento**

Em qualquer momento da pesquisa, o (a) Sr. (a) tem o direito de receber informações acerca da pesquisa e dos testes que serão realizados.

**Garantia de sigilo**

Os dados obtidos durante a pesquisa são confidenciais e não serão usados para outros fins.

**Direito de recusa**

Como voluntário, o (a) Sr. (a) pode recusar a participar ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalização ou prejuízo.

**Ressarcimento e indenização**

O (a) Sr. (a) não terá qualquer tipo de despesa para participar da pesquisa e não receberá remuneração por sua participação na pesquisa. As despesas com o seu deslocamento serão de responsabilidade das pesquisadoras.

Diante destas informações, se for de sua vontade participar deste estudo, favor preencher o consentimento abaixo:

CONSETIMENTO: Declaro que li e entendi a informação contida acima e que todas as dúvidas foram esclarecidas.

Desta forma, eu \_\_\_\_\_ concordo em participar deste estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do voluntário

\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

Belo Horizonte, \_\_\_/ \_\_\_/ \_\_\_\_.

**Telefones e endereços para contato:**

- Professora Verônica Franco Parreira

**Endereço:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

**Telefone:** 3499 – 4781 / 3221-0523

- Danielle Soares Rocha Vieira

**Endereço:** Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha. Belo Horizonte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

**Telefone:** 3412 –7255 e 9709 – 2506

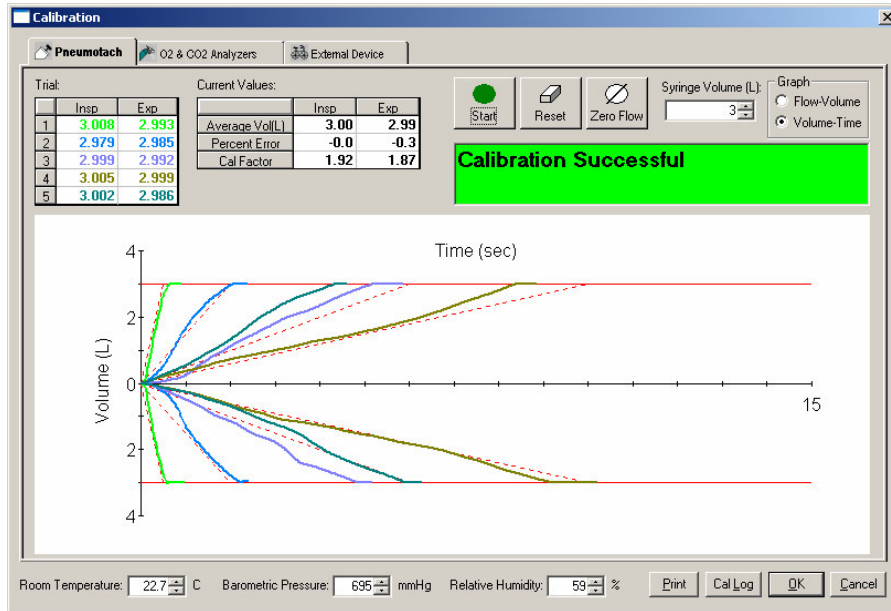
- Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP)

**Endereço:** Avenida Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2º andar. Campus Pampulha. Belo Horizonte.

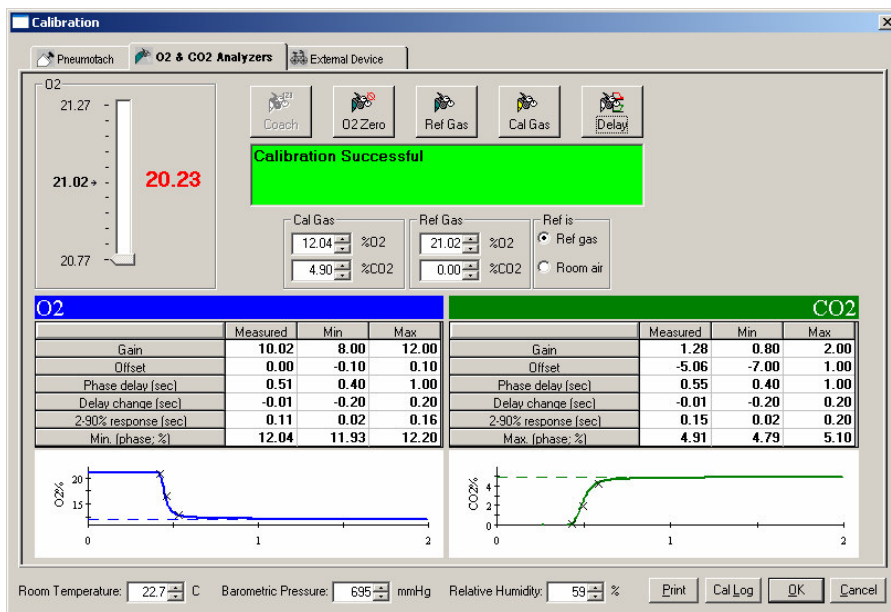
**Telefone:** 3499-4592

## APÊNDICE 2

### PARTE A - EXEMPLO DE UMA TELA DE CALIBRAÇÃO BEM SUCEDIDA DO PNEUMOTACÓGRAFO



### PARTE B - EXEMPLO DE UMA TELA DE CALIBRAÇÃO BEM SUCEDIDA DOS ANALISADORES DE O<sub>2</sub> E CO<sub>2</sub>





### APÊNDICE 3


#### PRINCIPAIS VARIÁVEIS MEDIDAS DE FORMA NÃO INVASIVA DURANTE TESTE DE ESFORÇO CARDIOPULMONAR

<b>Variáveis</b>	
<b>Carga</b>	Carga de trabalho
<b>Metabólicas</b>	VO <sub>2</sub> , VCO <sub>2</sub> , R, LA, Relação VO <sub>2</sub> / carga de trabalho
<b>Cardiovasculares</b>	FC, PA, ECG, VO <sub>2</sub> /FC
<b>Respiratórias</b>	VE, VC, FR, VE/VVM, PETO <sub>2</sub> , PETCO <sub>2</sub>
<b>Relacionadas à troca de gases pulmonares</b>	SpO <sub>2</sub> , VE/VO <sub>2</sub> , VE/VCO <sub>2</sub>
<p>VO<sub>2</sub> = Volume de oxigênio consumido por minuto; VCO<sub>2</sub> = Volume de dióxido de carbono produzido por minuto; R = Razão de troca respiratória; LA = Limiar anaeróbio; FC = Frequência cardíaca; PA = Pressão arterial; ECG = Eletrocardiograma; VO<sub>2</sub>/FC= Pulso de oxigênio; VE = Ventilação minuto; VC = Volume corrente; FR = Frequência respiratória; VVM = Ventilação voluntária máxima; VE/VVM = Reserva ventilatória; PETO<sub>2</sub> = Pressão expirada de O<sub>2</sub>; PETCO<sub>2</sub> = Pressão expirada de CO<sub>2</sub>; SpO<sub>2</sub> = Saturação periférica de O<sub>2</sub>; VE/VO<sub>2</sub> = Equivalente ventilatório para o O<sub>2</sub>; VE/VCO<sub>2</sub> = equivalente ventilatório para o CO<sub>2</sub>.</p>	



Fonte: Baseado em WEISMAN; ZEBALLOS<sup>55</sup>, 2001, p. 685.

## APÊNDICE 4

### ERGOESPIROMETRIA - PASSO A PASSO

- 1- Ligar estabilizador do computador.
- 2- Ligar ergoespirômetro.
- 3- Aguardar 30 minutos para estabilização do sistema (aquecimento célula de O<sub>2</sub> e estabilização eletrônica).
- 4- Abrir os cilindros de gases. Deve-se desenroscar/girar as duas balas de O<sub>2</sub> no sentido anti-horário até o final e os dois manômetros giram no sentido horário até mais ou menos no 15.
- 5- Entrar no software **BREEZE** (na área de trabalho).
- 6- Clicar em **GX VAC** para ligar bomba de vácuo. São necessários 10 minutos para estabilizar a célula de O<sub>2</sub>. Quando a bomba de vácuo estiver pronta aparecerá a palavra **READY** (na cor verde) ao lado do ícone **GX VAC**.
- 7- Clicar em **FILE, NEW PATIENT** (ou no ícone).
- 8- Preencher campos (em azuis campos obrigatório), como o último nome, ID, DOB, Race: causiana  
Obs: DOB (**DAY OF BIRTH**) é data de nascimento.
- 9- Clicar no botão **ADD VISIT**.
- 10- Preencher campo da aba inferior **VISIT DEMOGRAPHICS** (altura e peso são campos obrigatórios). Selecionar nome de médico e técnico ou inserir um novo clicando no botão **NEW** ao lado do campo. Preencher o campo Physicians (nome do médico) e Technician (nome da pessoa que está fazendo o estudo). Preencher campo da aba inferior **PATIENT HISTORY** (diagnóstico, medicação). Preencher campo da aba inferior **ENVIROMENTAL** (temperature, barometric pressure e relative humity). Se necessário você poderá adicionar estas informações em outro momento por meio da aba inferior **VISIT**.
- 11- Salvar (clicar no ícone disquete na barra de ferramentas ).
- 12- Clicar em **CALIBRATE** para calibração do fluxo. (para calibrar o ergoespirômetro para detectar diferentes velocidades de fluxo) É necessário calibrar em cinco diferentes velocidades aleatoriamente.
- 13- O software abrirá automaticamente na aba superior **Pneumotach**.

- 14-Atualizar temperatura (room temperature), pressão (barometric pressure) e umidade (relative humidity) na parte inferior da janela.
- 15-Conectar o **UMBILICAL CLIP** no pneumotacômetro (observar encaixe correto, ou seja, sentada em frente o computador um pauzinho à E e 2 à D) e depois o pneumotacômetro na seringa (parte da colméia voltada para seringa).
- 16-Posicionar a seringa sobre a perna com o êmbolo totalmente inserido.
- 17-Clicar em **ZERO FLOW** (informa de novo temperatura, pressão e umidade) e não fazer nenhum movimento com o pneumotacômetro.
- 18-Clicar em **START**.
- 19-Haverá comando no gráfico para puxar o êmbolo (**withdraw, ou seja, para fora**) e para injetar (**inject para dentro**) – deve-se aguardar o aparecimento dos comandos (withdraw ou inject) para executar a ação. É imprescindível realizar 5 ciclos completos (1 withdraw e 1 inject) em velocidades distintas (que varie de alta a baixa velocidade) para calibração de todos os tipos de transdutores de pressão. Após este procedimento, aparecerá em verde **CALIBRATION SUCCESSFUL** (seguir a figura abaixo, clicar em ok).
- 20-Conectar o **UMBILICAL CLIP** na frente do equipamento. Clicar em **GX AUTOCAL** e depois **OK** para calibração de gases (se for automática). Caso haja algum erro (aparecendo em vermelho) clique em **RETRY** para repetir o procedimento. OBS: A primeira calibração do dia é sempre manual. Para fazer a calibração manual deve clicar Calibrate -> O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> analyzers -> chave no zero para calibrar o O<sub>2</sub> -> chave no Ref -> clicar no Ref Gás-> chave no Gair-> clicar no Cal Gás -> clicar no Delay -> aguardar a mensagem calibration successful -> OK.
- 21-Clicar em **GX** para abrir protocolo de teste a ser utilizado. Em **SCRIPT NAME**, escolher bicicleta ou esteira, (se for feito juntamente com eletro, sendo esteira, selecionar C2 treadmill, sendo bicicleta: C2 bike). Caso você utilize a esteira, ligar o monitor preto e clicar em entra. Em **EXERCISE TEST SETTINGS / DEFAULT PROTOCOL**, selecionar protocolo de teste a ser utilizado (ex: ramping treadmill). Selecionar em **BORG SCALE** para escolher qual escala de Borg será utilizada, por exemplo escala de 0 a 10. Caso seja necessário personalizar um protocolo específico para alguma pesquisa, deve-se clicar em **FILE, NEW, EXERCISE DEVICE PROTOCOL** (com o ícone **PATIENT** fechado) e então padronizar o teste a ser inserido.

- 22-**Após calibração de gases encaixar o pneumotacômetro na máscara com colméia voltada para o interior da máscara. Posicionar a máscara no voluntário de forma a não permitir vazamento de ar. Para testar o vazamento, posicione a mão na frente do pneumotacômetro (vedando a saída de ar) durante a expiração do voluntário e verifique se há escape de ar.
- 23-**Conectar o **UMBILICAL CLIP**, posicionado para cima, no pneumotacômetro (observar encaixe correto). O **UMBILICAL CLIP** deve ser mantido a 90º em relação à linha horizontal (DO SOLO) do pneumotacômetro.
- 24-**Clicar em **TEST e START**. Automaticamente será iniciado com período de repouso. Quando desejado, clicar em **EXERCISE** para iniciar o teste. Durante o teste, os parâmetros FC, PA, Borg e SpO2 podem ser inseridos por meio do ícone **CREAT NEW EVENT** (). Caso o voluntário interrompa o teste antes do previsto pelo protocolo, clicar em **RECOVERY**. Finalizado o período de recuperação, clicar em **STOP** e salvar (). Após o teste, desligar bomba de vácuo (Gx vac).

## APÊNDICE 5

FICHA DE AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO DIA

Data: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

Data nascimento: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos

Escolaridade: \_\_\_\_\_ Profissão: \_\_\_\_\_

End.: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

Massa: \_\_\_\_\_ Kg

Altura: \_\_\_\_\_ cm

IMC: \_\_\_\_\_ Kg/cm<sup>2</sup>

FC máxima: \_\_\_\_\_ bpm

90%FC máxima: \_\_\_\_\_

## • História de fumo:

Anos que não fuma: \_\_\_\_\_

Maços de cigarro/ano: \_\_\_\_\_

Tipo de cigarro: \_\_\_\_\_

## Espirometria:

	%	Encontrado	Previsto	Limite Inferior
CV(I)				
CV Bd				
CVF (I)				
CVFBd				
VEF <sub>1</sub> (I)				
VEF <sub>1</sub> Bd				
FEF <sub>25-75%</sub> (l/s)				
FEF <sub>25-75%</sub> Bd				
VEF <sub>1</sub> /CVF				

Resposta a Bd: \_\_\_\_\_

Avaliação pré-teste

• Doenças associadas/História Familiar: \_\_\_\_\_

• Sintomas: \_\_\_\_\_

• Medicamentos (dosagem; vezes/dia, há quanto tempo): \_\_\_\_\_

• **Atividades durante a semana:** \_\_\_\_\_

• **PA:** \_\_\_\_\_ mmHg **FC:** \_\_\_\_\_ bpm **FR:** \_\_\_\_\_ irpm **SpO<sub>2</sub>:** \_\_\_\_\_ %

• **Ausculta respiratória:** \_\_\_\_\_

• **Realização de técnica desobstrutiva:** ( ) SIM ( ) NÃO

• **Expectoração de secreção:** ( ) SIM ( ) NÃO

• **Característica:** \_\_\_\_\_

**Sinais após técnica:**

• **PA:** \_\_\_\_\_ mmHg **FC:** \_\_\_\_\_ bpm **FR:** \_\_\_\_\_ irpm **SpO<sub>2</sub>:** \_\_\_\_\_ %

**Tamanho da máscara:** \_\_\_\_\_

**Furos na bicicleta:** \_\_\_\_\_

**Grau de flexão do joelho (150°-170°):** \_\_\_\_\_

<b>Escala MRC - Medical Research Council.</b>
0. Tenho falta de ar apenas quando faço esforço físico intenso
1. Tenho falta de ar quando ando apressado mesmo no plano ou quando subo um pequeno morro.
2. No plano ando mais devagar que pessoas da minha idade porque sinto falta de ar ou tenho que parar para respirar quando ando no meu ritmo.
3. Paro para respirar depois de andar cerca de noventa metros ou depois de poucos minutos no plano.
4. A minha falta de ar não me permite sair de casa ou sinto falta de ar ao me vestir ou me despir.
<b>Grau de dispnéia:</b> _____

**APÊNDICE 6****TESTE INCREMENTAL**

Nº: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

• Nome: \_\_\_\_\_

• Massa: \_\_\_\_\_ Altura: \_\_\_\_\_ IMC: \_\_\_\_\_

• Temperatura: \_\_\_\_\_ Umidade: \_\_\_\_\_ Pressão: \_\_\_\_\_

• Sintomas: \_\_\_\_\_

• Medicamentos: \_\_\_\_\_

• PA: \_\_\_\_\_ mmHg FC: \_\_\_\_\_ bpm FR: \_\_\_\_\_ irpm SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_ %

• Ausculta respiratória: \_\_\_\_\_

• Realização de técnica desobstrutiva: ( ) SIM ( ) NÃO

• Expectoração de secreção: ( ) SIM ( ) NÃO

• Característica: \_\_\_\_\_

**Sinais após técnica:**• PA: \_\_\_\_\_ mmHg FC: \_\_\_\_\_ bpm FR: \_\_\_\_\_ irpm SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_ %**TESTE**

• INÍCIO DO TESTE: \_\_\_\_\_ FINAL DO TESTE: \_\_\_\_\_

• **3 MINUTOS REPOUSO****Final 2º MINUTO**FC: \_\_\_\_\_ bpm SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_ % PA: \_\_\_\_\_ mmHg

<b><u>1º MINUTO 15 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:	<b><u>2º MINUTO 25 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>3º MINUTO 35 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:
<b><u>4º MINUTO 45 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>5º MINUTO 55W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:	<b><u>6º MINUTO 65 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:
<b><u>7º MINUTO 75 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:	<b><u>8º MINUTO 85 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>9º MINUTO 95 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:
<b><u>10º MINUTO 105 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>11º MINUTO 115 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:	<b><u>12º MINUTO 125 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg: PA:
<b><u>13º MINUTO 135 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:	<b><u>14º MINUTO 145 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>15º MINUTO 155 W</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : Borg:
<b><u>Resfriamento: 3' Pedalagem</u></b>		<b><u>Repouso</u></b>
<b><u>Após 1º MIN.</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA: Borg:	<b><u>Após 3º MIN.</u></b> FC: SpO <sub>2</sub> : PA:	<b><u>Após 10 minutos</u></b> FC: FR: SpO <sub>2</sub> : PA:

Carga máxima: \_\_\_\_\_ W

Segundos: \_\_\_\_\_

**Motivo da interrupção:**

- ( ) Predominantemente falta de ar
- ( ) Predominantemente esforço/cansaço nas pernas
- ( ) Uma combinação aproximadamente igual dos 2 acima
- ( ) Outros sintomas: \_\_\_\_\_



## APÊNDICE 7

### FICHA DE AVALIAÇÃO - TREINAMENTO DE ENDURANCE

Nome: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_  
 FC máxima prevista : \_\_\_\_\_ 90% FC máxima: \_\_\_\_\_  
 FC teste: \_\_\_\_\_

#### - Antes exercício

- PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC(bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_
- Ausculta respiratória: \_\_\_\_\_
- Realização de desobstrução: ( ) Não ( ) Sim Expectoração: ( ) Não ( ) Sim

#### - Cicloergômetro

Tempo	PA(mmHg)	FC (bpm)	FR(irmp)	SpO <sub>2</sub>	Borg
Aquecimento (5min)					
5 min					
10 min					
15 min					
20 min					
25 min					
30 min					
Resfriamento (2min)					

- Tempo de treinamento com carga de 70% do máximo = \_\_\_\_\_

Início	Final	Tempo

Tempo total:  
\_\_\_\_\_

- Uso de O<sub>2</sub> durante treinamento: ( ) Não ( ) Sim ( \_\_\_\_\_ l/min)

#### - Pós-exercício

- PA(mmHg): \_\_\_\_\_ FC(bpm): \_\_\_\_\_ FR(irmp): \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub>: \_\_\_\_\_
- Ausculta respiratória: \_\_\_\_\_
- Realização de desobstrução: ( ) Não ( ) Sim Expectoração: ( ) Não ( ) Sim

- Observações:

## **APÊNDICE 8**

### **OLHAR DISSERTAÇÃO IMPRESSA**

## **ANEXO 1**

### **OLHAR DISSERTAÇÃO IMPRESSA**

## ANEXO 2

### PERFIL DE ATIVIDADE HUMANA

Este folheto contém itens que descrevem atividades comuns que as pessoas realizam em suas vidas diárias. Para cada questão, responda “**ainda faço a atividade**” se você consegue realizar tal atividade sozinho quando precisa ou quando tem oportunidade. Indique “**parei de fazer**” a atividade se você conseguia realizá-la no passado, mas, provavelmente, não consegue realizá-la hoje, mesmo se tivesse oportunidade. Finalmente, responda “**nunca fiz**” se você, por qualquer motivo, nunca realizou tal atividade.

ATIVIDADES	Ainda faço	Parei de fazer	Nunca fiz
1. Levantar e sentar em cadeiras ou cama (sem ajuda)			
2. Ouvir rádio			
3. Ler livros, revistas ou jornais			
4. Escrever cartas ou bilhetes			
5. Trabalhar numa mesa ou escrivaninha			
6. Ficar de pé por mais que um minuto			
7. Ficar de pé por mais que cinco minutos			
8. Vestir e tirar roupa sem ajuda			
9. Tirar roupas de gavetas ou armários			
10. Entrar e sair do carro sem ajuda			
11. Jantar num restaurante			
12. Jogar baralho ou qualquer jogo de mesa			
13. Tomar banho de banheira sem ajuda			
14. Calçar sapatos e meias sem parar para descansar			
15. Ir ao cinema, teatro ou a eventos religiosos ou esportivos			
16. Caminhar 27 metros (um minuto)			
17. Caminhar 27 metros sem parar (um minuto)			
18. Vestir e tirar a roupa sem parar para descansar			
19. Utilizar transporte público ou dirigir por 1 hora e meia (158 quilômetros ou menos)			
20. Utilizar transporte público ou dirigir por ± 2 horas (160 quilômetros ou mais)			
21. Cozinhar suas próprias refeições			
22. Lavar ou secar vasilhas			
23. Guardar mantimentos em armários			
24. Passar ou dobrar roupas			
25. Tirar poeira, lustrar móveis ou polir o carro			
26. Tomar banho de chuveiro			
27. Subir seis degraus			
28. Subir seis degraus sem parar			
29. Subir nove degraus			

30. Subir 12 degraus			
31. Caminhar metade de um quarteirão no plano			
32. Caminhar metade de um quarteirão no plano sem parar			
33. Arrumar a cama (sem trocar os lençóis)			
34. Limpar janelas			
35 Ajoelhar ou agachar para fazer trabalhos leves			
36. Carregar uma sacola leve de mantimentos			
37. Subir nove degraus sem parar			
38. Subir 12 degraus sem parar			
39. Caminhar metade de um quarteirão numa ladeira			
40. Caminhar metade de um quarteirão numa ladeira, sem parar			
41. Fazer compras sozinho			
42. Lavar roupas sem ajuda (pode ser com máquina)			
43. Caminhar um quarteirão no plano			
44. Caminhar 2 quarteirões no plano			
45. Caminhar um quarteirão no plano, sem parar			
46. Caminhar dois quarteirões no plano, sem parar			
47. Esfregar o chão, paredes ou lavar carros			
48. Arrumar a cama trocando lençóis			
49. Varrer o chão			
50. Varrer o chão por cinco minutos, sem parar			
51. Carregar uma mala pesada ou jogar uma partida de boliche			
52. Aspirar o pó de carpetes			
53. Aspirar o pó de carpetes por cinco minutos, sem parar			
54. Pintar o interior ou o exterior da casa			
55. Caminhar seis quarteirões no plano			
56. Caminhar seis quarteirões no plano, sem parar			
57. Colocar o lixo para fora			
58. Carregar uma sacola pesada de mantimentos			
59. Subir 24 degraus			
60. Subir 36 degraus			
61. Subir 24 degraus, sem parar			
62. Subir 36 degraus, sem parar			
63. Caminhar 1,6 quilômetro ( $\pm 20$ minutos)			
64. Caminhar 1,6 quilômetro ( $\pm 20$ minutos), sem parar			
65. Correr 100 metros ou jogar peteca, "voley", "baseball"			
66. Dançar socialmente			
67. Fazer exercícios calistênicos ou dança aeróbia por cinco minutos, sem parar			
68. Cortar grama com cortadeira elétrica			
69. Caminhar 3,2 quilômetros ( $\pm 40$ minutos)			

70. Caminhar 3,2 quilômetros sem parar ( $\pm 40$ minutos)			
71. Subir 50 degraus (2 andares e meio)			
72. Usar ou cavar com a pá			
73. Usar ou cavar com a pá por 5 minutos, sem parar			
74. Subir 50 degraus (2 andares e meio), sem parar			
75. Caminhar 4,8 quilômetros ( $\pm 1$ hora) ou jogar 18 buracos de golfe			
76. Caminhar 4,8 quilômetros ( $\pm 1$ hora), sem parar			
77. Nadar 25 metros			
78. Nadar 25 metros, sem parar			
79. Pedalar 1,6 quilômetro de bicicleta (2 quarteirões)			
80. Pedalar 3,2 quilômetros de bicicleta (4 quarteirões)			
81. Pedalar 1,6 quilômetro, sem parar			
82. Pedalar 3,2 quilômetros, sem parar			
83. Correr 400 metros (meio quarteirão)			
84. Correr 800 metros (um quarteirão)			
85. Jogar tênis/frescobol ou peteca			
86. Jogar uma partida de basquete ou de futebol			
87. Correr 400 metros, sem parar			
88. Correr 800 metros, sem parar			
89. Correr 1,6 quilômetro (2 quarteirões)			
90. Correr 3,2 quilômetros (4 quarteirões)			
91. Correr 4,8 quilômetros (6 quarteirões)			
92. Correr 1,6 quilômetro em 12 minutos ou menos			
93. Correr 3,2 quilômetros em 20 minutos ou menos			
94. Correr 4,8 quilômetros em 30 minutos ou menos			

- EMA (Escore Máximo de Atividade): Numeração da atividade com a mais alta demanda de  $O_2$  que o indivíduo ainda faz, não sendo necessário cálculo matemático.
- EEA (Escore Ajustado de Atividade): EMA – nº de itens que o indivíduo parou de fazer anteriores ao último que ele ainda faz.

<b>Classificação</b>	<b>EAA</b>
Debilitado (inativo)	< 53
Moderadamente ativo	53 – 74
Ativo	> 74

## ANEXO 3

### **INSTRUÇÕES PARA ESCALA CR10 DE BORG**

Desejamos que você nos fale sobre como você irá perceber o seu esforço durante o exercício, ou seja, como você sente a intensidade do exercício pesado. Isso depende principalmente da tensão e da fadiga (cansaço) nos seus músculos e/ou da sua sensação de falta de ar. Mas você deve prestar atenção somente às suas sensações subjetivas.

Comece com uma expressão verbal e, em seguida, escolha um número. Se a sua percepção for “Muito fácil” escolha 1; se “Moderada”, escolha 3, etc.

Fique à vontade para utilizar meios valores (como 1,5 ou 2,5). É muito importante que você responda o que você percebeu, e não o que acredita que deveria responder. Seja o mais honesto possível e tente não superestimar nem subestimar as intensidades.

1 Corresponde a um exercício “muito fácil”, o mesmo que andar lentamente em seu próprio ritmo durante alguns minutos.

3 Na escala é um exercício “moderado”, não muito intenso. A pessoa sente-se bem, e não há problema em continuar com o exercício.

5 Corresponde a um exercício “forte”; ele é percebido com dificuldade, e você fica cansado, mas não tem uma dificuldade muito grande em continuar o exercício.

7 É muito forte e vigoroso. Você ainda pode prosseguir, mas terá de se esforçar muito e sentirá bastante cansado.

10 Na escala é um nível de exercício “extremamente forte”. É a percepção mais intensa que você já experimentou. Contudo, pode ser possível experimentar ou imaginar algo ainda mais forte. Portanto, o “máximo absoluto” está posicionado um pouco mais abaixo na escala, sem receber um número fixo, esse nível está marcado por um ponto • (É o nível mais elevado de esforço possível). Se você perceber uma intensidade maior do que 10, poderá usar um número mais elevado.

Fonte: BORG<sup>67</sup>, 2000, p. 56.

## ANEXO 4

### **CRITÉRIOS PARA INTERRUPTÃO DOS TESTES**

- DOR TORÁCICA SUGESTIVA DE ISQUEMIA
- MUDANÇAS ISQUÊMICAS NO ECG
- ECTOPIA COMPLEXA
- BLOQUEIO DE SEGUNDO OU TERCEIRO GRAU
- QUEDA SIGNIFICATIVA NA PRESSÃO ARTERIAL SISTÓLICA (PAS) (20 mmHg) OU AUSÊNCIA DE ELEVAÇÃO NA PRESSÃO SISTÓLICA COM UM AUMENTO NA INTENSIDADE DO EXERCÍCIO
- HIPERTENSÃO PAS > 250 mmHg e PA DIASTÓLICA > 120 mmHg
- DESSATURAÇÃO SEVERA: SpO<sub>2</sub> < 80%, QUANDO ACOMPANHADA DE SINTOMAS E SINAIS DE HIPOXEMIA SEVERA
- AUSÊNCIA DE AUMENTO DA FC COM UMA MAIOR INTENSIDADE DO EXERCÍCIO
- PALIDEZ REPENTINA
- PERDA DA COORDENAÇÃO
- CONFUSÃO MENTAL
- VERTIGEM OU QUASE SÍNCOPE
- SINAIS DE INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA

Fonte: AMERICAN THORACIC SOCIETY / AMERICAN COLLEGE OF CHEST PHYSICIANS<sup>51</sup>, 2003, p. 227.