

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA PRODUÇÃO DE  
FORÇA EM REMADORES**

**RAFAEL REIMANN BAPTISTA**

**Orientador**

**Dr. ALVARO REISCHAK DE OLIVEIRA**

**PORTO ALEGRE, 2005.**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DA PRODUÇÃO DE  
FORÇA EM REMADORES**

**RAFAEL REIMANN BAPTISTA**

**Orientador**

**Dr. ALVARO REISCHAK DE OLIVEIRA**

**Dissertação apresentada ao Curso de  
Pós-Graduação em Ciências do  
Movimento Humano, da Escola de  
Educação Física, da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial para obtenção do grau  
de mestre.**

**PORTO ALEGRE, 2005.**

**B222a**     **Baptista, Rafael Reimann**  
Aspectos fisiológicos da produção de força em remadores. /  
Rafael Reimann Baptista. - Porto Alegre: Escola de Educação Física  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

156 f.; il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do  
Sul. Escola de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em  
Ciências do Movimento Humano, 2005.

1. Remo : Biomecânica. 2. Fisiologia do exercício : Lactato. I. Título. II. Oliveira, Alvaro  
Reischak, orientador.

CDU: 797.123:796.012

*"Por mais crítica que seja a situação e as circunstâncias em que te encontrares, não te desesperes. Nas ocasiões em que tudo inspira temor, nada deves temer. Quando estiveres cercado de todos os perigos, não deves temer nenhum. Quando estiveres sem nenhum recurso, deves contar com todos. Quando fores surpreendido, surpreende o inimigo".*

*Sun Tzu em "A Arte da Guerra".*

## AGRADECIMENTOS

O homem é um ser coletivo que só evolui graças a sua interação com os seus semelhantes, resultado de uma troca contínua de informações, experiências e emoções. No âmbito acadêmico isto não é diferente. O presente trabalho é fruto da contribuição direta ou indireta de diversas pessoas, as quais gostaria de prestar os meus mais profundos agradecimentos.

Agradeço aos meus pais, Paulo Roberto Jaeger Baptista e Marta Reimann (*in memoriam*) pela educação, amor e compreensão. Aos meus irmãos, Henrique Reimann Moura e Cristofer Reimann Moura, pela sua confiança e amizade.

A minha noiva Laura Cristina Ely Zibetti, pelo amor, carinho e compreensão nas ausências exigidas para a conclusão deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Alvaro Reischak de Oliveira, pela confiança, oportunidades, amizade e por ter me ensinado o que realmente é fazer ciência em fisiologia do exercício.

Todos os professores do Programa de Pós Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) contribuíram para a realização desse trabalho, através de seus ensinamentos, “puxões de orelha”, exemplos e atenção a mim destinada. Agradeço em especial aos seguintes professores:

Prof. Alberto Reppold Filho, pelo exemplo do que é realmente ser um professor.

Prof. Adroaldo Araújo César Gaya, pelo comprometimento com o perfil de formação do profissional de Educação Física.

Prof. Marco Vaz, pelo seu respeito e consideração aos alunos.

Prof. Guimarães, pela sua postura profissional e exemplo esportivo, tão importante em nossa área.

Prof. Jefferson Loss, pelo seu exemplo de orientação “paternal” aos colegas do Grupo de Pesquisa em Biomecânica.

Prof. Luiz Fernando Martins Krueel, pelo seu exemplo de sucesso e desenvolvimento profissional na área da Educação Física, que na minha opinião, é tão importante quanto o seu sucesso e reconhecimento acadêmico.

Gostaria de agradecer também ao Prof. Luiz Fernando Martins Krueel e Prof. Jefferson Fagundes Loss pela avaliação do projeto deste trabalho na ocasião da qualificação do mesmo.

Agradeço desde já também aos membros da banca, pela atenção destinada a avaliação desta dissertação de mestrado.

O convívio com os colegas do curso foi muito importante para essa minha produção. Principalmente os meus colegas do PPGCMH que me ajudaram com sua amizade, carinho, discussões acadêmicas, e também com as festas e churrascos. Também os grupos GEFEX (Grupo de Estudos em Fisiologia e Bioquímica do Exercício), GPAA (Grupo de Pesquisa em Atividades Aquáticas) e Grupo de pesquisa em Biomecânica. Agradeço particularmente aos seguintes colegas:

Profa. Letícia Gandolfi de Oliveira, pela amizade e companheirismo no estudo da fisiologia e biomecânica do remo, bem como pelos ensinamentos de biomecânica, análise de sinais biológicos e todo o auxílio prestado durante as coletas e análises dos dados, fundamentais para a realização deste trabalho.

Prof. Gabriel Bosak de Figueiredo, pela amizade e companheirismo no estudo da fisiologia e biomecânica do remo, pelo auxílio prestado durante as coletas de dados, pela intermediação entre a equipe de remo do Grêmio Náutico União (GNU) e ao

nosso grupo de pesquisa e pela atenção nos ensinamentos práticos dos fundamentos básicos deste esporte. Aos professores Carlos Eduardo Markowski Del Rio e Giovanni Cunha, pela amizade e pelos auxílios nas coletas de dados.

Agradeço a toda equipe de remo do GNU, em especial ao Prof. Ricardo Contieri, por ter cedido os atletas a este estudo. Muito obrigado por acreditar e contribuir na construção de conhecimento científico na Educação Física.

Aos professores Leonardo Peyré Tartaruga, Marcus Tartaruga e Jerri Luiz Ribeiro, pelas trocas de informações e pela configuração do anteprojeto que veio a se tornar posteriormente o meu projeto de mestrado. Agradeço ao Prof. Leonardo Peyré Tartaruga também pelo auxílio dado no tratamento estatístico deste trabalho.

Agradeço as minhas colegas a Nutricionista Ana Paula Fayh e a Profa. Caroline Siqueira pelo coleguismo cultivado desde a especialização e amadurecido no mestrado.

Agradeço aos colegas Nutricionista Ms. Cláudia Dornelles Schneider, Prof. Ms. Otávio Bertoletti, Prof. Ms. Marcelo Morganti Sant'Anna e ao Prof. Ms. André Estrela pelas dicas, material fornecido, sugestões e indicações, as quais em função de suas vivências anteriores, poupou muitos problemas e contribuiu muita na elaboração desta dissertação.

Agradeço também aos colegas Fisioterapeutas Ms. Feliciano Bastos Neto, Ms Daniela Aldabe, Ms. João Paulo Cañero e aos Professores Ms Fernando Diefenthaeler, Ms. Débora Rios Garcia, Ms. Denise Pascoal Soares e Orlando Laitano, que contribuíram, cada um a sua maneira, para este trabalho. Em especial a minha colega e amiga Daniela Aldabe, por todo o seu auxílio no desenvolvimento deste trabalho.



Agradeço à consultoria em Bioestatística da Dra. Lucia Pellanda e Ms. Ceres Oliveira e também à consultoria em Biomecânica do Prof. Milton Zaro.

O coleguismo e bons momentos compartilhados dos meus colegas de trabalho na academia Biofitness e Action Fitness Club, em especial aos Professores Zé Gioscia, Profa. Kika, Prof. Renato Schmitt, Profa. Sônia Lacerda, Prof. Daniel Cabral, Prof. Giovanni Mariath Arísio, Prof. Leonel Villeroy, Prof. Fernando Viero, Prof. Alexandre, Profa. Bárbara Hocsman, Prof. Maximiliano Dietrich foram muito importantes nesse momento de produção.

Assim como meus amigos do Guacamaya Nutrição Natural, Fabiano e Alexandre De Franceschi, que me mantiveram alimentado durante 90% do curso de mestrado.

Agradeço a Academia Biofitness pela oportunidade de trabalho e compreensão nos momentos de exigência ao longo do Curso de Mestrado.

É importante agradecer também a todos os funcionários do PPGCMH e LAPEX pela assessoria prestada a nós alunos. Em especial ao André (Secretaria PPGCMH) e ao Luciano e Luiz (Secretaria LAPEX).

Agradeço a Honor de Almeida Neto, pela força “epistemológica” prestada.

E por último, mas não menos importante, gostaria de agradecer ao CNPq pela bolsa de pesquisa a mim concedida e ao CENESP pelo apoio financeiro ao LAPEX que possibilitou a realização deste estudo.

Enfim, ratifico meus agradecimentos a todas as pessoas e grupos citados, bem como aquelas pessoas que por um acaso eu tenha esquecido de citar:

Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	12
LISTA DE TABELAS .....	14
LISTA DE QUADROS .....	15
LISTA DE ABREVIATURAS.....	16
LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA.....	18
RESUMO .....	19
ABSTRACT .....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Objetivos.....	24
1.2 Hipóteses.....	25
1.3 Definição operacional de termos .....	26
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	30
2.1 Aspectos fisiológicos do remo.....	30
<b>2.1.1 Respostas cardiorrespiratórias no remo</b> .....	30
<b>2.1.2 Limiar anaeróbico no remo</b> .....	39
2.2 Aspectos biomecânicos do remo .....	47
<b>2.2.1 Cinesiologia da remada</b> .....	47
<b>2.2.2 Neuromecânica do remo</b> .....	52
3. METODOLOGIA.....	59
3.1 Caracterização da pesquisa.....	59
3.2 População e amostra .....	59
3.3 Aspectos éticos .....	60
3.4 Variáveis.....	61
<b>3.4.1 Variável independente</b> .....	61
<b>3.4.2 Variáveis dependentes</b> .....	61
<b>3.4.3 Variável de controle</b> .....	62
<b>3.4.4 Variáveis de caracterização da amostra</b> .....	63
3.5 Instrumentos de medida.....	64
<b>3.5.1 Cardiotacômetro</b> .....	64
<b>3.5.2 Ergoespirômetro</b> .....	65
<b>3.5.3 Lactímetro</b> .....	66
<b>3.5.4 Remoergômetro</b> .....	67

3.5.5 <i>Célula de carga</i> .....	68
3.5.6 <i>Aparelhos para medição e avaliação da composição corporal</i> .....	69
3.5.7 <i>Programas de computador utilizados</i> .....	70
3.5.8 <i>Ficha de coleta de dados</i> .....	72
3.6 Procedimentos de coleta de dados .....	72
3.7 Protocolo de testes .....	73
3.7.1 <i>Coleta de dados prévios ao teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro</i> .....	73
3.7.2 <i>Calibrações</i> .....	75
3.7.3 <i>Protocolo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro</i> .....	77
3.7.4 <i>Coleta de dados cardiorrespiratórios (FC, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VE, RER, MET)</i> ..	78
3.7.5 <i>Coleta do lactato</i> .....	78
3.7.6 <i>Coleta de dados biomecânicos (força, potência e impulso)</i> .....	79
3.8 Análise dos dados .....	80
3.8.1 <i>Determinação do limiar de lactato</i> .....	81
3.8.2 <i>Aspectos cardiorrespiratórios (FC, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VE, e RER)</i> .....	82
3.8.3 <i>Aspectos lactacidêmicos</i> .....	83
3.8.4 <i>Aspectos biomecânicos (força, potência e impulso)</i> .....	83
3.9 Tratamento estatístico .....	90
4. RESULTADOS .....	91
4.1 Caracterização da amostra .....	91
4.2 Resultados obtidos no limiar de lactato .....	93
4.3 Resultados obtidos no estágio máximo .....	101
4.4 Correlação entre as respostas obtidas no limiar de lactato e o tempo para o pico de força .....	110
4.5 Correlação entre as respostas máximas e o tempo para o pico de força .....	111
4.6 Comparação das respostas fisiológicas e biomecânicas após as modificações no formato da curva de força x tempo .....	113
5. DISCUSSÃO .....	121
6. CONCLUSÕES, SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS E LIMITAÇÕES .....	136
REFERÊNCIAS .....	141
ANEXOS .....	154

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cardiotacômetro Polar S610 <i>Polar Electro (OY – Finland)</i> . .....	64
Figura 2 - Ergoespirômetro <i>Medical Graphics Corporation Cardiopulmonary Exercise - System CPX/D 350 Oak Grove Parkway St Paul MN 55127 – USA</i> . .....	65
Figura 3 - Lactímetro Accutrend®. .....	66
Figura 4 - Remoergômetro <i>Concept II Morrisville - USA</i> . .....	68
Figura 5- Célula de carga Laboratório de Medições Mecânicas UFRGS instalada no remoergômetro .....	69
Figura 6 - Remoergômetro instrumentalizado com célula de carga e ergoespirômetro. ....	80
Figura 7 - Determinação do limiar de lactato pelo método D máx. ....	82
Figura 8 - “Anatomia” da curva de força x tempo – Adaptado de TORRES – MORENO <i>et al.</i> (1999) e MANUAL DO REMOERGÔMETRO CONCEPT II (2005). .....	85
Figura 9 - Gráfico mostrando o processo de seleção das curvas de força x tempo .....	87
Figura 10 – Sincronização para soma das 10 curvas de força selecionadas.....	88
Figura 11 – Curva de força x tempo média .....	89
Figura 12 – Curva de cinética de lactato dos remadores .....	93
Figura 13 - Comparação do TP entre remadores no estágio de limiar de lactato.....	96
Figura 14 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	98
Figura 15 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	98
Figura 16 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	100
Figura 17 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	100
Figura 18 - Classificação dos remadores no estágio máximo .....	103
Figura 19 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	106
Figura 20 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	106
Figura 21 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	108

Figura 22 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	109
Figura 23 - Correlação entre La e o TP no estágio máximo.....	112
Figura 24 - Comparação da produção de CO <sub>2</sub> de limiar entre os grupos.....	116
Figura 25 - Comparação da produção de CO <sub>2</sub> máxima entre os grupos.....	117
Figura 26 - Comparação da ventilação máxima entre os grupos.....	118
Figura 27 - Comparação da potência máximo entre os grupos.....	119
Figura 28 - Comparação do tempo p/ pico máximo entre os grupos.....	120

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Caracterização da amostra .....	92
Tabela 2: Respostas fisiológicas obtidas no limiar de lactato .....	94
Tabela 3: Respostas biomecânicas obtidas no limiar de lactato.....	95
Tabela 4: Comparação do TP entre remadores no estágio de limiar de lactato.....	95
Tabela 5: Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	97
Tabela 6: Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato .....	99
Tabela 7: Respostas fisiológicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro .....	102
Tabela 8: Respostas biomecânicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar.....	102
Tabela 9: Classificação dos remadores no estágio máximo .....	103
Tabela 10: Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	105
Tabela 11: Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo.....	108
Tabela 12: Correlação entre as respostas no limiar de lactato e o TP.....	110
Tabela 13: Correlação entre as respostas no estágio máximo e o TP.....	112
Tabela 14: Comparação entre respostas fisiológicas e biomecânicas com índices de significância ou limítrofes entre os 3 grupos formados.....	115

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Compilação de estudos sobre rotas metabólicas no remo. Extraído de MÄESTU (2004) com autorização.....	36
Quadro 2: Nomenclaturas usadas por alguns estudos para descrever o limiar anaeróbico. Adaptado de TOKMAKIDIS (1990) com permissão.....	42
Quadro 3: Critérios, ergômetros e sujeitos empregados em estudos sobre determinação do limiar anaeróbico. Adaptado de TOKMAKIDIS (1990) com permissão.....	46

**LISTA DE ABREVIATURAS**

AT <sub>4</sub>	<i>Anaerobic Threshold of 4 mM of lactate</i>
ATP	Adenosina trifosfato
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DC	Débito cardíaco
DP	Desvio padrão
F	Força
FC	Frequência cardíaca
FFT	<i>Fast fourier transformation</i>
I	Impulso
IAT	<i>Individual anaerobic threshold</i>
L	Litros
La	Lactato
LL	Limiar de lactato
LV1	Limiar ventilatório 1
LV2	Limiar ventilatório 2
máx.	Máximo
MC	Metade da curva
MED	Média
méd.	Médio
MET	Equivalente metabólico
MI	Membros inferiores
MLSS	<i>Maximal lactate steady state</i>
MS	Membros superiores
O <sub>2</sub>	Oxigênio
P	Potência
PA	Pressão arterial
RER	<i>Respiratory exchange rate</i>
RML	Resistência muscular localizada
SPSS	<i>Statistical packet for social sciences</i>
TC	Tempo de curva
TP	Tempo para o pico de força
VCO <sub>2</sub>	Produção de dióxido de carbono



VE	Ventilação
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxigênio
VO <sub>2</sub> /kg	Consumo de oxigênio relativo à massa corporal
VS	Volume sistólico
W	Trabalho

**LISTA DE UNIDADES DE MEDIDA**

$\mu\text{l}$	microlitros
bpm	batimentos por minuto
$\text{g}/\text{mm}^2$	grama por milímetros quadrados
Hz	Hertz
J	Joules
km	quilômetros
L	litros
lb	libras
m	metros
min	minutos
$\text{mL}.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$	mililitros por quilograma por minuto
mM	milimolar
mm	milímetros
$\text{mm}^2$	milímetros quadrados
N	Newton
$\text{N}.\text{seg}^{-1}$	Newton por segundo
rpm	remadas por minuto
seg	segundos
W	Watt
$\text{W}.\text{kg}^{-1}$	Watts por quilograma

## RESUMO

Atualmente a ciência do esporte requer abordagens que combinem o estudo de aspectos biomecânicos e fisiológicos para o correto entendimento dos fenômenos relacionados ao desempenho humano. Desta forma, o objetivo geral deste estudo foi analisar as relações e as diferenças entre os formatos de curva de força x tempo e as respostas fisiológicas e biomecânicas de remadores. Quinze remadores ( $24,47 \pm 5,21$  anos,  $83,51 \pm 7,19$  kg,  $185,50 \pm 6,53$  cm e  $13,68 \pm 1,65$  % de gordura), foram submetidos a um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. Foram medidas as respostas de  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE, RER, MET, lactato, FC, força, potência e impulso, tanto no estágio de limiar de lactato quanto no estágio máximo alcançado pelos remadores. O Tratamento estatístico foi composto por Teste t-Student para amostras independentes, Correlação Linear de Pearson, Teste Qui-Quadrado de McNemar e ANOVA *one-way*. O nível de significância adotado foi de 5%. Os remadores foram classificados em dois grupos: *stroke* (pico de força na primeira metade da curva de força x tempo) e *bow* (pico de força na segunda metade da curva de força x tempo). No estágio de limiar de lactato foram identificados três remadores com perfil *stroke* e 12 com perfil *bow*, não havendo diferenças significativas nos parâmetros fisiológicos e biomecânicos entre os dois grupos, bem como não havendo correlações significativas entre o formato de curva de força e as respostas fisiológicas e biomecânicas. No estágio máximo alcançado pelos remadores foi possível classificar oito remadores como *stroke* e sete *bow*, sendo que estes últimos apresentaram menores valores de lactato, embora sem significância estatística ( $p=0,067$ ), e maiores níveis de produções de potência ( $p=0,037$ ). Foram encontradas correlações regulares negativas entre o lactato sanguíneo e: a) o tempo para o pico de força ( $r= -0,556$  e  $p=0,031$ ); b) o tempo de curva ( $r= -0,593$  e  $p=0,020$ ); c) a metade da curva de força ( $r= -0,562$  e  $p=0,029$ ). Dos 12 remadores *bow* no limiar de lactato, 41,7% transitaram para um padrão *stroke*, enquanto que 58,3% mantiveram o perfil original no estágio máximo, os quais apresentaram maiores valores de VE, potência e tempo para o pico de força máxima e maiores valores  $VCO_2$  no limiar de lactato. O panorama criado por este conjunto de resultados permite sugerir que treinadores e atletas, interessados em prolongar o tempo de exercício, devem buscar um perfil de pico de força *bow*.

**Palavras-chave: remo, fisiologia, biomecânica, força, potência, lactato.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

Autor: Rafael Reimann Baptista

Orientador: Dr. Alvaro Reischak de Oliveira

Título: Aspectos fisiológicos da produção de força em remadores

Porto Alegre, 2005

## ABSTRACT

At present the sports science require approaches that matches the study of biomechanical and physiological aspects, for the correct understanding of the phenomena related to the human performance. This way, the general purpose of this study was analyze the relationship and the differences between the force x time curves and the physiological and biomechanical responses of rowers. Fifteen rowers ( $24,47 \pm 5,21$  years,  $83,51 \pm 7,19$  kg,  $185,50 \pm 6,53$  cm and  $13,68 \pm 1,65$  % fat), were submitted to a exercise cardiorespiratory test in rowing ergometer. The  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , VE, RER MET, lactate, HR, force, power and impulse, responses were measured in lactate threshold stage as well as in the maximal stage reached by the rowers. The statistical treatment was consisting of unpaired Student's t-Test, Pearson's linear correlation, McNemar's Ki-square and one-way ANOVA. A significance level of 5% was chosen. The rowers were classified in two groups: stroke (peak of force in the first half of force x time curve) and bow (peak of force in the second half of force x time curve). In the lactate threshold stage were identified three rowers with the stroke profile and twelve rowers with the bow profile, with no significant differences between the physiological and biomechanical parameters between the two groups, as well as no significant correlations between the force curve and the physiological and biomechanical responses. In the maximal stage reached by the rowers was possible to classify eight stroke rowers and seven bow, the latter show lower lactate, even though without statistical significance ( $p=0,067$ ), and higher power production ( $p=0,037$ ). Regular and negative correlation between blood lactate and: a) the time to peak of force ( $r= -0,556$  and  $p=0,031$ ); b) The time of curve ( $r= -0,593$  and  $p=0,020$ ); c) the half of force curve ( $r= -0,562$  e  $p=0,029$ ) were found. Of those twelve bow rowers in the lactate threshold, 41,7% change for a stroke pattern, while 58,3% keep the original profile in the maximum stage, showing higher VE , power and time to peak of force values at maximal stage and higher  $VCO_2$  at lactate threshold. The setting formed by this overall of results suggest that, coaches and athletes interested in extend the exercise time, must seek for a bow force x time profile.

**Key words: rowing, physiology, biomechanics, force, power, lactate.**

FEDERAL UNIVERSITY OF RIO GRANDE DO SUL

HUMAN MOVEMENT SCIENCE POSTGRADUATION PROGRAM

Author: Rafael Reimann Baptista

Adviser: Alvaro Reischak de Oliveira, PhD

Title: Physiological aspects of force production in rowing

Porto Alegre, 2005

## 1. INTRODUÇÃO

O remo é um esporte em que o sistema aeróbico possui a maior parte da responsabilidade pela produção energética, entre 70 a 75% da produção total de energia (HAGERMAN, 1984). Todavia, em uma competição oficial de remo com a distância de 2000 m e a duração entre 5 a 7 min, as rotas metabólicas anaeróbica láctica e aláctica também são bastante requisitadas, na ordem de 25 a 30% da produção total de energia (HAGERMAN, 1984, HAGERMAN, 2000). Normalmente os remadores realizam um esforço vigoroso nos primeiros 30 a 45 seg da prova, o que é necessário para iniciar o movimento e atingir uma velocidade de competição no barco, e também nos 45 a 60 seg finais da competição (HAGERMAN, 2000).

Desta forma, os momentos iniciais e finais de uma competição oficial de remo apresentam uma predominância do metabolismo anaeróbico como fonte energética, enquanto durante a maior parte da prova a rota aeróbica é a principal fornecedora de ATP (Adenosina trifosfato) para a contração muscular. Tais características ficam bastante evidenciadas quando se verifica a produção de força nos diferentes momentos da regata. STEINACKER (1993) apresenta dados que mostram um pico de produção de força na ordem de 1000 a 1500 N nos momentos iniciais da regata, e entre 500 a 700 N no decorrer da mesma.

A produção de força desenvolvida pelos remadores apresenta diferentes perfis, que possibilitam (quando esta força é medida em um remoergômetro instrumentalizado com uma célula de carga) a construção de um gráfico da aplicação de força no remo pelo tempo decorrido durante o movimento, o qual chamaremos a partir de agora de curva de força x tempo (HILL, 2002). Diferentes remadores apresentam diferentes formatos de curva de força x tempo, ademais, existem evidências de que estas

diferenças estariam relacionadas a características fisiológicas como o tipo de fibra muscular, atividade enzimática, entre outras (ROTH *et al.*, 1993).

Analisando as curvas de força x tempo dos remadores, podemos classificá-los em basicamente dois grupos: os remadores que apresentam o pico de força na primeira metade da curva de força x tempo e os remadores que apresentam o pico de força na segunda metade da curva de força x tempo. A literatura denomina os remadores com essas características de *stroke* e *bow*, respectivamente, termos estes sem tradução na Língua Portuguesa (embora na gíria entre remadores o termo *stroke* seja utilizado para designar o remador posicionado mais na ponta dianteira do barco, a proa e *bow* o remador mais na ponta traseira, a popa), dessa forma manteremos esta terminologia (ROTH, 1991; ROTH *et al.*, 1993; HILL, 2001.).

ROTH *et al.* (1993) sugerem que remadores com perfil *stroke* apresentariam características fisiológicas como predominância de tipo de fibra de contração rápida no músculo deltóide e atividade enzimática predominantemente glicolítica. Já os remadores *bow*, parecem apresentar predomínio de fibra muscular de contração lenta e atividade enzimática oxidativa no mesmo músculo.

Atualmente, principalmente em se tratando de esportes de alto rendimento, abordagens unilaterais envolvendo apenas aspectos fisiológicos como frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), lactato (La) e etc., ou apenas aspectos biomecânicos como força (F), potência (P), torque e etc. proporcionam uma contribuição limitada para a produção de conhecimento na área das ciências do esporte (ROTH, 1991).

Entender as relações entre as variáveis fisiológicas e biomecânicas em um esporte ajuda a alcançar o máximo desempenho dos atletas. Dentre estas interações, as

relações entre diferentes estratégias de produção de força e as respostas cronotrópicas, ventilatórias e metabólicas são extremamente importantes em um esporte como o remo.

No remo, bem como em outros esportes, o limiar de lactato é um dos parâmetros mais usados, tanto como indicador de desempenho físico, quanto na prescrição do treinamento (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003; RIBEIRO, 1995), podendo ser definido como o ponto de desequilíbrio entre a produção e remoção do lactato durante o fornecimento de energia para a execução de um exercício físico (BROOKS, 1985; COYLE, 1995; HOLLMANN, 2001).

Além disso, as respostas fisiológicas máximas alcançadas em testes de campo e laboratório são largamente estudadas e empregadas como parâmetros de prescrição e controle do treinamento físico (MILLER *et al.*, 1993, MEYER *et al.*, 1999; LEPRETRE *et al.*, 2004; CHUANG *et al.*, 2004).

Existem ainda descrições na literatura de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas se correlacionam melhor com o limiar de lactato do que com a potência aeróbica máxima (BOSQUET, 2002).

Partindo deste princípio, configurou-se a seguinte problemática durante este estudo:

➤ Quais são as relações entre diferentes formatos de curva de força x tempo e as respostas fisiológicas e biomecânicas máximas e no limiar de lactato de remadores? Quais as diferenças nas respostas fisiológicas e biomecânicas máximas e no limiar de lactato entre remadores com diferentes formatos de curva de força x tempo?

Assim, acredita-se que estudar os diferentes formatos de curva de produção de força entre remadores, correlacionando os parâmetros citados anteriormente com as respostas fisiológicas e biomecânicas obtidas, proporcionará informações relevantes ao treinamento desses atletas.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

Analisar as relações e as diferenças entre distintos formatos de curva de força x tempo e as respostas cardiorrespiratórias, lactacidêmicas e biomecânicas, tanto nos valores máximos atingidos em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro como no limiar de lactato de remadores.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

❖ Verificar a associação entre os diferentes formatos de curva de força x tempo e as respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), ventilação (VE), taxa de troca respiratória (RER), lactato (La), equivalentes metabólicos (MET), potência (P), força (F) e impulso (I), tanto nos valores máximos atingidos em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro como no limiar de lactato entre remadores.

❖ Comparar as diferenças nas respostas de frequência cardíaca (FC), consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ), ventilação (VE), taxa de troca respiratória (RER), lactato (La), equivalente metabólico (MET), potência (P), força (F) e impulso (I), tanto nos valores máximos atingidos em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro como no limiar de lactato entre remadores com diferentes formatos de curva de força x tempo.



❖ Analisar possíveis modificações no formato das curvas de força x tempo dos atletas decorridas durante o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, bem como comparar as respostas fisiológicas e biomecânicas decorrentes destas modificações.

## 1.2 Hipóteses

H<sub>1</sub> - Os remadores *bow*, deverão apresentar menores valores de FC, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VE, RER, La, MET, P, F e I, tanto nos valores máximos atingidos em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, como no limiar de lactato quando comparados a remadores *stroke*.

H<sub>2</sub> – Quanto maior o tempo para o pico de força na curva de força x tempo menores deverão ser os valores de FC, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VE, RER, La, MET, P, F e I, tanto nos valores máximos atingidos em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, como no limiar de lactato.

H<sub>3</sub> – Deverá ocorrerá uma diminuição dos parâmetros da curva de força (tempo para o pico, tempo de curva e metade da curva) com a modificação do perfil de curva de força para o padrão *stroke* em função do avanço dos estágios durante o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro.

### 1.3 Definição operacional de termos

- Ergômetro (ergo=trabalho, metria=medida): É um aparelho que permite medir de forma controlada (padronizada) a quantidade de trabalho físico realizado por um indivíduo (WILMORE & COSTILL, 1999).

- Remoergômetro: É um ergômetro específico para avaliação de remadores, o qual propicia uma alta semelhança com o movimento empregado na remada no barco dentro da água (LAMB, 1989).

- Ergoespirômetro (Ergo=trabalho, Espiro=ventilação, Metria=medida): É um aparelho destinado à medição de variáveis ventilatórias durante a realização de um trabalho físico (WILMORE & COSTILL, 1999).

- Cardiotacômetro (Cardio=coração, Taco=ritmo, Metria=medida): Também conhecido como freqüencímetro, é um aparelho usado na medição da FC (WILMORE & COSTILL, 1999).

- Teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro: É um teste de exercício no qual o avaliado inicia com uma determinada carga e tem a sua intensidade aumentada progressivamente, através de estágios que possuam uma duração previamente definida, devendo atingir o máximo desempenho possível. O teste é feito com a medição de parâmetros ventilatórios e cronotrópicos. Foi procurado evitar nesta dissertação o uso dos termos ergometria e ergoespirometria devido às suas limitações, conforme sugere ARAÚJO (2000).

- Freqüência cardíaca (FC): É o número de batimentos cardíacos por minuto (bpm), foi medida neste estudo através de um cardiotacômetro (WILMORE & COSTILL, 1999).

- Consumo de oxigênio ( $VO_2$ ): É a quantidade de oxigênio utilizada pelo organismo em um determinado intervalo de tempo (ARAÚJO, 2002). Foi medido neste estudo de forma direta através de um ergoespirômetro e expresso em mililitros por quilograma por minuto ( $mL.kg.min^{-1}$ ) seguindo as padronizações sugeridas por ARAÚJO (2002) de adaptação de unidades de medida internacionais para a Língua Portuguesa, levando em conta, por exemplo, a semelhança entre a letra l minúscula e o número 1 na fonte *Times New Roman* do Editor de texto *Microsoft Word*®.

- Ventilação (VE): A ventilação ilustra o volume de ar trocado com o meio ambiente por minuto, foi medida pelo ergoespirômetro durante o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro e expressa em litros por minuto ( $L.min^{-1}$ ), seguindo as padronizações sugeridas por ARAÚJO (2002).

- Produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ): A produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) ilustra o volume de  $CO_2$  produzido durante o exercício em função das respostas metabólicas referentes à produção energética do mesmo; Sua medida foi feita pelo ergoespirômetro durante o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro e expresso em litros por minuto ( $L.min^{-1}$ ), seguindo as padronizações sugeridas por ARAÚJO (2002).

- Taxa de troca respiratória (RER – *Respiratory exchange rate*): A taxa de troca respiratória ilustra a relação entre o  $VCO_2$  e o  $VO_2$  e foi medida pelo ergoespirômetro durante o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. A taxa de troca respiratória não foi expressa em nenhuma unidade de medida, sendo referido apenas como um índice (WILMORE & COSTILL, 1999).

- Limiar de lactato: O limiar de lactato pode ser definido como o ponto de desequilíbrio entre a produção e remoção do lactato durante o fornecimento de

energia no momento da execução de um exercício físico. O lactato foi expresso neste estudo em milimolar (mM), seguindo as padronizações sugeridas por ARAÚJO (2002).

- Equivalente metabólico (MET - *Metabolic*): Um equivalente metabólico é definido como os processos metabólicos de produção de energia durante o repouso, equivalendo ao  $VO_2$  de repouso de um indivíduo, o qual gira em torno de  $3,5 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (WILMORE & COSTILL, 1999). Uma vez que o  $VO_2$  é diretamente proporcional à energia gasta durante uma determinada atividade, o MET representa em quantas vezes o metabolismo precisa ser aumentado para uma determinada demanda energética. No caso deste estudo, o MET foi calculado automaticamente pelo *software* do ergoespirômetro com base no  $VO_2$  medido e expresso em equivalentes metabólicos (METs).

- Voga: É o número de remadas realizadas por minuto (GPA, 2005).

- Dinamometria (Dínamo=força, metria=medida): É a técnica utilizada na medição da força (McGINNIS, 2002).

- Força (F): Existem diversas definições para força. Uma vez que a força estudada nesta pesquisa é a aplicada ao remo do remoergômetro, provavelmente a melhor definição seja a de força de tração, que é uma “força cuja direção do ponto de aplicação tenderia a estender ou alongar um objeto ao longo da dimensão que coincide com a linha de ação da força” (McGINNIS, 2002). A força é calculada através da multiplicação da massa pela aceleração, que para este estudo foi medida através da dinamometria por uma célula de carga e expressa em Newton (N).

- Potência (P): “É a taxa de trabalho realizado”, ou seja, “o trabalho realizado dividido pelo tempo” (McGINNIS, 2002). Pode ser calculada através da multiplicação da força pela velocidade. A potência foi medida neste estudo pelo remoergômetro e expressa em Watts (W).

- Impulso (I): É a “força média vezes a duração da aplicação da força”, ou seja, “é igual à mudança na quantidade de movimento linear” (McGINNIS, 2002). Pode ser calculado através da multiplicação da força pelo tempo. O impulso foi medido neste estudo pela integral da curva de força no tempo e expresso em Newton minuto (N.min).

- Curva de força x tempo: É uma expressão gráfica da produção de força durante a execução de uma tarefa física, por um determinado período de tempo. Foi medida neste estudo através de uma célula de carga instalada no remoergômetro (HILL, 2002).

- Pico de força (PF): É a maior força medida pela dinamometria na curva de força x tempo e expresso em N (HILL, 2002).

- Tempo para o pico de força (TP): É o tempo em segundos que o remador leva para atingir o pico de força durante o movimento da remada. Foi medido neste estudo através do programa de computador SAD e expresso em segundos.

- Tempo de curva de força (TC): É a duração em segundos de aplicação de força significativa, ou seja, é a duração da curva de força x tempo. Para a medição neste estudo utilizou-se o programa de computador SAD e foi expressa em segundos.

- Metade da curva de força (MC): É a metade do TC, ou seja, o meio da curva de força x tempo, expresso em segundos. Como medição neste estudo usou-se o programa de computador SAD e foi expressa em segundos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos fisiológicos do remo

#### 2.1.1 Respostas cardiorrespiratórias no remo

O remo é um esporte que possui um gesto esportivo extremamente peculiar, de modo que suas respostas fisiológicas acompanham estas características e se diferenciam de outras modalidades esportivas. Além disso, o ergômetro utilizado na avaliação do remo (remoergômetro), em função de seu gesto esportivo, requisita a utilização de membros superiores e inferiores, diferentemente da esteira ergométrica e do cicloergômetro que solicitam quase que exclusivamente a musculatura de membros inferiores.

Basicamente dois modelos de remoergômetros têm sido descritos na literatura para a investigação de respostas fisiológicas e biomecânicas de remadores e outros grupos: o *Concept II*, que possui uma frenagem oferecida pela resistência do ar; e o *Gjessing* que possui uma frenagem oferecida por atrito mecânico. Comparando o desempenho de remadores nestes dois remoergômetros, LORMES *et al.* (1993) encontraram uma menor produção de potência máxima no modelo *Gjessing* e uma menor frequência cardíaca relativa ao limiar anaeróbico. Já no modelo *Concept II*, os remadores apresentaram uma menor voga e uma menor concentração de lactato sanguíneo. Segundo os autores, as diferenças encontradas entre os dois remoergômetros, provavelmente residem em diferenças na perda de energia pelo sistema de transmissão dos equipamentos.

Comparando o modelo *Gjessing* com outros dois remoergômetros freados a ar (*Rowperfect fixed e Rowperfect free*), MAHONY *et al.* (1999) notaram diferenças entre os ergômetros no consumo de O<sub>2</sub>, ventilação e lactato dos remadores, quando comparados a uma dada potência, mas nenhuma diferença significativa foi constatada quando comparados a uma mesma FC dos avaliados.

É bem aceito que durante um exercício progressivo, a FC e o débito cardíaco (DC) de indivíduos não-atletas aumentam linearmente enquanto que o volume sistólico (VS) normalmente alcança um platô a aproximadamente 40% do VO<sub>2</sub> máximo (ÅSTRAND *et al.*, 1964). Em remadores, entretanto, ROSIELLO *et al.* (1987) demonstraram que em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, com incremento de carga progressiva, ocorria um aumento inicial no VS e subsequente um declínio no mesmo, contrastando com a expectativa de um platô nesta variável como a encontrada em estudos clássicos em esteira e cicloergômetro, avaliando indivíduos ativos fisicamente, mas não-atletas (BEVEGÅRD *et al.*, 1960; ÅSTRAND *et al.*, 1964; DAMATO *et al.*, 1966).

Uma recente revisão bibliográfica abordando as respostas do VS ao exercício trouxe algumas contribuições significativas ao tema. Quatro tipos de respostas no VS puderam ser encontrados na literatura durante um exercício de aumento progressivo de intensidade: platô, platô com posterior queda, platô com posterior aumento e um aumento contínuo, tanto em indivíduos treinados, quanto em não-treinados. Muitas das respostas do VS ao exercício estão associadas a aspectos cardíacos como o tempo de ejeção ventricular, contratilidade miocárdica, diâmetro e massa do ventrículo esquerdo bem como tempo de enchimento diastólico, entretanto existem evidências de que o volume sanguíneo também exerça uma importante influência nesta variável (VELLA & ROBERGS, 2005).

A FC parece aumentar de forma similar em um teste de exercício em remoergômetro e em cicloergômetro (CUNNINGHAM *et al.*, 1975; BOUCKAERT *et al.*, 1983), embora ROSIELLO *et al.* (1987) tenham verificado uma elevação progressivamente maior na FC em remoergômetro, à medida que a intensidade de exercício aumentava. Por outro lado, ROSIELLO *et al.* (1987) verificaram valores de FC máximas similares entre os dois ergômetros, ao contrário do VS que foi significativamente menor durante o remo nas cargas mais elevadas de exercício.

Ambos, VS e FC, são responsáveis pela produção do DC e provocam, portanto, durante um teste de exercício em remoergômetro uma redução no DC quando comparado ao cicloergômetro, como confirmam os achados de CUNNINGHAM *et al.* (1975). As explicações para estas diferenças foram relacionadas com a contratilidade ventricular e o mecanismo de Frank-Starling.

O mecanismo Frank-Starling pode ser definido como uma relação força-comprimento nas fibras musculares cardíacas, e está baseado no fato de que a força de contração cardíaca depende do retorno venoso que chega ao coração, de forma que o enchimento cardíaco através da sua influência no comprimento das fibras musculares altera esta relação tanto positivamente quanto negativamente (VASSALO & STEFANON, 1999).

ROSIELLO *et al.* (1987) e CUNNINGHAM *et al.* (1975) concordam que devido à mecânica do gesto esportivo no remo, as intensas e rítmicas contrações isométricas durante a remada interferem no retorno venoso, causando, portanto, as alterações citadas acima.

A postura corporal, bem como a massa muscular envolvida em um exercício, influenciam o retorno venoso e conseqüentemente o volume sanguíneo central, o que modifica as respostas da FC ao exercício (VAN LIESHOUT *et al.* 2001).



Comparando as respostas da FC no remo com as respostas obtidas na corrida, YOSHIGA & HIGUSHI (2002) verificaram que em jovens, tanto em intensidades submáximas quanto máximas, a FC no remo era menor do que na corrida. Entretanto, no mesmo estudo, o  $\dot{V}O_2$  e o  $\dot{V}O_2$  máximo foi maior no remo do que na corrida em todas as intensidades, bem como lactato sanguíneo ao final do exercício.

No estudo de YOSHIGA & HIGUSHI (2002), a FC foi menor no remo do que na corrida em todas as intensidades estudadas. Por exemplo, a 2 mM de lactato sanguíneo a FC no remo foi de 145 versus 150 bpm na corrida, a 4 mM a FC no remo foi de 170 versus 177 na corrida e a 6 mM a FC no remo foi de 182 versus 188 bpm na corrida. Mesmo na intensidade máxima a FC foi menor no remo 194 bpm do que a encontrada na corrida 198 bpm.

As diferenças nas respostas da FC para estes dois tipos de exercícios são justificadas pelos autores em função da maior massa muscular envolvida no remo, o que proporciona uma maior bomba muscular aumentando o retorno venoso e atenuando a FC devido a um mecanismo de Frank-Starling aumentado, bem como no caso da corrida, em função da posição ereta, o deslocamento de sangue para os membros inferiores, em função da gravidade, requisita uma atividade simpática para controle da pressão arterial, o que aumenta as respostas de FC quando comparado ao remo (YOSHIGA & HIGUSHI, 2002).

Os mesmos autores concluíram que essas mesmas respostas de FC reduzida no remo comparado com a corrida ocorriam também em idosos, e que a FC de reserva, calculada como a FC máxima menos a FC de repouso, também se mostrou menor no remo quando comparado com a corrida, embora o  $\dot{V}O_2$  de reserva, calculado como o  $\dot{V}O_2$  máximo menos o  $\dot{V}O_2$  de repouso, fosse maior no remo do que na corrida (YOSHIGA *et al.*, 2003).

Esses resultados sugerem uma menor exigência cardíaca durante a prática do remo quando comparado com a corrida, o que é particularmente interessante para idosos. De fato, o remo é comumente associado à longevidade em nossa sociedade (MARIANO, 2005).

FARIA & FARIA (1998), por outro lado, não encontraram diferenças ao comparar a FC,  $VO_2$  e a VE de remadoras em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro adaptado usando apenas membros superiores, apenas membros inferiores ou a combinação de ambos, a uma mesma intensidade relativa de 20% de três repetições máximas (RM).

Entretanto, esses autores realizaram também uma comparação em um modo recíproco, ou seja, com o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro adaptado de membros superiores sendo realizado com a carga relativa dos membros inferiores e vice-versa. Nessa situação, embora o  $VO_2$  não tenha se mostrado significativamente diferente, a FC foi maior devido aos membros superiores estarem trabalhando próximos de sua capacidade máxima. Conseqüentemente, uma parte do débito cardíaco é direcionada para os membros superiores aumentando a resistência vascular periférica, causando um conflito no sistema circulatório bem como tônus simpático aumentado, o que segundo os autores explica estas diferenças na FC (FARIA & FARIA, 1998).

Essa mesma natureza de contrações cíclicas, alternando fases dinâmicas e estáticas no remo, influencia fortemente também a pressão arterial. As evidências indicam que o padrão respiratório dos remadores e a manobra de valsalva executada no início de cada remada podem diminuir a pré-carga ventricular, influenciando o retorno venoso e, por conseqüência, o volume diastólico ventricular, o que vai ao encontro dos dados expostos anteriormente (ROSIELLO *et al.*, 1987).

O débito cardíaco representa o volume de sangue bombeado pelos ventrículos na circulação em uma determinada unidade de tempo (VASSALO & STEFANON, 1999) podendo ser calculado pelo produto do volume sistólico pela frequência cardíaca, o qual de acordo com o princípio de Fick, quando multiplicado pela diferença artério-venosa resulta no  $VO_2$ . Quando em um exercício o indivíduo atinge um ponto de intensidade em que seu organismo não consegue mais aumentar o  $VO_2$ , este é chamado de  $VO_2$  máximo e representa o máximo de  $O_2$  que o indivíduo consegue captar da atmosfera, transportar no organismo e usar para a produção de energia durante o exercício. O  $VO_2$  máximo representa, portanto, um importante preditor do sucesso em esportes de resistência (BASSET & HOWLEY, 2000; BERGH *et al.* 2000).

Os critérios normalmente aceitos para a identificação do  $VO_2$  máximo são uma estabilização de seu comportamento (platô), ou seja, mesmo com incrementos na intensidade de exercício, não são evidenciados aumentos no  $VO_2$  (HILL & LUPTON *apud* BASSET & HOWLEY, 2000).

Todavia, nem todos os indivíduos apresentam um platô de seu  $VO_2$  ao final de um teste cardiopulmonar de exercícios, de modo que parâmetros complementares como uma taxa de troca respiratória maior do que 1,15, e níveis de lactato sanguíneo maiores que 8-9 mM são normalmente empregados (BASSET & HOWLEY, 2000).

ARAÚJO (2002) define o  $VO_2$  máximo como o consumo máximo de oxigênio obtido durante o último minuto durante um esforço primariamente aeróbico que envolva grandes massas musculares. BASSET & HOWLEY (2000) ainda complementam essa definição referindo que se trata da maior quantidade de oxigênio consumido e utilizado pelo corpo durante um esforço máximo.

Em muitos estudos, entretanto, o parâmetro utilizado é o  $\text{VO}_2$  de pico, definido como o maior consumo de oxigênio obtido nos instantes finais de um esforço máximo (ARAÚJO, 2002).

A análise das relações entre o  $\text{VO}_2$  e a produção de dióxido de carbono ( $\text{VCO}_2$ ) possibilita o estudo dos metabolismos energéticos predominantemente envolvidos em um determinado esporte. Diversos autores têm publicado diferentes posicionamentos quanto aos percentuais de contribuição das rotas aeróbicas e anaeróbicas de produção de energia durante a prática do remo, como pode ser observado no quadro 1:

Quadro 1: Compilação de estudos sobre rotas metabólicas no remo. Extraído de MÄESTU (2004) com autorização.

Autor	n	aeróbica(%)	anaeróbica(%)
RUSSEL <i>et al.</i> (1998)	19	84	16
HAGERMAN <i>et al.</i> (1978)	310	70	30
HARTMANN (1987)	17	82	18
MICKELSON & HAGERMAN (1982)	25	72	28
ROTH <i>et al.</i> (1983)	10	67	33
SECHER <i>et al.</i> (1982)	7	70-86	30-14
MESSONIER <i>et al.</i> (1997)	13	86	14

Um aspecto importante, que envolve o estudo do  $\text{VO}_2$  máximo, são seus fatores limitantes durante um exercício. Os principais fatores comumente apontados como limitantes do  $\text{VO}_2$  máximo são a capacidade de difusão pulmonar, o débito cardíaco, a capacidade de transporte de  $\text{O}_2$  pela circulação sanguínea e a capacidade de captação deste  $\text{O}_2$  pelos músculos (BASSET & HOWLEY, 2000).

Além disso, o fator limitante principal do  $\text{VO}_2$  parece estar relacionado com o modelo experimental empregado, quando o protocolo utilizado leva em consideração um indivíduo realizando um exercício máximo fazendo uso dos grandes grupos

musculares do corpo humano, então tem sido bem aceito que o principal fator limitante é a habilidade do sistema cardiorrespiratório em transportar O<sub>2</sub> para os músculos.

Quando o modelo experimental empregado leva em consideração um segmento do corpo isolado, então fatores periféricos, como a capacidade de captação de O<sub>2</sub> pelos músculos parece ser mais limitante. E quando o modelo experimental envolve a fisiologia comparativa, estudando as diferenças de VO<sub>2</sub> máximo entre espécies, então o conteúdo mitocondrial e a capacidade de transporte de O<sub>2</sub> são ambos importantes (BASSET & HOWLEY, 2000).

Remadores adultos de elite possuem valores de VO<sub>2</sub> máximo absoluto na ordem de 6,1 L.min<sup>-1</sup>, enquanto que remadoras adultas de elite apresentam valores um pouco menores na ordem de 4,1 L.min<sup>-1</sup> (HAGERMAN, 1984). Na tentativa de desenvolver um teste submáximo de determinação de VO<sub>2</sub> máximo, LAKOMY & LAKOMY (1993) avaliaram remadores do sexo masculino os quais atingiram valores de VO<sub>2</sub> máximo na ordem de 4,16 L.min<sup>-1</sup>. O VO<sub>2</sub> máximo absoluto tem se mostrado mais importante do que o relativo à massa corporal na avaliação da potência aeróbica de remadores, devido ao suporte da massa corporal pelo acento do barco e pela grande massa corporal apresentada pelos remadores comparada a outros atletas de resistência (HAGERMAN, 2000).

Devido às características do posicionamento do remador sentando no barco, bem como das peculiaridades do gesto esportivo destes atletas, muitos estudos foram realizados no sentido de se comparar as respostas ventilatórias entre o remo e outros esportes.

As contrações musculares periódicas envolvidas no movimento do remo elevam a pressão pleural, a qual reduz o retorno venoso, o volume diastólico final e o volume de ejeção do coração (ROSIELLO *et al.*, 1987; SIEGMUND *et al.*, 1999). Além

disso, a pressão intra-abdominal aumentada durante algumas fases do movimento da remada dificulta a ventilação. Essas mudanças fisiológicas são encaradas como limitantes da VE e do  $VO_2$  durante um exercício máximo no remo (CUNNINGHAM *et al.*, 1975; ROSIELLO *et al.*, 1987).

Contrariamente, YOSHIGA & HIGUSHI (2003) comparando as respostas ventilatórias entre o remo e a corrida, encontraram maiores valores de VE máxima no remo ( $157 \pm 16 \text{ L.min}^{-1}$ ) do que na corrida ( $147 \pm 13 \text{ L.min}^{-1}$ ). Da mesma forma, o  $VO_2$  máximo se mostrou maior no remo ( $4,5 \pm 0,5 \text{ L.min}^{-1}$ ) do que na corrida ( $4,3 \pm 0,4 \text{ L.min}^{-1}$ ).

A autora atribui essas diferenças à maior massa muscular envolvida na prática do remo, membros superiores combinado com membros inferiores, quando comparado à massa muscular envolvida na corrida composta principalmente dos membros inferiores, a qual exige um maior  $VO_2$  para os músculos ativos (YOSHIGA & HIGUSHI, 2003). Tais diferenças parecem estar relacionadas também com um fenômeno característico no remo, o acoplamento da respiração com o movimento da remada (SIEGMUND *et al.*, 1999).

O acoplamento da respiração com o gesto esportivo tem sido observado durante a prática de diferentes exercícios físicos de movimentos cíclicos por seres humanos como a corrida e o ciclismo, por exemplo, mas é no remo que este acoplamento se torna mais evidente (SIEGMUND *et al.*, 1999).

A despeito da variação interindividual, SIEGMUND *et al.* (1999) encontraram indicações de um padrão respiratório de 2:1, ou seja, uma inspiração ocorrendo no início do movimento da remada e outra no final da mesma.

Os resultados ventilatórios verificados por SIEGMUND *et al.* (1999) sugerem que este seria um padrão preferencial de respiração pelos remadores, e que esse

padrão indica que os períodos no movimento da remada citados seriam vantajosos para maiores volumes de inspiração e expiração, o que pode ser usado pelos remadores para tirar vantagem do movimento.

De fato, cinco anos mais tarde, DAFFERTSHOFER *et al.* (2004) re-analisaram os dados publicados por SIEGMUND *et al.* (1999) e concluíram, através de um estudo qualitativo da análise espectral dos dados ventilatórios, que o gasto energético expresso através do consumo de O<sub>2</sub> era menor durante os episódios de acoplamento do que comparado aos episódios de não acoplamento, sugerindo que esse fenômeno é dependente da demanda aeróbica envolvida no exercício.

Apesar de sua forte aplicação como preditor de desempenho, o VO<sub>2</sub> máximo, que representa a potência aeróbica máxima, isoladamente não garante um ótimo desempenho do atleta, na verdade sua relação com o sucesso esportivo é fortemente influenciada pelo limiar anaeróbico (BASSET & HOWLEY, 1997; NOAKES, 1998; ARAÚJO, 2002; BOSQUET *et al.* 2002).

### **2.1.2 Limiar anaeróbico no remo**

Ao que tudo indica, o termo limiar anaeróbico foi primeiramente descrito na literatura por WASSERMANN & McILROY (1964), ao estudarem as respostas de pacientes cardiopatas ao exercício, no qual o acúmulo de lactato foi diretamente relacionado à hipóxia muscular; O limiar anaeróbico foi, então, definido por alguns autores como sendo a intensidade de exercício acima da qual o consumo de oxigênio não consegue suprir totalmente a demanda metabólica, embora este preceito possa ser amplamente questionado (SVEDAHL & MACINTOSH, 2003).

Parece haver uma tendência entre os pesquisadores de uma definição mais contemporânea de limiar anaeróbico, em função de teorias mais recentes de lançadeiras de elétrons e transportadores de monocarboxilato (BROOKS, 2000, 2002a e 2002b), direcionando essa definição a um termo mais genérico, como limiar de lactato, que estaria associado a uma intensidade de exercício relacionado a um aumento abrupto nas concentrações de lactato, devido a uma maior produção do mesmo pelo músculo em exercício frente à capacidade do organismo de remoção (BOSQUET *et al.*, 2002; SVEDAHL & MACINTOSH, 2003; GLADDEN, 2004).

Atualmente, o limiar anaeróbico é um dos parâmetros mais usados tanto como indicador de desempenho físico aeróbico quanto na prescrição do treinamento, existindo evidências de que o desempenho em atividades esportivas contínuas e prolongadas correlaciona-se melhor com o limiar anaeróbico do que com o consumo máximo de oxigênio (RIBEIRO, 1995; BOSQUET *et al.* 2002; SVEDAHL & MACINTOSH, 2003).

Apesar de não haver uma consonância na literatura entre as causas relacionadas com o acúmulo de lactato, no qual basicamente dois grupos de pesquisadores parecem apresentar teorias antagônicas na explicação desse fenômeno, representados de um lado por uma visão mais conservadora, aceitando a relação do acúmulo de lactato com a anaerobiose (WASSERMANN 1964 e 1973; DAVIS, 1985; BASSET & HOWLEY, 1997) e de outro por uma abordagem mais revolucionária, que nega esta relação direta (BROOKS, 1985; NOAKES, 1997 e 1998), o fato é que o limiar anaeróbico representa uma ferramenta útil de avaliação e prescrição de treinamento (BOSQUET *et al.*, 2002).

O limiar anaeróbico pode ser avaliado por métodos invasivos (como a lactacidemia) e não-invasivos (como o limiar ventilatório), cada qual apresentando pró



e contras e determinando, normalmente em função do método adotado, uma nomenclatura específica.

Um destes métodos é a determinação dos limiares ventilatórios, em que os trabalhos de WASSERMANN & MACILROY (1964) e WASSERMAN *et al.* (1973) demonstraram que os níveis de lactato apresentam uma forte correlação com a ventilação em função do tamponamento dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) pelo íon bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), e subsequente eliminação na forma de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) pela respiração ( $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ ).

Essas respostas podem ser avaliadas através da análise gráfica de parâmetros como a própria ventilação, a produção de dióxido de carbono, os equivalentes ventilatórios de  $O_2$  e  $CO_2$  e as pressões expiratórias de  $O_2$  e  $CO_2$ , utilizando uma avaliação visual das quebras de linearidade nas curvas em relação às diferentes intensidades de trabalho (WASSERMAN *et al.*, 1973).

No remo, entretanto, o acoplamento da respiração ao gesto esportivo apresentado pelos atletas (SIEGMUND *et al.*, 1999; DAFFERTSHOFER, 2004) dificulta, e até impossibilita, a detecção dos limiares ventilatórios. Um outro método de avaliação do limiar anaeróbico é a lactacidemia.

Existe na literatura uma grande diversidade de nomenclaturas e metodologias diferentes no que diz respeito à detecção do limiar anaeróbico, como podemos observar no quadro 2.

No que tange ao uso da lactacidemia como método de avaliação do limiar anaeróbico, basicamente podemos distinguir os métodos que usam concentrações fixas de lactato e os métodos que usam concentrações variáveis.

Quadro 2: Nomenclaturas usadas por alguns estudos para descrever o limiar anaeróbico. Adaptado de TOKMAKIDIS (1990) com permissão.

Autor	Nomenclatura
WASSERMAN & McILROY (1964)	<i>Anaerobic threshold</i> (AT)
WASSERMAN <i>et al.</i> (1973)	Limiar ventilatório (LV)
FARREL <i>et al.</i> (1979)	<i>Onset of plasma lactate accumulation</i> (OPLA)
KINDERMANN <i>et al.</i> (1979)	Limiar aeróbico/anaeróbico (Aero/anaero)
IVY <i>et al.</i> (1980)	Limiar de lactato (LL)
SJÖDIN & JACOBS (1981)	<i>Onset of blood lactate accumulation</i> (OBLA)
STEGMANN <i>et al.</i> (1981)	<i>Individual anaerobic threshold</i> (IAT)
CONCONI <i>et al.</i> (1982)	Limiar de frequência cardíaca (LFC)
HECK <i>et al.</i> (1985)	<i>Maximal lactate steady state</i> (MLSS)
CHENG <i>et al.</i> (1992)	Distância máxima (D <sub>máx.</sub> )
TEGTBUR <i>et al.</i> (1993)	Velocidade de lactato mínimo (VLM)

A utilização da concentração fixa de lactato sanguíneo de 4 mM (AT4 – *Anaerobic Threshold of 4 mM*) adotada por autores como HECK *et al.* (1985) e URHAUNSEN *et al.* (1993a; 1993b) é justificada como a máxima concentração estável de lactato em um teste em esteira ergométrica, ou como muitas vezes é expresso na Língua Inglesa pela sigla MLSS (*Maximal Lactate Steady State*).

A intensidade de exercício correspondente a esta concentração fixa, quando imposta aos atletas em um teste de carga fixa de 20 minutos, não apresenta um aumento maior do que 1 mM no lactato plasmático (HECK *et al.*, 1985) e é denominada por outros autores como início do acúmulo de lactato sanguíneo ou como normalmente é referida pela sua sigla em inglês OBLA (*Onset of Blood Lactate Accumulation*) como referem SJÖDIN & JACOBS (1981).

Uma crítica que pode ser feita ao método AT4 é a variabilidade dos níveis de lactato sanguíneo encontrado no trabalho original publicado por HECK *et al.* (1985), que vão de 3,05 a 5,5 mM, possibilitando que indivíduos submetidos a esta intensidade não estejam trabalhando efetivamente no limiar, mas sim acima ou abaixo dele.

No entanto, apesar dessa variabilidade, o método de AT4 ainda é considerado um dos mais utilizados na determinação do limiar de lactato no remo (BOURGOIS *et al.*, 1998).

Talvez devido às limitações do uso de concentrações fixas de lactato na identificação do limiar anaeróbico, muitas são as propostas de individualização do mesmo.

Partindo deste princípio, autores como STEGMANN *et al.* (1981), propõem a utilização de um limiar anaeróbico individual ou IAT (*Individual Anaerobic Threshold*). Este método baseia-se na habilidade individual do atleta de manter um estado estável de lactato durante um exercício prolongado.

De fato, em um estudo subsequente realizado por JACOBS (1986), a intensidade de exercício correspondente ao IAT mostrou ser a maior potência que pode ser mantida pelos atletas por um período de exercício entre 15 a 20 min, sem um aumento no acúmulo de lactato sanguíneo.

BENEKE (1995), assim como BOURGOIS *et al.* (1998) também refere que o limiar de AT4 é método mais comumente usado para a detecção de limiar de lactato em remadores, e juntamente com o IAT, parece ser bastante representativo do MLSS em corrida e ciclismo. Visando verificar se esses dois métodos também teriam uma boa correlação com o MLSS no remo, os pesquisadores usaram de um teste de exercício máximo em remoergômetro para comparar a potência de limiar entre os métodos AT4 e IAT. O estudo concluiu não haver diferenças significativas entre os dois métodos, todavia, as cargas de trabalho identificadas pelos mesmos foram sempre maiores que a carga de MLSS.

Contrariamente, URHAUNSEN *et al.* (1993b) avaliando ciclistas, triatletas e remadores verificaram que o IAT proposto por STEGMANN *et al.* (1981) é altamente

correlacionado com o MLSS, mas uma vez que a intensidade de IAT seja excedida em apenas 5%, metade dos atletas estudados apresentou um aumento progressivo no acúmulo de lactato sangüíneo.

Nesse mesmo sentido de individualizar o limiar de lactato, um dos modelos relativamente recentes e de fácil aplicação encontrado na literatura é o método proposto inicialmente por CHENG *et al.* (1992) e posteriormente utilizado também por NICHOLSON & SLEIVERT (2001) e ZHOU & WESTON (1997), intitulado D<sub>máx</sub> (*maximal distance*).

Nessa proposta, os autores fizeram uso dos valores de lactato sangüíneo, ventilação, frequência respiratória e produção de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>), coletados durante um teste incremental em cicloergômetro, os quais foram plotados contra os valores de VO<sub>2</sub>, construindo-se uma linha de tendência exponencial. Essa curva demonstra o comportamento das respostas fisiológicas frente ao exercício realizado e apresenta um comportamento crescente em função do aumento da intensidade. Posteriormente, uma reta unindo o ponto inicial e final da curva é confeccionada e a maior distância entre a curva e a reta construída é considerada o limiar de lactato, daí o nome D<sub>máx</sub>. (CHENG *et al.*, 1992).

No estudo de CHENG *et al.*, (1992) ao se utilizar o método D<sub>máx</sub>. a partir das respostas de ventilação, frequência respiratória, VCO<sub>2</sub> e lactato sangüíneo, o limiar de lactato não se mostrou significativamente diferente daquele determinado pelos equivalentes ventilatórios e pelo OBLA. Além disso, quando as diferentes variáveis ventilatórias e metabólicas foram utilizadas no método D<sub>máx</sub>., não foram encontradas diferenças significativas na determinação do limiar de lactato.

Alguns anos mais tarde, NICHOLSON & SLEIVERT (2001) compararam a velocidade de limiar em corrida entre os métodos D<sub>máx</sub>., AT4 e o limiar de lactato

proposto por THODEN *apud* NICHOLSON & SLEIVERT (2001), que sugere que o limiar de lactato é melhor representado pela velocidade de corrida que precede a intensidade que resultaria em aumentos do lactato plasmático de 1 mM. Nesse estudo os autores verificaram que o método AT4 superestimou a intensidade de limiar quando comparado aos outros dois métodos.

Os resultados provenientes da pesquisa de NICHOLSON & SLEIVERT (2001) vão ao encontro de um estudo realizado pelo nosso laboratório (BAPTISTA *et al.*, 2005), no qual o método AT4 superestimou a intensidade de limiar quando comparado ao método D<sub>máx.</sub> em remadores. Em nosso estudo, os valores de lactato, potência e frequência cardíaca foram significativamente menores ( $P < 0,05$ ) quando identificados no limiar de lactato pelo método D<sub>máx.</sub> do que pelo método AT4.

Como se pode perceber, no que se refere à determinação do limiar anaeróbico, a literatura é bastante divergente quanto aos métodos e nomenclaturas utilizados, hora utilizando-se de métodos semelhantes com denominações diferentes, hora utilizando a mesma nomenclatura para métodos distintos. As diferenças identificadas entre os métodos parecem residir principalmente nos critérios utilizados para identificação do limiar de lactato, no tipo de exercício adotado e nos sujeitos avaliados, como se pode ver no quadro 3.

Quadro 3: Critérios, ergômetros e sujeitos empregados em estudos sobre determinação do limiar anaeróbico. Adaptado de TOKMAKIDIS (1990) com permissão.

Autor	Nomenclatura	Critérios	Ergômetro	Sujeitos
WASSERMAN & McILROY (1964)	AT	Aumento abrupto no RER	Esteira	Cardiopatas
WASSERMAN <i>et al.</i> (1973)	LV	Quebra na linearidade dos equivalentes ventilatórios	Ciclo	Não-atletas e cardiopatas
FARREL <i>et al.</i> (1979)	OPLA	Ruptura na curva de lactato	Esteira	Corredores
KINDERMANN <i>et al.</i> (1979)	Aerolanaero	Lactato de 2 mM	Esteira	Esquiadores
IVY <i>et al.</i> (1980)	LL	Intensidade prévia a quebra do lactato	Ciclo	Não-atletas
SJÖDIN & JACOBS (1981)	OBLA	Lactato de 4 mM	Esteira	Corredores
STEGMANN <i>et al.</i> (1981)	LAT	Tangente com a curva de recuperação do lactato	Esteira/ ciclo	Nadadores, EFI e corredores
CONCONI <i>et al.</i> (1982)	LFC	Deflexão da FC	Pista	Corredores de diferentes níveis
HECK <i>et al.</i> (1985)	MILSS	Lactato de 4 mM c/ alterações < 1 mM em teste contínuo	Esteira	Corredores e abanos de EFI
CHENG <i>et al.</i> (1992)	Dmáx.	Maior distância entre uma reta e a curva de lactato	Ciclo	Ciclistas
TEGEBUR <i>et al.</i> (1993)	VLM	Lactato mínimo durante testes progressivo após exercício intenso	Pista	Corredores e basquetebolistas

## 2.2 Aspectos biomecânicos do remo

### 2.2.1 Cinesiologia da remada

O remo é um esporte que apresenta um gesto esportivo que envolve a utilização alternada de membros superiores (MS) e membros inferiores (MI), através de movimentos rítmicos e cíclicos. Ademais, o membro inferior esquerdo e direito, bem como o membro superior esquerdo e direito cada qual em sua fase do movimento, são acionados simultaneamente, ao contrário de esportes como a corrida, o ciclismo e a natação em que os membros direito e esquerdo são acionados alternadamente (CLARYS & CABRI, 1993; MACINTOSH *et al.*, 2000).

O movimento do remo normalmente é descrito na literatura em quatro fases: entrada, propulsão, finalização e recuperação (MAZZONE, 1988, RODRIGUEZ *et al.*, 1990; HAGERMAN, 2000). Do ponto de vista técnico, a entrada é a fase onde o remador introduz o remo na água, iniciando a produção de força. A fase de propulsão, que pode ser dividida em início da propulsão (ou propulsão pelos membros inferiores), meio da propulsão (ou propulsão pelo tronco) e fim da propulsão (ou propulsão pelos membros superiores) é fase de produção efetiva de força e potência durante a remada. A finalização é a fase em que o remador retira o remo da água e inicia a recuperação. A recuperação é a fase de retorno à posição inicial do movimento para o recomeço do ciclo, sendo uma fase em que não há produção significativa de força.

Do ponto de vista cinesiológico as fases da remada podem ser mais detalhadamente analisadas pelas descrições de MAZZONE (1988):

1. Entrada: Na fase de entrada o remador encontra-se com a musculatura dorsal, principalmente, eretores da coluna relaxados e permitindo a flexão do tronco

realizada pelos músculos abdominais. O quadril encontra-se flexionado pela ação dos músculos psoas maior, menor e ilíaco.

O sartório se alonga juntamente com músculos profundos da região glútea, rotando as coxas lateralmente. Isso permite ao corpo do remador se inclinar levemente entre as coxas obtendo o máximo de amplitude.

O bíceps femoral está contraído para manter os joelhos flexionados enquanto o quadríceps é alongado e a sua porção biarticular, o reto femoral, contribui para a flexão do quadril.

Os tornozelos estão em dorsiflexão pela ação do tibial anterior, alongando assim o gastrocnêmio. Do ponto de vista dos membros inferiores, portanto, a entrada é uma fase na qual o remador encontra-se em uma máxima flexão de joelhos e quadris, exigindo flexibilidade da musculatura do quadríceps e dos glúteos.

Já os membros superiores precisam inserir o remo na água, através de um movimento suave e coordenado. Os cotovelos encontram-se estendidos pelo tríceps braquial enquanto os ombros encontram-se abduzidos pela ação do deltóide lateral e supra-espinhais, enquanto a escápula realiza uma rotação superior pela ação do trapézio e serrátil para elevar a cavidade glenóide. Uma pequena flexão de ombros ocorre pela ação do deltóide anterior com contribuição da cabeça longa do bíceps braquial e do coracobraquial.

## 2. Propulsão:

2.1 Início da propulsão: Os joelhos se estendem pela ação do quadríceps e o tornozelo realiza uma flexão plantar pela contração do gastrocnêmio e sóleo. Os extensores do quadril, glúteos, isquiotibiais, extensores lombosacros e eretores da coluna, realizam uma contração isométrica dando estabilidade ao movimento. Quando isso não acontece de maneira adequada, o remador experimenta um colapso na região



lombar que causa a perda de estabilidade com o acento, podendo fazer com que o mesmo escorregue do banco do barco, o que gera uma transferência inefetiva de potência dos MI para os MS.

Nos MS todos os músculos dos ombros estão gerando força na articulação, incluindo o supra e infra-espinhal, redondo maior e menor e o bíceps braquial, enquanto o serrátil e o trapézio permanecem estabilizando as escápulas.

2.2 Meio da propulsão: Enquanto os joelhos estão se estendendo, a movimentação do remo ocorre devido à extensão do quadril gerada pelos glúteos e isquiotibiais e pela extensão da coluna gerada pelos eretores da coluna. Os MS então iniciam a movimentar o remo através da flexão dos cotovelos pelo bíceps braquial, braquial e braquioradial. Nesse ponto, a força gerada pelos MI deve ser grande o suficiente para prevenir o uso precoce dos MS.

2.3 Fim da propulsão: Nessa fase os joelhos encontram-se na máxima extensão e os tornozelos permanecem em flexão plantar. A extensão dos quadris e da coluna está quase completa, os flexores dos cotovelos tornam-se dominantes na tração dos remos até o corpo, enquanto que os flexores e extensores ulnares do carpo estabilizam e abduzem o punho.

Os antebraços encontram-se pronados e o ombro é estendido e abduzido. O ombro é rotado medialmente pelo grande dorsal e o peitoral maior, enquanto o redondo menor, deltóide posterior e a cabeça longa do bíceps permanecem gerando tensão na articulação do ombro, a escápula é rotada inferiormente pelo peitoral menor e aduzida pelo trapézio e rombóides.

3. Finalização: Os joelhos e quadris permanecem estendidos enquanto os eretores da coluna continuam sua atuação, realizando uma leve hiperextensão para garantir a retirada do remo da água. Os ombros continuam em rotação medial pela

contração do grande dorsal, ao mesmo tempo em que os extensores do punho giram o remo e o tríceps estende o cotovelo suavemente para baixar as mãos e retirar totalmente o remo da água.

4. Recuperação: Nessa fase os punhos são mantidos estendidos e os braços são afastados do corpo pela extensão completa do cotovelo feita pelo tríceps braquial. Os abdutores do punho relaxam para permitir que as mãos se movam para uma posição neutra. O deltóide anterior se contrai e juntamente com o coracobraquial e o bíceps braquial, elevam os MS. Durante este movimento os abdominais produzem a flexão da coluna, e uma vez que as mãos tenham passado da altura dos joelhos, o banco começa a se mover em direção a dorsiflexão de tornozelo e flexão de quadris e joelhos. Imediatamente antes de os joelhos alcançarem a máxima flexão, os punhos se flexionam e as mãos giram os remos para a posição de entrada novamente.

Para MAZZONE (1988) o início da propulsão é a fase que demanda o máximo de geração de força e potência pelos MI. Entretanto, RODRIGUEZ *et al.* (1990) ao realizar uma análise eletromiográfica do movimento da remada, monitorando os músculos flexores e extensores do punho, bíceps braquial, tríceps braquial, vasto lateral e medial, isquiotibiais, gastrocnêmio, reto abdominal, sacroespinhal, grande dorsal e deltóide, verificaram que os músculos do MI alcançavam seu nível máximo de atividade no meio da propulsão, quando os joelhos encontravam-se semiflexionados.

Os autores concordam que os músculos dos MI, em especial o quadríceps e isquiotibiais, são os principais produtores de potência durante a remada (MAZZONE, 1988; RODRIGUEZ *et al.* 1990). RODRIGUEZ *et al.* (1990) ainda complementam que o meio da propulsão parece ser a fase mais importante da remada em termos de produção de potência e, portanto, de velocidade.

A monitoração de uma grande variedade de músculos por eletromiografia feita por RODRIGUEZ *et al.* (1990) permitiu ainda verificar as fases da remada nas quais os principais músculos atingiam o seu máximo nível de acionamento. O tríceps e os músculos do antebraço atingem seu mais alto nível de sinal eletromiográfico no meio da propulsão, devido ao aumento da resistência do remo criada pela extensão das pernas. O deltóide também apresenta a sua atividade máxima no meio da propulsão, segundo RODRIGUEZ *et al.* (1990), devido à flexão de ombros realizada para puxar os braços ao encontro do corpo.

O bíceps braquial e os músculos do antebraço alcançam a sua atividade eletromiográfica máxima no final da propulsão, fase na qual o punho é abaixado para retirar o remo da água. A máxima atividade dos músculos abdominais e sacroespinhais ocorre durante o final da propulsão, após a máxima atividade dos MI (RODRIGUEZ *et al.*, 1990).

NELSON & WIDULE (1983) demonstraram que quando o gesto técnico da remada é realizado de maneira adequada do ponto de vista cinemático, a extensão de joelhos ocorre antes da extensão do tronco atingindo a velocidade angular máxima.

O grande dorsal e o sacroespinhal alcançam a sua máxima atividade durante toda a fase de propulsão, reforçando a importância de uma estabilidade no dorso durante a remada (RODRIGUEZ *et al.*, 1990).

Os dados gerados pelos estudos citados, oriundos de abordagens eletromiográficas e cinesiológicas, permitem a realização de importantes sugestões e análises do treinamento dos remadores. MAZZONE (1988) enfatiza a importância do treinamento de flexibilidade dos remadores para uma maior eficiência no alcance das amplitudes de movimento exigidas pelas fases do movimento da remada, e assim

produzindo uma maior interação na transmissão e transformação das forças geradas pelo remador em velocidade no barco.

RODRIGUEZ *et al.* (1990) vão ao encontro do que foi enfatizado por MAZZONE (1988), referindo que existe um limite na velocidade com a qual o remador conseguiria realizar o movimento da remada, de forma que os atletas deveriam ser treinados no sentido de desenvolver as habilidades técnicas e coordenativas nas reações de MS e MI.

### **2.2.2 Neuromecânica do remo**

Uma importância muito grande é dada também por alguns autores (MAZZONE, 1988; RODRIGUEZ *et al.* 1990) no que diz respeito à influência da potência no desempenho do remo. RODRIGUEZ *et al.* (1990) sugerem que mais importante do que programas de treinamento de potência de segmentos corporais e grupos musculares isolados seria o treinamento de potência de dois ou mais grupos musculares combinados, os quais precisam interagir em uma seqüência específica durante as fases do movimento da remada para atingir o ótimo desempenho.

De fato, a potência possui uma influência muito grande no desempenho esportivo, além disso, o sucesso em muitas atividades esportivas depende da quantidade e da velocidade com a qual um atleta consegue executar um determinado trabalho físico (McGINNIS, 2002). Desta forma, a potência pode ser definida como refere McGINNIS (2002) “...como quão rapidamente ou lentamente o trabalho é executado” e pode ser calculada pela multiplicação da força pela velocidade.

No sentido de avaliar a importância da potência no desempenho, COYLE (1995) além do VO<sub>2</sub> máximo e do limiar anaeróbico, acrescenta em seu modelo de

integração dos fatores fisiológicos que determinam o desempenho, a importância de elementos biomecânicos como a potência, a qual o autor divide em seu modelo teórico do desempenho em potência de desempenho (*performance power*) e potência de limiar de lactato.

A primeira seria definida como a taxa de produção de potência que um indivíduo consegue gerar em um período específico de tempo, podendo ser medida de maneira fiel usando ergômetros em atividades como o ciclismo e o remo. A potência de desempenho durante atividades aeróbicas prolongadas como estas é fortemente influenciada pelo  $VO_2$  e pela economia de movimento. Já a segunda, ou seja, a potência correspondente ao limiar de lactato, é considerada pelo autor como um componente central de seu modelo por incorporar o  $VO_2$ , a economia de movimento e o limiar de lactato (COYLE, 1995).

STEINACKER (1993) mediu picos de potência de até 3000 W nos momentos iniciais de uma regata, no qual o remador precisa colocar o barco em movimento e entre 350 a 450 W de potência média na maior parte da competição.

No intuito de comparar a técnica de movimento de remadores iniciantes, recreativos e de elite, gerando informações que pudessem ajudar os atletas e seus treinadores, SMITH & SPINK (1995) analisaram os dados de força e ângulos aplicados no remo, através de uma célula de carga e um potenciômetro os quais foram instalados em um remoergômetro e no encaixe do remo no barco, respectivamente. Os autores concluíram que a potência relativa à massa corporal dos remadores foi a variável biomecânica que melhor se correlacionou com o nível de desempenho dos atletas.

A potência relativa à massa corporal dos remadores novatos foi de 2,97  $W.kg^{-1}$ , a dos remadores recreativos foi de 3,69  $W.kg^{-1}$  e dos remadores de elite na ordem de 4,61  $W.kg^{-1}$  (SMITH & SPINK, 1995).

Tendo em vista que o objetivo principal de uma competição de remo é cobrir uma distância no menor tempo possível, fica claro porque a potência relativa à massa corporal foi considerada a variável mais importante na discriminação dos grupos de remadores.

Além da potência, uma outra valência física possui uma importância muito grande no desempenho do remo, a força. A força pode ser definida, segundo a física Newtoniana, como a capacidade de acelerar um objeto. É calculada pela multiplicação da massa pela aceleração (McGINNIS, 2002).

Em muitos esportes a força possui uma grande importância e determina um investimento muito grande no seu estudo e treinamento, entretanto, poucos são os esportes de resistência (*endurance*) que requerem um emprego tão grande de força como o remo.

A força vem sendo estudada no remo sob diferentes óticas, incluindo o estudo da relação força x tempo no músculo e as adaptações fisiológicas com o treinamento (ROTH *et al.*, 1993), no estudo da relação força-velocidade e a potência desenvolvida por remadores (HARTMANN *et al.*, 1993), na comparação ergonômica entre diferentes tipos de remoergômetro (BERNSTEIN *et al.*, 2002), na análise biomecânica da excursão articular e da força aplicada (TORRES-MORENO *et al.*, 1999), para comparar a biomecânica do movimento de remadores de diferentes níveis (SMITH & PINKS, 1995), para verificar a influência da produção de força na velocidade do barco (MILLER, 1997) entre outros aspectos que foram encontrados na literatura visando relacionar a força produzida durante a remada com o desempenho, segurança e adaptações fisiológicas do remador.

Existem muitas definições diferentes para se conceituar a força, dependendo principalmente de como e onde ela é aplicada. No estudo da força relacionada ao

desempenho do remo, acredita-se que a força de tração seja a classificação mais adequada para o tipo de aplicação de força com a qual lida-se no remo, uma vez que até mesmo a força aplicada pelas pernas visa ser transferida ao remo do barco ou ao pegador no remo ergômetro. A força de tração é definida por MCGINNIS (2002) como uma “força cuja direção e ponto de aplicação tenderia a estender ou alongar um objeto ao longo da dimensão que coincide com a linha de ação da força”.

No presente estudo, objetiva-se analisar a força aplicada pelo remador no remo, a qual conforme BAUDOIN & HAWKINS (2002) depende da capacidade de geração e transmissão das forças músculo-esqueléticas e torques articulares.

BAUDOIN & HAWKINS (2002) chamam a atenção para o fato de que apesar de muitos estudos terem sido feitos no sentido de analisar os aspectos físicos, biomecânicos e fisiológicos do remo, poucos esforços têm sido conduzidos no sentido de um melhor entendimento das relações entre os aspectos biológicos e mecânicos neste esporte.

Esses autores salientam ainda que um maior conhecimento dos perfis de força x tempo no remo são necessários para identificar os componentes específicos da biomecânica que podem ser manipulados para se atingir uma maior produção de força no remo (BAUDOIN & HAWKINS, 2002).

Um dos estudos realizados no sentido de analisar a curva de força x tempo no remo foi feito por ROTH *et al.* (1993), que investigaram as relações entre a produção de força e as adaptações musculares em remadores.

Analisando a musculatura do deltóide medial, esses pesquisadores verificaram que remadores com diferentes formatos de curva de força x tempo apresentavam diferenças morfológicas e funcionais. Dois tipos de remadores puderam ser identificados neste estudo, remadores com um pico de produção de força no início

da curva de força x tempo, os quais foram chamados pelos autores de “*stroke*”, e remadores com o pico de força no final da mesma, os quais foram chamados pelos autores de “*bow*” (ROTH *et al.* 1993).

Os dados coletados permitiram concluir que os remadores *stroke* apresentavam uma maior produção de potência do que os remadores *bow*, entretanto, essa maior produção de potência era acompanhada por uma maior concentração de lactato sanguíneo e o aparecimento do limiar de lactato a menores potências. Além disso, utilizando a técnica de análise de mATPase (*myofibrillar* ATPase), os remadores *stroke* apresentaram menores percentuais de fibras do Tipo I e IIa e maiores percentuais de fibras do tipo IIb, o contrário do observado nos remadores *bow* (ROTH *et al.* 1993).

Utilizando modernas técnicas de classificação de tipos de fibras muscular pela análise das isoformas de miosina de cadeia pesada (*Myosin Heavy Chain - MHC*), LIU *et al.* (2002) verificaram que remadores submetidos a um treinamento de força de alta intensidade apresentavam um aumento de MHC IIa com uma concomitante diminuição de MHC I. Além disso, os pesquisadores evidenciaram uma *upregulation* de mRNA de MHC IIx (ou MHC IIb) após o treinamento de força de alta intensidade e um aumento significativo no mRNA de MHC I $\beta$  em remadores submetidos a um treinamento de resistência de baixa intensidade (LIU *et al.* 2002).

A classificação de tipos de fibras muscular pela análise das isoformas de MHC trouxe novas perspectivas no âmbito da neuromecânica, mais especificamente no estudo das alterações de tipos de fibras pelo treinamento.

O estudo da classificação de tipos de fibras musculares pela sensibilidade ao pH da mATPase tem permitindo desde 1962 a classificação de fibras musculares em Tipo I (velocidade de contração lenta e metabolismo predominantemente oxidativo), Tipo IIa (velocidade de contração média e metabolismo intermediário) e Tipo IIb



(velocidade de contração rápida e metabolismo predominantemente glicolítico). Da mesma forma, as isoformas de miosinas de cadeia pesada (MHC) também apresentam atividade de mATPase, de modo que os três principais tipos de fibras (I, IIa e IIb), possuem uma equivalência no estudo das isoformas de MHC, correspondendo a MCHI, MCHIIa e MCHIIb respectivamente (STARON & HIKIDA, 2000).

O uso da técnica de tipagem de fibras musculares por isoformas de MHC, apresenta a vantagem das mesmas possuírem uma sensibilidade mais alta a alterações decorrentes de diferentes estímulos, podendo detectar mudanças ocorridas mesmo em pequenos períodos de treinamento (STARON, 1994). Outra vantagem dessa técnica é que ela pode detectar a presença de fibras musculares híbridas (MHCII $\beta$ , MHCIIc, MHCIIAB entre outras), as quais podem representar fibras musculares em estado de transição, além de poder ser usada em sistemas imunohistoquímicos através de anticorpos monoclonais, o que permite verificar a distribuição do percentual de tipos de fibras do ponto de vista genético. Uma vez que as fibras do músculo esquelético são extremamente dinâmicas e estão em permanente adaptação aos estímulos externos, como o treinamento, por exemplo, o avanço oferecido por estas técnicas muda completamente o nosso entendimento sobre alterações de tipos de fibras musculares pelo exercício físico (ÅSTRAND, 2003)

A distribuição dos tipos de fibras musculares em um atleta parece influenciar as suas respostas fisiológicas e biomecânicas durante o treinamento no remo, de modo que remadores com predominância de fibras musculares rápidas nos grupos musculares envolvidos no gesto esportivo do remo, parecem sofrer uma seleção empírica durante a sua evolução no esporte, sendo mais adaptados para a função de *stroke*, ou seja, produzir grandes quantidades de força em um pequeno período de tempo, o que fica claro pelo formato de sua curva de força x tempo (ROTH, 1991).

As curvas de força x tempo parecem apresentar uma forte representação da técnica de movimento empregada pelo remador e também uma alta consistência intrarremadores, em atletas de todos os níveis, incluindo campeões mundiais e olímpicos (SCHWANITZ, 1991).

Investigando os fatores biomecânicos que afetam o desempenho no remo, BAUDOUIN & HAWKINS (2004) verificaram que a repetibilidade dos padrões de produção de força de um remador em uma mesma avaliação variava de 78 a 100%, enquanto que comparando diferentes avaliações a repetibilidade era de 100%, confirmando a teoria de que os remadores são capazes de reproduzir seus perfis de curva de força x tempo.

Adicionalmente, quando os remadores competem juntos em barcos (formando tripulações de 2, 4 e 8 remadores), o que é normalmente chamado de guarnição, o desempenho do barco é muito maior quando a coordenação entre os atletas é alta, ou seja, quando eles apresentam padrões de movimento similares. Embora cada remador apresente um padrão individual de movimento e, portanto, um padrão individual de aplicação de força, o que fica claro na avaliação do formato de sua curva de força x tempo, remadores de elite apresentam padrões similares de produção de força quando treinam conjuntamente durante um longo período de tempo (HILL, 2002).

Avaliando as dinâmicas de coordenação entre remadores de elite através da análise de seus padrões de aplicação de força, HILL (2002) concluiu que as guarnições devem ser formadas por remadores com padrões de aplicação de força e características fisiológicas similares, além disso, o autor salienta que muitos estudos sobre a biomecânica do remo apenas realizaram análises das curvas de força x tempo usando métodos qualitativos, ou seja, pela inspeção visual dos formatos de curva.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Caracterização da pesquisa**

Este estudo é do tipo *ex-post-facto*, com delineamento transversal, de caráter correlacional e comparativo, com uma abordagem interdisciplinar envolvendo os grupos de pesquisa em Fisiologia do Exercício e Biomecânica.

#### **3.2 População e amostra**

##### ***3.2.1 População***

A população estudada nesta pesquisa foi composta de remadores do clube Grêmio Náutico União (GNU), devido principalmente a três fatores:

- O GNU vem apresentando excelentes resultados no campeonato brasileiro de remo;
- O GNU possui atletas de nível olímpico e pan-americano;
- O clube apresenta quase 100 anos de tradição no ensino e treinamento do remo, sendo considerado um dos centros de treinamentos da Seleção Brasileira de Remo.

### **3.2.2 Amostra**

A amostra foi composta de 15 remadores voluntários, com diferentes níveis de experiência e desempenho, nas categorias peso pesado e peso leve, na tentativa de se obter um grupo heterogêneo no que diz respeito aos formatos de curva de força x tempo.

A escolha dessa amostra se deu pelos seguintes motivos:

- Todos os remadores pertenciam ao mesmo clube estando, portanto, sob a orientação do mesmo treinador e apresentando uma metodologia de treinamento físico padronizada;
- Todos os remadores encontravam-se na mesma fase de periodização do treinamento;
- Todos os remadores treinavam no mesmo modelo de remoergômetro utilizado nesta pesquisa.

### **3.3 Aspectos éticos**

Todos os indivíduos foram informados dos riscos presentes na participação do estudo, assim como foram esclarecidos os objetivos e finalidades da pesquisa e todos os indivíduos leram e assinaram um Termo de Consentimento Informado que se encontra no Anexo I.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na reunião 20/2003, ata nº 41, por estar adequado ética e metodologicamente com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. A aprovação foi concedida em 24 de julho de 2003.

### **3.4 Variáveis**

#### ***3.4.1 Variável independente***

A variável independente deste estudo foi a curva de força x tempo, com as suas diferentes configurações encontradas entre os remadores. Como dito anteriormente, os remadores podem ser classificados em dois grupos de acordo com o formato de sua curva de produção de força: *stroke* e *bow*. A variável independente foi usada, portanto, para classificar os remadores avaliados.

A variável independente neste estudo, ou seja, a produção de força durante um determinado período de tempo, reflete uma variável que pode ser estudada tanto sob a ótica da fisiologia do exercício quanto da biomecânica. Neste trabalho, esta variável foi medida através de uma técnica de pesquisa em biomecânica, a dinamometria, e analisada sob o prisma da fisiologia do exercício.

#### ***3.4.2 Variáveis dependentes***

As variáveis dependentes deste estudo foram aquelas medidas como resultado de um dos dois tipos de curva de força x tempo. As variáveis dependentes no caso deste trabalho são essencialmente fisiológicas e foram usadas para se comparar os remadores classificados pela variável independente. Além disso, cada uma das variáveis dependentes foi correlacionada com a variável independente.

As variáveis dependentes podem ser divididas em três grupos:

- Variáveis cardiorrespiratórias:

Frequência cardíaca (FC);

Consumo de oxigênio ( $VO_2$ );

Produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ );

Ventilação (VE);

Taxa de troca respiratória (RER);

Equivalente Metabólico (MET);

- Variável lactacidêmica:

Lactato sanguíneo (La);

- Variáveis biomecânicas:

Força (F);

Potência (N);

Impulso (I);

### ***3.4.3 Variável de controle***

A variável de controle deste estudo foi o treinamento físico dos remadores, uma vez que a frequência, volume e intensidade de treinamento influenciam fortemente as respostas fisiológicas e o desempenho em um teste máximo de exercício como o que os atletas foram submetidos neste trabalho.

Esses parâmetros de controle de treinamento variam muito de acordo com a periodização e a fase em que os atletas se encontram dentro do calendário de planejamento de seus técnicos, de modo que no caso desta pesquisa, uma vez que todos os atletas pertenciam ao mesmo clube e estavam sob a orientação do mesmo técnico,

todos estavam inseridos na mesma metodologia de treinamento e na mesma fase de periodização do mesmo.

No período em que os dados desta pesquisa foram coletados, os remadores encontravam-se no período de base do treinamento. Foram solicitadas para o treinador as planilhas de treinamento dos atletas para que se pudesse realizar uma análise do treinamento dos mesmos. Uma descrição resumida dos treinamentos pode ser verificada no Anexo II.

#### ***3.4.4 Variáveis de caracterização da amostra***

As variáveis de caracterização da amostra foram divididas em dois grupos:

- Características cineantropométricas:
  - Massa corporal,
  - Estatura,
  - Percentual de gordura.
- Características gerais:
  - Sexo,
  - Idade,
  - Tempo de treinamento,
  - Principais títulos conquistados.

### 3.5 Instrumentos de medida

#### 3.5.1 Cardiotacômetro

Para medir a FC foi utilizado um cardiotacômetro da marca *Polar Electro*® (Finlândia) modelo S-610, o qual apresenta, segundo o fabricante, uma medição com precisão próxima a um Eletrocardiograma. Os valores de FC eram visualizados e registrados na ficha de coleta de dados, porém, esse modelo de cardiotacômetro se caracteriza por possibilitar a gravação e posterior transferência dos dados para o microcomputador através de uma interface que utiliza como forma de transmissão raios infravermelhos.



Figura 1 - Cardiotacômetro Polar S610 *Polar Electro* (OY – Finland).





### 3.5.3 Lactímetro

Para medir o lactato sanguíneo foi utilizado um lactímetro da marca *Accutrend*®, o qual possui como princípio de medição a reação enzimática com leitura por fotometria de refletância. Esse aparelho utiliza como amostra uma gota de sangue arterializado, cujo volume gira entre 15 a 50 µl, podendo essa amostra ser coletada do lóbulo da orelha, ponta de dedo ou sangue venoso coletado por punção. A gota de sangue é pingada sobre uma fita de análise, que para este estudo utilizou-se a marca *Roche*®. Uma vez inserida a fita no lactímetro a concentração de lactato medida é visualizada na tela após 60 seg.



Figura 3 - Lactímetro Accutrend®.

Esse aparelho foi avaliado por BISHOP (2001) que o validou através da comparação com um dos métodos considerados padrão-ouro na medição de lactato sanguíneo, conhecido como *Micro Stat*, o qual consiste na coleta do sangue em capilares heparinizados e medição por reação enzimática mediada pela lactato oxidase.

No estudo de BISHOP (2001), não somente os valores de lactato medidos entre os dois métodos foram comparados, mas também os valores de frequência cardíaca e potência, utilizando quatro métodos diferentes de limiar de lactato, um dos quais inclusive, sendo o mesmo adotado em nosso estudo.

#### **3.5.4 Remoergômetro**

Para a realização do protocolo do teste cardiopulmonar de exercício foi utilizado um remoergômetro da marca *Concept II*, modelo *C (Morrisville – EUA)* caracterizado por frenagem a ar, utilização de um mostrador digital PM – 2 (*Performance Monitor – 2*) o qual possibilita a visualização da potência desenvolvida, controle do tempo de exercícios e pausas de recuperação.

O fator de dragagem é regulado diretamente no remoergômetro, através da abertura da janela de ar e da programação no microprocessador, proporcionando um ajuste entre a frenagem a ar oferecida pelo equipamento e as medições de potência feitas pelo mesmo. O fator de dragagem utilizado foi de 130, seguindo as recomendações sugeridas por outro estudo com remadores que foram avaliados no mesmo remoergômetro (INGHAM et al. 2002). A abertura da janela de ar foi mantida na posição 4, referida por treinadores e remadores como sendo a abertura na qual os atletas estão familiarizados em função de treinamentos e avaliações anteriores.

A avaliação de remadores em remoergômetro já foi previamente validada por LAMB (1989), o qual comparou a cinemática de remadores nesse equipamento com o gesto esportivo executado em barco na água.



Figura 4 - Remoergômetro *Concept II Morrisville* - USA.

### 3.5.5 Célula de carga

A medição da força foi feita por uma célula de carga similar à desenvolvida por LUSA & ZARO (1999). Essa célula é uma barra de metal em forma de anel, instrumentada com extensômetros de resistência elétrica (*strain gauges*). A calibração da célula de carga foi realizada para o conhecimento da linearidade e para conversão da resposta elétrica em força como será descrito no capítulo 3.7.2.2 referente a calibração da célula de carga.

Essa célula de carga possui as mesmas características técnicas que a célula SV-100 da Alfa Instrumentos cuja descrição encontra-se no Anexo III.

Para a medição da força produzida durante a remada, a célula foi acoplada entre a correia do remoergômetro e o pegador do mesmo, de maneira que o mecanismo de fixação não interferiu na aquisição dos dados (Figura 5).

O sinal elétrico emitido da célula de carga foi transmitido para um condicionador de sinais (LMM – DEMEC – UFRGS) onde o sinal amplificado foi convertido por uma placa analógico-digital (PCM – DAS 16S/16 *Computer Boards*,

INC –Mansfield, MA, USA) e os dados foram coletados pelo programa de computador SAD 32 e armazenados em um microcomputador para posterior análise. A frequência de amostragem foi de 500 Hz.



Figura 5- Célula de carga Laboratório de Medições Mecânicas UFGRS instalada no remoergômetro

### ***3.5.6 Aparelhos para medição e avaliação da composição corporal***

#### ***3.5.6.1 Estadiômetro***

Para medir a estatura utilizou-se um estadiômetro constituído por escala métrica com resolução de 1mm, fixada na parede, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé.

### *3.5.6.2 Balança*

Para determinação da massa corporal foi utilizada uma balança eletrônica, modelo PS - 180 da marca URANO ® RS/Brasil, com carga máxima de 180 kg e resolução de 100g.

### *3.5.6.3 Adipômetro*

Para medir as dobras cutâneas foi utilizado um adipômetro da marca Lange® com resolução de 1 mm e pressão constante de 10 g/mm<sup>2</sup>.

### *3.5.7 Programas de computador utilizados*

Os programas de computador não são exatamente instrumentos de coleta de dados, mas dos vários programas utilizados neste estudo, dois deles foram largamente empregados na coleta dos dados e devem, portanto, desde já serem descritos para facilitar o entendimento dos procedimentos e resultados que serão apresentados no decorrer deste trabalho.

#### *3.5.7.1 Medgraphics Breeze Ex Cardiorespiratory Diagnostic Software*

O programa utilizado pelo ergoespirômetro MGC®, o *Medgraphics Breeze Ex Cardiorespiratory Diagnostic Software* da *Medical Graphics Corp.* apresenta a característica de analisar os gases expirados pelo avaliado, respiração a respiração, e

possibilitar a exportação desses dados na forma de planilhas que podem ser analisadas por programas compatíveis com o ambiente *Windows*®, como o *Microsoft Excel*®, por exemplo. Uma vez exportados, esses dados podem ser visualizados na forma de Tabelas e sofrerem todos os tipos de análises permitidos pelo *Microsoft Excel*® como média, desvio padrão e outros.

No caso desse estudo, optou-se pela construção das planilhas de dados ventilatórios utilizando-se um dos recursos desse *software*, que faz a média das cinco respirações centrais de sete coletadas, ou seja, como o ergoespirômetro analisa a respiração do avaliado respiração por respiração, são coletadas sete respirações e descarta-se a primeira e a última, fazendo-se a média das cinco respirações centrais. Desta forma o *software* reduz a influência de possíveis discrepâncias que podem ocorrer nas respostas ventilatórias medidas.

#### 3.5.7.1 SAD 32 (*Sistema de Aquisição de Dados*)

O programa SAD 32 (Sistema de Aquisição de Dados) de autoria do professor Milton Zaro e colaboradores, do Laboratório de Medições Mecânicas da UFRGS, foi criado em 1997 e utilizado na calibração da célula de carga, aquisição e análise dos sinais de força produzidos pelos remadores.

O programa SAD 32 caracteriza-se por atuar em ambiente *DOS* e permitir a análise de sinais biológicos como a curva de produção de força. Os dados foram expressos na forma de gráficos em que no eixo y era medida a força e no eixo x, o tempo decorrido.

Com esse programa é possível tratar os dados coletados, através de filtragem de ruídos derivados da coleta dos sinais, o recorte de trechos desejados do gráfico, a análise de dados estatísticos do sinal como a média de um determinado período e outros.

No capítulo de análise dos dados serão descritos todos os recursos desse programa que foram empregados na obtenção dos resultados dos dados coletados.

### ***3.5.8 Ficha de coleta de dados***

A ficha de coleta de dados (vide Anexo V) foi composta por informações relativas ao nível de treinamento do atleta, títulos conquistados, tempo de treinamento e categoria na qual se enquadra. Além disso, apresentava os campos destinados ao registro dos dados cineantropométricos de massa corporal, estatura e dobras cutâneas.

No seu verso, apresentava uma descrição do protocolo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro para o acompanhamento por parte da equipe de pesquisa, bem como os campos referentes à anotação dos valores de FC e concentração sanguínea de lactato a cada estágio do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro.

## **3.6 Procedimentos de coleta de dados**

Durante as sessões de coletas de dados, os remadores eram recebidos no setor de Fisiologia do Exercício do Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde recebiam e liam o termo de consentimento informado. Após o devido entendimento e aprovação do mesmo, recebiam novamente uma explicação verbal dos procedimentos aos quais iriam se submeter, respondiam às questões presentes na ficha de coleta de dados e realizavam as medições dos dados cineantropométricos.

Após a medição dos dados cineantropométricos, os remadores eram encaminhados para o remoergômetro, onde se acomodavam ajustando as presilhas do



aparelho aos pés, a máscara captadora de gases do ergoespirômetro era conectada e a fita torácica do cardiotacômetro adaptada ao atleta.

Após a estabilização da ventilação, monitorada pela Taxa de Troca Respiratória (RER), garantindo que os remadores apresentassem uma ventilação de repouso e o predomínio do metabolismo aeróbico de produção de energia, iniciava-se o teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. O valor adotado como parâmetro de início do teste foi um  $RER < 0,8$ .

### **3.7 Protocolo de testes**

#### ***3.7.1 Coleta de dados prévios ao teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro***

##### *3.7.1.1 Estatura*

Para a medição da estatura, o indivíduo era orientado a permanecer em pé, com as costas apoiadas no centro do estadiômetro, calcanhares unidos, joelhos estendidos, postura ereta e a cabeça orientada pelo Plano de Frankfurt (MARINS, 2003). Era solicitado ao avaliado que realizasse uma inspiração e então o cursor do estadiômetro era deslocado até atingir o vértex de seu crânio, computando-se o valor atingido.

##### *3.7.1.2 Massa corporal*

Para a medição da massa corporal o indivíduo era orientado a permanecer em pé, no centro da balança e o mais imóvel possível. O avaliador aguardava até a

estabilização da mensuração da massa corporal pelo mostrador digital e então era computado o valor atingido.

### *3.7.1.3 Dobras cutâneas*

Para a medição das dobras cutâneas o indivíduo era orientado a permanecer em pé, com a musculatura dos membros superiores relaxada e então eram mensuradas as dobras cutâneas de tríceps, subescapular, crista ilíaca e abdominal. Para todas as dobras mensuradas, foram feitas três tomadas de medidas, computando-se a mediana ou a moda das mesmas.

As três tomadas de medidas eram feitas de forma seqüencial, ou seja, era feita a primeira medida da dobra cutânea de tríceps, a primeira medida da dobra cutânea subescapular, a primeira medida da dobra cutânea de crista ilíaca, a primeira medida da dobra cutânea abdominal, em seguida a segunda medida de cada uma das quatro dobras e por fim a terceira e última medida de cada uma das dobras cutâneas (PETROSKI, 1995). Desta forma espera-se ter minimizado pelo menos dois fatores que podem afetar a medição de dobras cutâneas: a acomodação do tecido adiposo após cada medição e a influência que uma medida prévia pode ocasionar no registro do valor da medida subsequente feita pelo avaliador.

As tomadas de medidas foram feitas aguardando-se em torno de 2 seg após o pinçamento da dobra cutânea, no qual o avaliador procurava reunir a maior quantidade de tecido adiposo possível sem incluir tecido muscular.

A localização das dobras cutâneas obedeceu às recomendações propostas por HEYWARD (2004). O cálculo do percentual de gordura foi feito com base na

equação proposta por Faulkner e validada para homens residentes no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, com faixa etária entre 18 e 25 anos por PETROSKI (1995).

### **3.7.2 Calibrações**

#### **3.7.2.1 Calibração do Ergoespirômetro**

O procedimento de calibração foi adotado em todos os dias de coleta de dados. A calibração do ergoespirômetro incluiu procedimentos de calibração do pneumotacógrafo e do analisador de gases. Uma calibração completa foi realizada pelo menos uma vez por dia. Se as condições das coletas de dados fossem alteradas durante o dia por qualquer razão (por exemplo, alterações consideráveis na temperatura ou falta de energia elétrica), o procedimento completo era repetido.

Procedimentos para calibração:

a) Informação das condições ambientais: antes do início do processo de calibração foram informadas a temperatura ambiente, a pressão atmosférica e a umidade relativa do ar.

b) Calibração do volume no pneumotacógrafo: inicialmente foi feita eletronicamente pelo sistema a calibração do volume zero no pneumotacógrafo. Nesse momento era importante assegurar que não houvesse movimento do ar ou que se respirasse perto do pneumotacógrafo, podendo introduzir fluxo. Em seguida, foi feita a calibração do volume com cinco injeções e ejeções de ar em diferentes velocidades através do pneumotacógrafo com uma seringa de 3 L.

c) Calibração do analisador de gases: consistia no ajuste das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> de acordo com as concentrações dos cilindros de referência (21% O<sub>2</sub> e

nitrogênio para balanço) e de calibração (12% O<sub>2</sub>, 5,09% CO<sub>2</sub>, e nitrogênio para balanço). Por último, foi feita a medida da *phase delay*, ou seja, a diferença de tempo entre a detecção do fluxo pelo pneumotacógrafo, praticamente instantânea, e as medidas das concentrações dos gases pelo analisador.

### 3.7.2.2 Calibração da célula de carga

O procedimento de calibração da célula de carga também ocorreu em todos os dias de coletas de dados. A calibração consistia em duas etapas: uma de aquisição e outra de análise e escalonamento.

Na primeira etapa foi medida a ausência completa de produção de força pela célula de carga durante 5 seg, e a força proveniente do peso de quatro anilhas do equipamento de dinamometria isocinética Cybex ® de massa conhecida (25 lb), também durante 5 seg, as quais eram colocadas uma a uma em um gancho ligado à célula de carga. Desta forma o sinal elétrico resultante do estímulo da massa das anilhas era coletado por um computador, e um gráfico era construído através do SAD, com os diferentes níveis de sinais elétricos: zero, 25 lb, 50 lb, 75 lb e 100 lb.

A segunda etapa consistia em realizar uma análise espectral dos sinais elétricos medidos, no domínio da frequência, através da Transformada Rápida de Fourier (*FFT – Fast Fourier Transformation*) identificando-se a frequência fundamental dos sinais elétricos. Feito isso, os sinais eram filtrados utilizando essa frequência fundamental, que em todas as calibrações foi de 1 Hz, através de um filtro ideal via FFT.

Uma vez filtrados, uma análise estatística dos sinais era feita através do valor médio de cada um dos trechos: zero, 25 lb, 50 lb, 75 lb e 100 lb. Esses valores

foram inseridos em uma planilha eletrônica e convertidos em kgf devido ao conhecimento prévio das massas das anilhas.

Em seguida foram convertidos em Newtons e plotados em um gráfico identificando-se a equação do gráfico, incluindo o seu termo independente e o coeficiente angular. É interessante notar que em todos os procedimentos de calibração o gráfico mostrava um comportamento extremamente linear, com um  $r = 0,99$ , demonstrando ser este procedimento extremamente confiável. Os valores da equação do gráfico foram então inseridos no SAD, de modo que todas as medidas de força realizadas durante as coletas de dados obedeceram aos parâmetros configurados pelo procedimento de calibração da célula de carga.

### ***3.7.3 Protocolo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro***

Após as calibrações, os remadores foram submetidos a um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro máximo e de carga progressiva em “escada”, ou seja, o aumento das intensidades se dá de forma absoluta a cada estágio.

O teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro iniciou com 150 W e a cada estágio, que possuía a duração de 3 min para uma melhor resposta da cinética de lactato (BROOKS, 1985), teve a sua carga aumentada em 50 W. Entre cada estágio uma pausa de 60 seg foi realizada para coleta de uma gota de sangue do lóbulo da orelha dos remadores para análise do lactato sanguíneo.

Esse protocolo foi escolhido por ser normalmente utilizado no acompanhamento do treinamento de remadores e devido à familiaridade dos mesmos com o protocolo (SECHER, 1993; STEINACKER, 1984).

Os remadores foram motivados verbalmente durante o teste a avançarem tantos estágios quanto conseguissem até atingirem seu nível máximo de tolerância ao exercício.

#### ***3.7.4 Coleta de dados cardiorrespiratórios (FC, VO<sub>2</sub>, VCO<sub>2</sub>, VE, RER, MET)***

A FC foi monitorada constantemente pelo cardiômetro da marca Polar modelo S610 ®, sendo coletados os valores minuto a minuto por um dos pesquisadores da equipe e registrados na ficha de coleta de dados para posterior análise.

O ergoespirômetro MGC ® foi usado para a medida direta do VO<sub>2</sub> e dos demais parâmetros ventilatórios, coletando informações respiração por respiração, captando os gases através de um pneumotacógrafo acoplado em um bocal colocado na cavidade oral do avaliado, impedindo-se a respiração com a colocação de um oclisor no nariz do avaliado. Os dados foram coletados em tempo real e transmitidos a um computador onde as informações puderam ser analisadas posteriormente.

Através da medição do consumo de oxigênio o programa de computador do ergoespirômetro MGC automaticamente calcula os valores de equivalente metabólico.

#### ***3.7.5 Coleta do lactato***

No teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, a cada pausa de 60 seg foi coletada uma gota de sangue arterializado do lóbulo da orelha, a qual foi analisada pelo lactímetro Accusport Roche®. Os valores de lactato sanguíneos coletados em cada estágio foram anotados na ficha de coleta de dados para posterior análise.

A utilização do lóbulo da orelha como local de coleta de sangue já foi anteriormente comparada com outras regiões em remadores, não tendo sido verificadas diferenças entre os locais de coleta (FORSYTH & FARRALLY, 2000).

### ***3.7.6 Coleta de dados biomecânicos (força, potência e impulso)***

A força foi medida através da utilização de uma célula de carga, localizada no ponto de junção entre a corrente e o pegador do remoergômetro, como mostra a Figura 6, a qual é ativada pela deformação causada no momento de aplicação de força. Tal estímulo proporciona a aquisição de um sinal elétrico, o qual é convertido em kgf através da calibração feita no SAD. Essa medição de força é representada pelo programa na forma de uma curva de força, a qual foi analisada posteriormente.

A Figura 6 mostra ainda os principais instrumentos utilizados, como o remo ergômetro, ergoespirômetro e célula de carga sendo identificados, e ao fundo os cilindros de gás para calibração.

A potência foi medida pelo próprio remoergômetro, seguindo o mesmo procedimento de todos os estudos consultados na literatura durante este trabalho. O impulso foi calculado através da integral entre a força e o tempo como será explicado no capítulo 3.8.5.2 referente à análise da curva força x tempo.

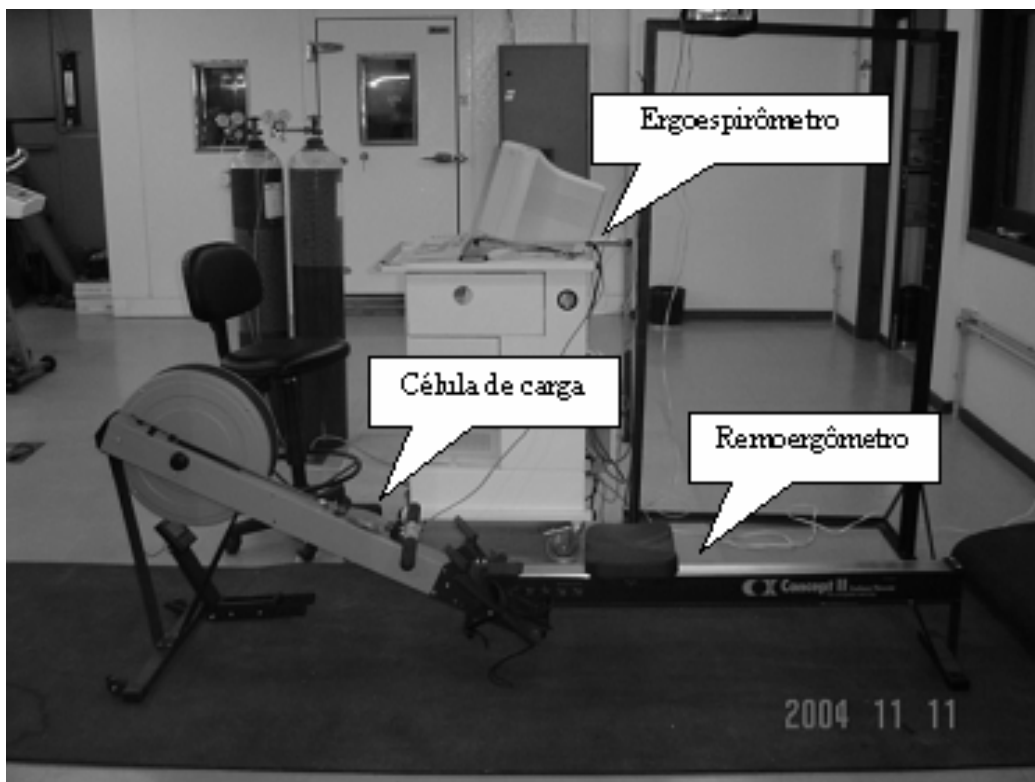


Figura 6 - Remoergômetro instrumentalizado com célula de carga e ergoespirômetro.

### 3.8 Análise dos dados

Os dados foram analisados no estágio de limiar de lactato, cuja metodologia de avaliação será descrita a seguir e no estágio máximo atingido no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro pelos atletas.

Optou-se por analisar os dados referentes ao estágio de limiar de lactato, devido ao fato do mesmo ser referente à intensidade de exercício em que a produção de lactato passa a ultrapassar a capacidade de remoção (COYLE, 1995; BROOKS, 1985; HOLLMANN, 2001) representando, portanto, um momento crítico durante a realização de um exercício físico, e que é largamente empregado como um parâmetro de avaliação funcional e prescrição do treinamento físico de atletas (CHENG *et al.*, 1992; RIBEIRO, 1995; COYLE, 1995; GRANT *et al.*, 2002; GRECO *et al.* 2003; SVEDAHL &



MACINTOSH, 2003; BISHOP, 2004) e em especial de remadores (URHAUNSEN *et al.*, 1993a; URHAUNSEN *et al.*, 1993b; BENEKE, 1995; BOURGOIS *et al.*, 1998; COSGROVE *et al.*, 1999; INGHAM *et al.*, 2002; BENEKE, 2003).

Da mesma forma, as respostas fisiológicas máximas alcançadas em diferentes testes ergométricos são largamente estudadas e empregadas como parâmetros de prescrição de treinamento (MILLER *et al.*, 1993, MEYER *et al.*, 1999; LEPRETRE *et al.*, 2004; CHUANG *et al.*, 2004), avaliação das adaptações ao exercício (HILL & ROWELL, 1997; COX *et al.*, 2004; CAPUTO & DENADAI, 2004) e em especial no controle do treinamento de remadores (HAMLEY & THOMAS, 1969; HAGERMAN & LEE, 1971; LAKOMY & LAKOMY, 1993; RIECHMAN *et al.*, 2002; PETIBOIS *et al.*, 2003; FISKERSTRAND *et al.*, 2004).

### ***3.8.1 Determinação do limiar de lactato***

O limiar de lactato foi determinado empregando-se a metodologia descrita primeiramente por CHENG *et al.* (1992) e posteriormente também utilizada por NICHOLSON & SLEIVERT (2001) e intitulada de D<sub>máx.</sub> (Distância máxima). Esse método foi assim batizado porque utiliza uma técnica na sua determinação, na qual uma curva é criada plotando-se os valores de lactato sanguíneo coletados em um gráfico do *Microsoft Excel*, criando-se uma linha de tendência exponencial no mesmo. Feito isso, uma reta é traçada entre o ponto inicial e final da curva da linha de tendência, e a maior distância entre a reta traçada e a curva criada pelo gráfico é medida, proporcionando assim a identificação do limiar de lactato como mostra a Figura 7.

Ao se traçar uma linha do ponto de maior distância, perpendicular ao eixo x do gráfico, pode-se obter o estágio de limiar de lactato do atleta e a partir disso analisar todas as respostas fisiológicas e biomecânicas referentes a esse estágio.

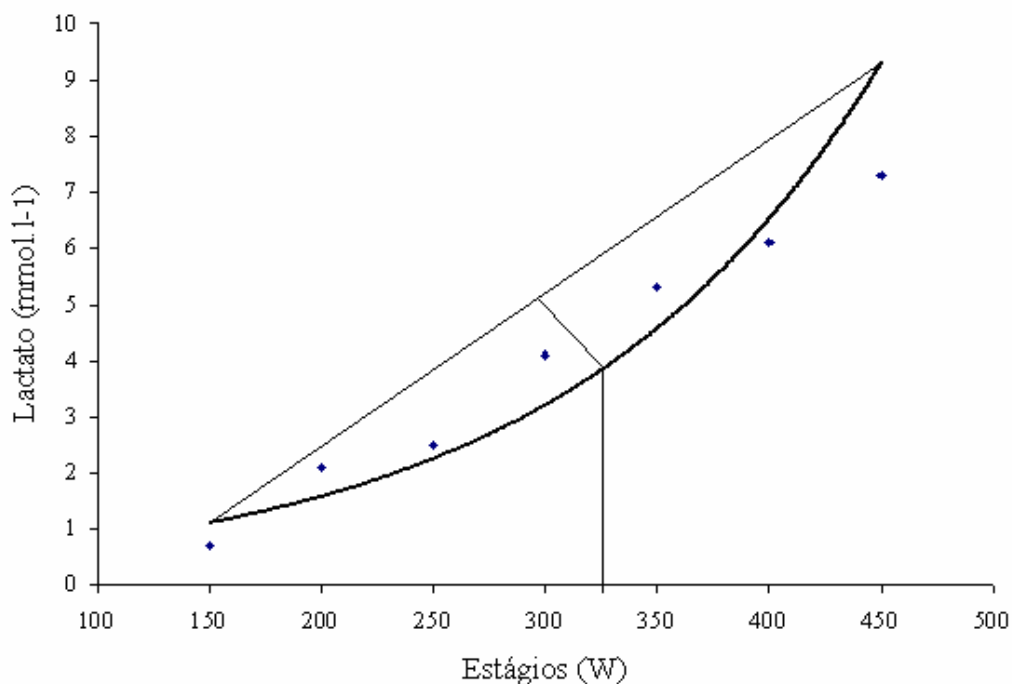


Figura 7 - Determinação do limiar de lactato pelo método D máx.

### 3.8.2 Aspectos cardiorrespiratórios ( $FC$ , $VO_2$ , $VCO_2$ , $VE$ , e $RER$ )

Uma vez identificado o estágio do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro em que os remadores atingiam o limiar de lactato, foi feita a média dos valores de FC coletados minuto a minuto nesse estágio, a qual foi chamada de frequência cardíaca de limiar. Também foram computados os valores máximos de FC atingidos pelos remadores no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro (FC máxima).

Foi calculada a média dos valores das variáveis ventilatórias obtidas no estágio de limiar de lactato e no estágio máximo alcançado pelo remador, passando a

serem chamadas, respectivamente, de  $VO_2$  de limiar,  $VCO_2$  de limiar, VE de limiar e RER de limiar e  $VO_2$  de pico<sup>1</sup>,  $VCO_2$  máximo, VE máximo e RER máximo.

Os valores de MET também foram analisados através da média dos valores coletados no estágio de limiar de lactato e no estágio máximo alcançado pelos remadores, sendo chamados de MET de limiar e MET máximo.

### ***3.8.3 Aspectos lactacidêmicos***

Os dados de lactato foram analisados a partir dos valores coletados nos momentos de pausa após o término de cada estágio e dizem respeito a valores pontuais medidos pelo lactímetro. Desta forma, depois de identificado o estágio de limiar de lactato, o valor coletado referente ao respectivo estágio foi então considerado como sendo o lactato de limiar. Da mesma forma, o valor máximo de lactato alcançado ao término do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro foi também computado, sendo chamado de lactato máximo.

### ***3.8.4 Aspectos biomecânicos (força, potência e impulso)***

#### ***3.8.4.1 “Anatomia” da curva de força x tempo***

Para o correto entendimento dos procedimentos de análise dos dados relacionados à produção de força dos remadores, optou-se por incluir neste capítulo uma seção relacionada às características da produção de força enquanto sinal biológico medido e analisado neste estudo.

---

<sup>1</sup> O  $VO_2$  recebe aqui a conotação de  $VO_2$  de pico, pois foi usado o maior valor de  $VO_2$  medido e não os parâmetros de estabilização empregados para determinação do  $VO_{2máx}$ .

A curva de força x tempo medida pela célula de carga e analisada pelo programa de computador SAD, como será descrito a seguir, diz respeito à produção de força pelo remador durante o gesto esportivo da remada, que possui basicamente quatro fases:

1. **Entrada:** Introdução do remo na água e início da produção de força;
2. **Propulsão:** Produção efetiva de força;
3. **Finalização:** Término da fase de propulsão, retirada dos remos da água;
4. **Recuperação:** Retorno à posição inicial sem produção efetiva de força;

No caso deste estudo, os dados não foram coletados em uma situação real de remo, ou seja, remando em um barco na água, mas sim remando em um remoergômetro. Entretanto, esse ergômetro possui uma alta fidedignidade com os movimentos realizados na água (LAMB, 1989), como mostra a Figura 8, sendo largamente empregado na avaliação e treinamento dos remadores (HAGERMANN *et al.*, 1978; LORMES *et al.*, 1993; MOYNA *et al.* 2001; BERNSTEIN *et al.* 2002).

É importante observar que o eixo Y do gráfico corresponde aos valores de produção de força, enquanto que o eixo X se refere a tempo decorrido para a realização da remada.

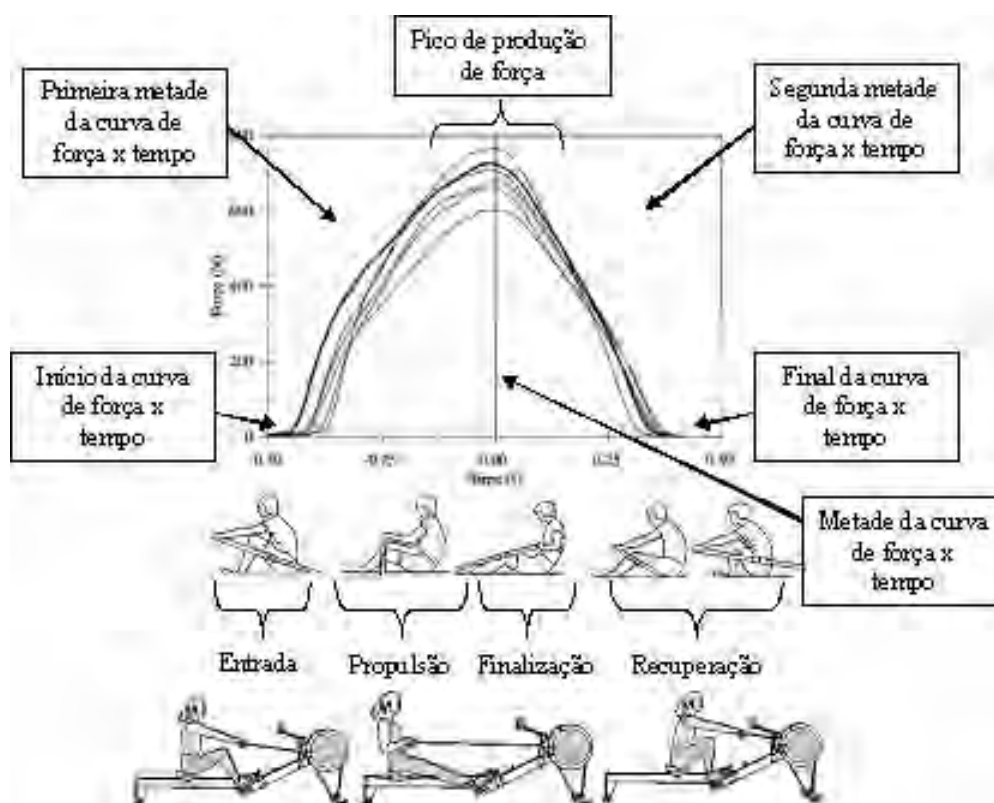


Figura 8 - “Anatomia” da curva de força x tempo – Adaptado de TORRES – MORENO *et al.* (1999) e MANUAL DO REMOERGÔMETRO CONCEPT II (2005).

#### 3.8.4.2 Análise da curva de força x tempo

Os dados de força foram analisados seguindo os mesmos parâmetros dos dados fisiológicos, ou seja, utilizando o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo alcançado no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro como ponto de referência. Entretanto, devido à natureza ergódica das curvas de força x tempo, que possuem como característica a repetição do seu comportamento ao longo do tempo, optou-se pela seguinte metodologia na análise da produção de força dos remadores:

As curvas de força x tempo coletadas no estágio desejado passaram por um tratamento através do programa de computador SAD, que consistiu inicialmente em uma filtragem influenciada pela frequência fundamental do sinal, a qual foi identificada realizando uma análise no domínio da frequência através da Transformada Rápida de

Fourier (FFT). Tendo sido identificada a frequência fundamental, a qual foi sempre inferior a 10 Hz, foi usado um “filtro ideal via FFT” entre 0 e 10 Hz, pois constatou-se que filtrações em outras frequências modificam muito o sinal inicial medido.

Uma vez que o sinal era filtrado, foram identificadas as 10 curvas de força x tempo centrais do estágio, em função do tempo de duração do mesmo, da mesma forma que o proposto por TORRES-MORENO *et al.* (1999). Essas curvas eram então selecionadas com o uso do programa SAD utilizando o seguinte procedimento:

Inicialmente foi preciso demarcar o ponto de início e término de cada curva de força x tempo, o que foi feito seguindo-se o método descrito por HODGES & BUI (1996), o qual foi empregado originalmente na análise de sinais eletromiográficos, mas tem sido usado na análise da produção de força no remo nos estudos conjuntos entre o Grupo de Pesquisa em Biomecânica e o Grupo de Estudos em Fisiologia e Bioquímica do Exercício da Escola de Educação Física da UFRGS com boa aplicabilidade (OLIVEIRA *et al.*, 2003; BAPTISTA *et al.*, 2003; BAPTISTA *et al.*, 2004).

HODGES & BUI (1996) sugerem a análise da linha de base do sinal medido, através do uso da fórmula:

$$\text{Início do sinal} = 3 * \text{DP} + \text{MED}$$

Onde DP é o desvio padrão e MED é a média do período de linha de base utilizado (representadas pela letra **a** na Figura 9). No caso deste estudo foi utilizado sempre o período que antecedia as 10 curvas selecionadas (representadas pela letra **b** na Figura 9). A Figura 9 é meramente ilustrativa e não necessariamente representa um trecho do sinal analisado.

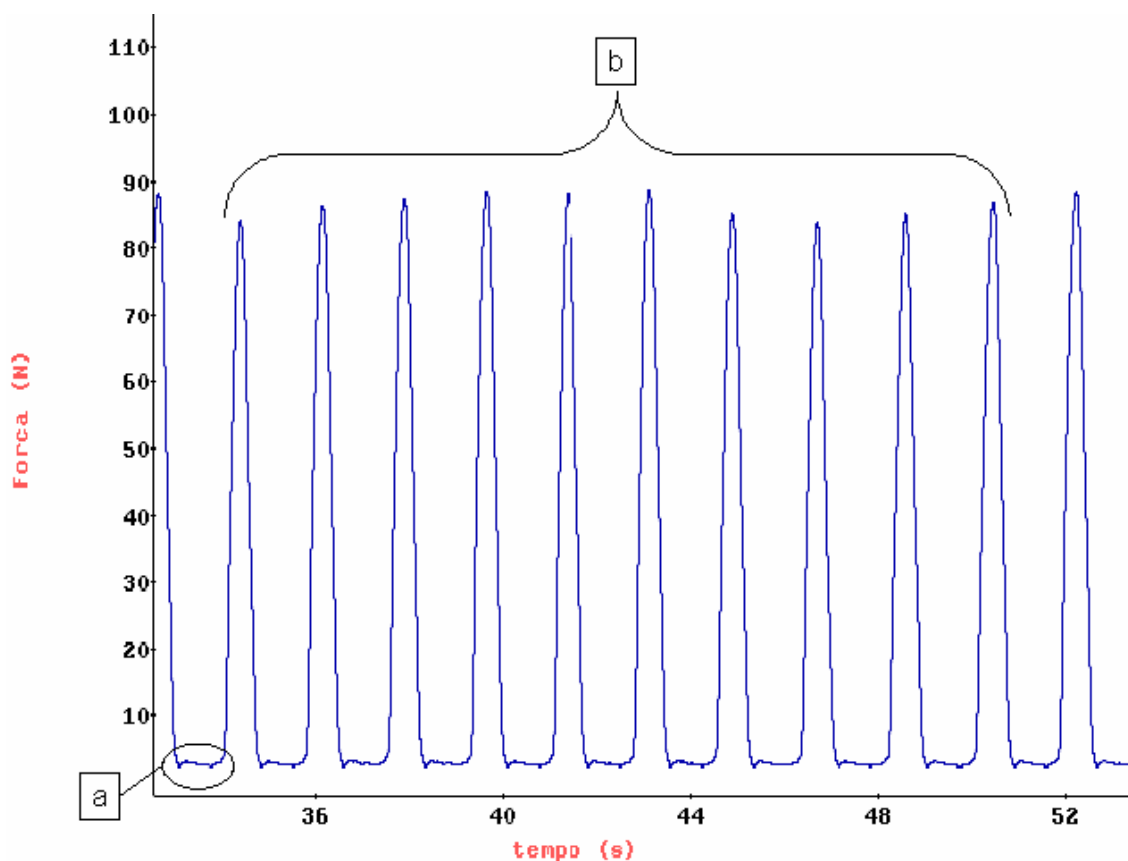


Figura 9 - Gráfico mostrando o processo de seleção das curvas de força x tempo

O valor resultante desse cálculo foi usado como parâmetro de início e término de cada curva de força x tempo, pois representa o início de produção significativa de sinal medido e também, na outra extremidade da curva de força x tempo, a ausência de produção significativa de sinal medido (HODGES & BUI, 1996). Depois de determinados o ponto de início e de término das curvas de força x tempo, foi feito um processo de seleção (recorte) de cada curva e deslocamento até o ponto zero do gráfico, de modo que as curvas ficassem então todas sincronizadas no eixo X das mesmas, como mostra a Figura 10.

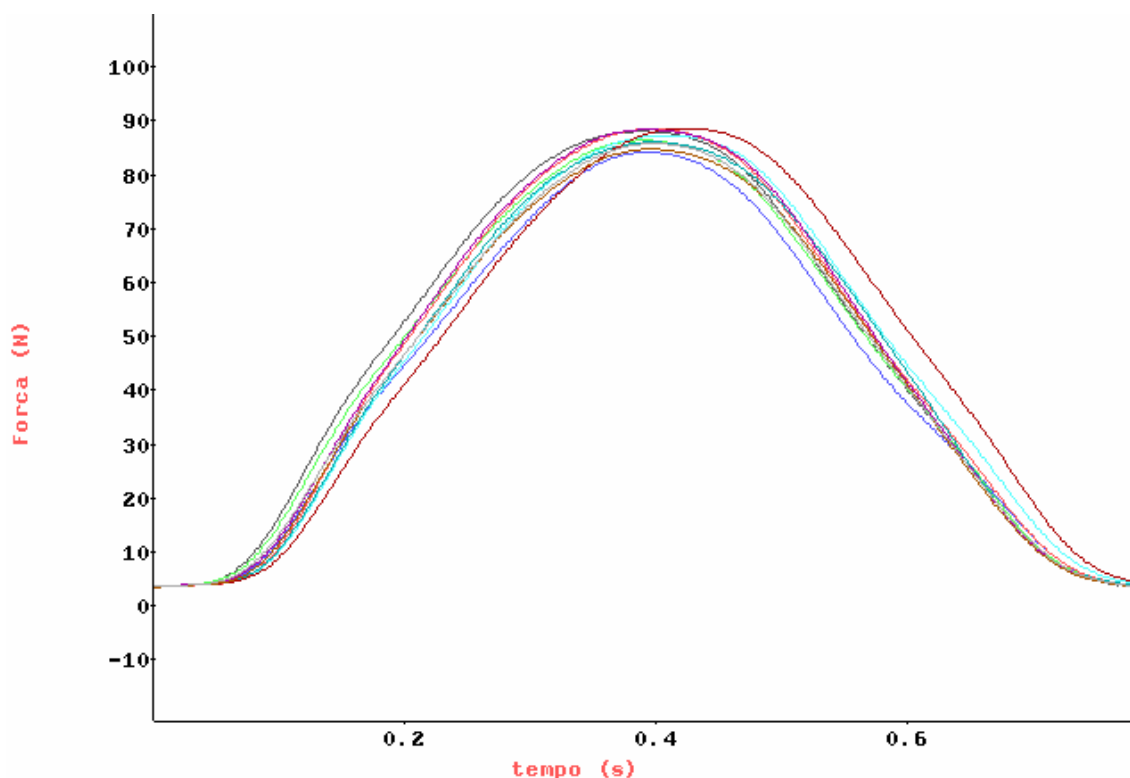


Figura 10 – Sincronização para soma das 10 curvas de força selecionadas

Uma vez que todas as curvas de força x tempo estavam sincronizadas, foi feita a média das mesmas, resultando em uma só curva (como mostra a Figura 11) que passou por uma análise para identificação do seu perfil no que diz respeito à localização do seu pico. Através da identificação da sua duração temporal (tempo de curva - TC), foi localizada a metade da curva (MC) e em seguida calculado, com o auxílio do programa SAD, o tempo para pico (TP), ou seja, o tempo levado pelo remador para alcançar o pico de força, ou simplesmente pico de força (PF).



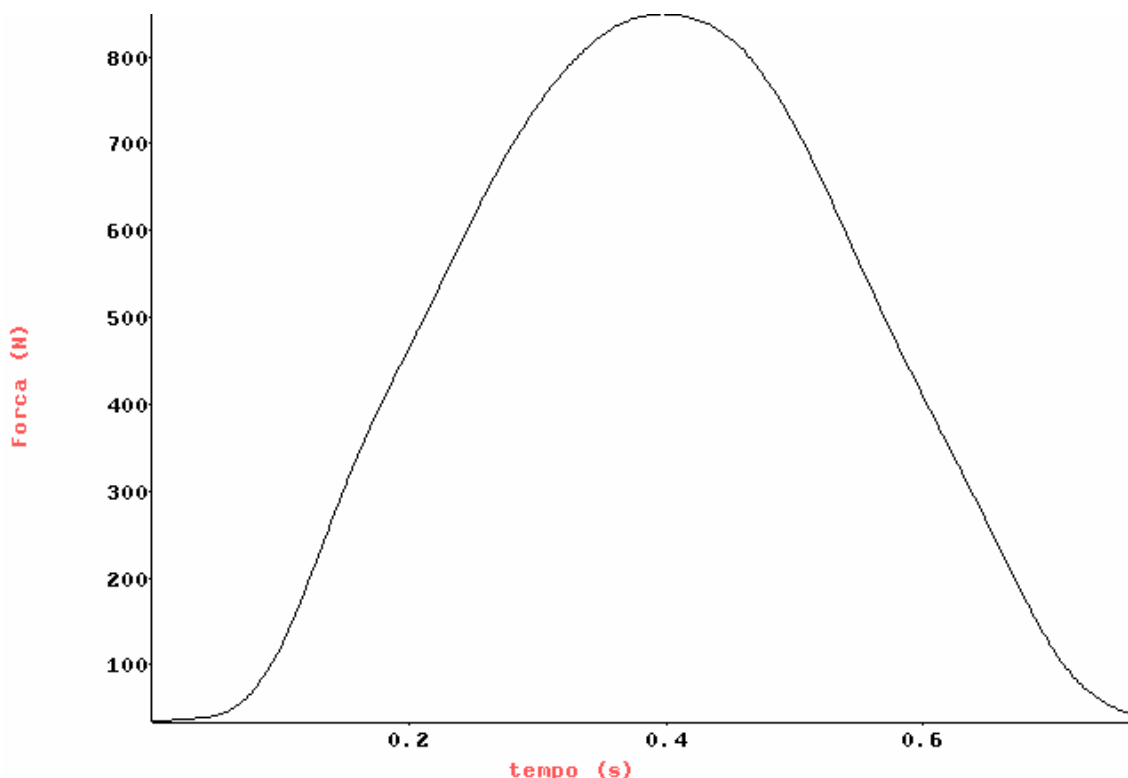


Figura 11 – Curva de força x tempo média

Logo, os componentes que fazem parte do formato da curva de força x tempo do remador são o tempo de curva, a metade da curva, tempo para pico e o pico de força.

Através do tempo para pico e da metade da curva, pôde-se classificar os remadores em dois grupos quanto ao tipo de curva de força x tempo:

- Remadores *stroke*: Pico de força na primeira metade da curva.
- Remadores *bow*: Pico de força na segunda metade da curva.

Foi feita também a análise do impulso produzido, através do cálculo da integral da força pelo tempo com o uso do programa de computador SAD. A potência foi medida pelo próprio remoergômetro, como citado anteriormente, não necessitando de maiores análises e tratamentos.

### 3.9 Tratamento estatístico

As variáveis foram descritas através de média (X) e desvio padrão (DP). Para verificar a normalidade dos dados, o Teste de *Shapiro Wilk* foi aplicado.

Para a comparação das respostas fisiológicas e biomecânicas entre remadores com diferentes tipos de curva de força x tempo (*stroke* e *bow*), tanto no estágio de limiar de lactato, quanto no estágio máximo alcançado no teste cardiopulmonar de exercícios em remoergômetro, foi usado Teste *t-student* para amostras independentes.

Para analisar a associação entre os diferentes tipos de curva de força x tempo e as respostas fisiológicas e biomecânicas, tanto no estágio de limiar de lactato, quanto no estágio máximo alcançado no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, foi aplicada a correlação linear de *Pearson*.

No intuito de avaliar possíveis mudanças no formato da curva de força x tempo, decorridas entre o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo atingido no teste cardiopulmonar de exercícios em remoergômetro, foi utilizado o Teste Qui-Quadrado de *McNemar*.

Para comparar as respostas fisiológicas e biomecânicas entre os grupos de remadores após as modificações no formato da curva de força x tempo, decorridas entre o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo atingido no teste cardiopulmonar de exercícios em remoergômetro, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) *one-way*.

O nível de significância adotado foi de 5% e os resultados foram analisados no programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 10.0. Níveis descritivos amostrais (valor p) entre 0,05 e 0,10 foram considerados limítrofes, conforme ALTMAN (1991).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da amostra

O resultado do teste de normalidade apresentou todas as variáveis se distribuindo de forma gaussiana.

Com o intuito de caracterizar a amostra desta pesquisa, a Tabela 1 apresenta informações explicativas dos sujeitos que participaram deste estudo. Esta tabela apresenta as medidas de tendência central (média) e variabilidade (desvio padrão) da idade, massa corporal, estatura e percentual de gordura de todos os remadores, bem como as informações referentes ao tempo de treinamento e os principais títulos conquistados pelos remadores que participaram deste estudo.

A idade média dos remadores que participaram deste estudo foi de  $24,47 \pm 5,21$  anos, a massa corporal média foi de  $83,51 \pm 7,19$  kg, a estatura média foi de  $185,50 \pm 6,53$  e o percentual de gordura médio foi de  $13,68 \pm 1,65$ .

O tempo médio de treinamento destes remadores foi de  $6,80 \pm 2,83$  anos e os títulos conquistados vão desde resultados estaduais até Pan-Americanos.

Tabela 1: Caracterização da amostra

Remador	Idade (anos)	Massa Corporal (kg)	Estatura (cm)	Percentual de gordura (%)	Tempo de Treinamento (anos)	Principais títulos
1	20	82,00	188,00	14,66	5	Vice Campeão Estadual
2	17	80,00	185,50	14,81	2	Vice Campeão Brasileiro
3	29	79,90	181,00	14,05	10	Campeão Estadual
4	32	84,20	183,00	13,13	10	Campeão Brasileiro
5	24	73,40	192,00	12,36	6	Campeão Brasileiro
6	32	93,00	185,50	15,27	10	Campeão Sul-Americano
7	21	85,40	185,00	13,89	6	Campeão Brasileiro
8	19	75,60	173,00	12,36	4	Vice Campeão Brasileiro
9	17	81,30	182,00	15,27	3	Vice Campeão Brasileiro
10	19	76,90	184,00	16,65	4	Vice Campeão Brasileiro
11	27	99,50	202,00	11,75	6	Campeão Sul-Americano
12	24	76,50	180,00	10,83	8	Vice Campeão Pan-americano
13	26	88,20	189,50	13,89	8	Campeão Sul-Americano
14	30	91,10	182,00	14,81	10	Campeão Brasileiro
15	30	85,70	190,00	11,45	10	Campeão Sul-Americano
X	24,47	83,51	185,50	13,68	6,80	
DP	5,21	7,19	6,53	1,65	2,83	

## 4.2 Resultados obtidos no limiar de lactato

Como dito anteriormente, os remadores que participaram deste estudo foram classificados e analisados em função de suas respostas biomecânicas e fisiológicas, a partir dos dados coletados no estágio do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro em que atingiam seu limiar de lactato e no estágio máximo alcançado.

A Figura 12 mostra a curva de cinética de lactato dos remadores a partir da qual seus Limiares de lactato foram individualmente detectados, pelo método anteriormente descrito (CHENG *et al.*, 1992; NICHOLSON & SLEIVERT, 2001).

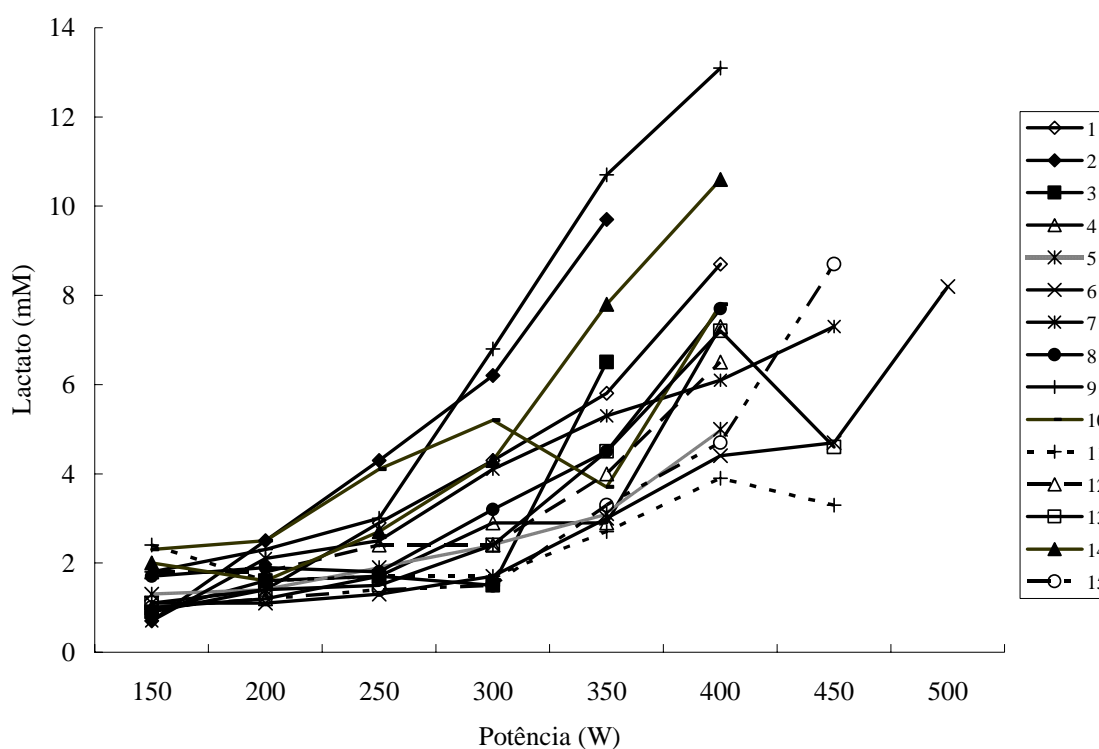


Figura 12 – Curva de cinética de lactato dos remadores

A Tabela 2 mostra as respostas fisiológicas dos remadores obtidas no estágio de limiar de lactato. A média de FC foi de  $150,22 \pm 16,28$  bpm, a média de  $VO_2$  relativo à massa corporal foi de  $40,12 \pm 2,22$  mL $^{-1}$ .kg.min $^{-1}$ , a média de  $VO_2$  absoluto foi de  $3,35 \pm 0,29$  L.min $^{-1}$ , a média  $VCO_2$  foi de  $2,97 \pm 0,33$  L.min $^{-1}$ , a média de RER foi de  $0,91 \pm 0,05$ , a média de VE foi de  $84,99 \pm 8,64$  mL $^{-1}$ .kg.min $^{-1}$ , a média de La foi de  $2,72 \pm 1,05$  mM e a média de equivalentes metabólicos MET foi de  $11,46 \pm 0,63$  METs.

Tabela 2: Respostas fisiológicas obtidas no limiar de lactato

Remador	FC (bpm)	$VO_2/kg$ (mL.kg $^{-1}$ .min $^{-1}$ )	$VO_2$ (L.min $^{-1}$ )	$VCO_2$ (L.min $^{-1}$ )	RER	VE (mL.kg $^{-1}$ .min $^{-1}$ )	La (mM)	MET (METs)
1	149	37,61	3,08	2,63	0,86	71,89	2,90	10,75
2	169	40,44	3,24	2,81	0,88	87,36	4,30	11,56
3	148	42,32	3,38	2,99	0,90	79,48	1,70	12,06
4	140	39,07	3,29	2,75	0,86	83,17	1,70	11,16
5	165	42,91	3,15	2,70	0,89	77,80	1,90	12,27
6	161	42,09	3,94	3,68	0,94	106,47	3,00	12,00
7	158	38,48	3,29	3,05	0,97	81,69	4,10	10,99
8	149	42,80	3,24	2,62	0,84	82,66	1,80	12,23
9	161	41,17	3,35	3,10	0,98	86,87	3,00	11,76
10	174	42,60	3,28	2,96	0,92	97,06	4,10	12,17
11	151	40,92	4,07	3,55	0,87	92,15	1,70	11,69
12	110	39,96	3,06	2,71	0,91	75,61	2,40	11,42
13	135	36,54	3,22	2,86	0,94	85,01	2,40	10,43
14	151	37,18	3,39	3,36	1,01	81,20	4,30	10,63
15	132	37,76	3,23	2,82	0,90	86,36	1,50	10,79
X	150,22	40,12	3,35	2,97	0,91	84,99	2,72	11,46
DP	16,28	2,22	0,29	0,33	0,05	8,64	1,05	0,63

A Tabela 3 mostra as respostas biomecânicas dos remadores obtidas no estágio de limiar de lactato. A média do PF foi de  $841,23 \pm 63,62$  N, a média de TP foi de  $0,48 \pm 0,08$  segundo, a média do TC foi de  $0,88 \pm 0,08$  segundo, a média da MC foi de  $0,44 \pm 0,04$  segundo, a média de I foi de  $390,90 \pm 33,16$  N.seg e a média de P foi de  $273,33 \pm 32,00$  W.

Tabela 3: Respostas biomecânicas obtidas no limiar de lactato

Remador	PF (N)	TP (seg)	TC (seg)	MC (seg)	I (N.seg)	P (W)	Classificação
1	864,59	0,47	0,97	0,48	408,61	250	<i>Stroke</i>
2	883,56	0,45	0,87	0,43	369,12	250	<i>Bow</i>
3	818,88	0,45	0,88	0,44	374,99	250	<i>Bow</i>
4	784,12	0,46	0,82	0,41	391,79	250	<i>Bow</i>
5	935,06	0,33	0,70	0,35	374,79	250	<i>Stroke</i>
6	984,04	0,42	0,76	0,38	475,32	350	<i>Bow</i>
7	772,30	0,46	0,88	0,44	363,86	300	<i>Bow</i>
8	776,32	0,50	0,80	0,40	352,93	250	<i>Bow</i>
9	786,80	0,53	0,95	0,47	355,26	250	<i>Bow</i>
10	809,32	0,52	0,92	0,46	381,77	250	<i>Bow</i>
11	821,81	0,57	0,99	0,49	421,54	250	<i>Bow</i>
12	809,60	0,66	1,00	0,50	389,66	300	<i>Bow</i>
13	912,77	0,50	0,92	0,45	433,65	300	<i>Bow</i>
14	800,85	0,46	0,85	0,42	367,66	300	<i>Bow</i>
15	858,37	0,41	0,90	0,45	402,48	300	<i>Stroke</i>
X	841,23	0,48	0,88	0,44	390,90	273,33	
DP	63,62	0,08	0,08	0,04	33,16	32,00	

Como mostra a Tabela 4 e a Figura 13, a partir do tempo para atingir o pico de força foi possível classificar no limiar de lactato, 3 remadores *stroke* e 12 remadores *bow*. O tempo para o pico de força foi significativamente diferente entre os dois grupos ( $p=0,046$ ). Não houve diferença significativa entre as características cineantropométricas bem como entre as idades dos remadores nos dois grupos ( $p>0,05$ ).

Tabela 4: Comparação do TP entre remadores no estágio de limiar de lactato

Grupo	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
n	3	12
TP	0,40 ± 0,07	0,50 ± 0,07*

\*  $p=0,046$

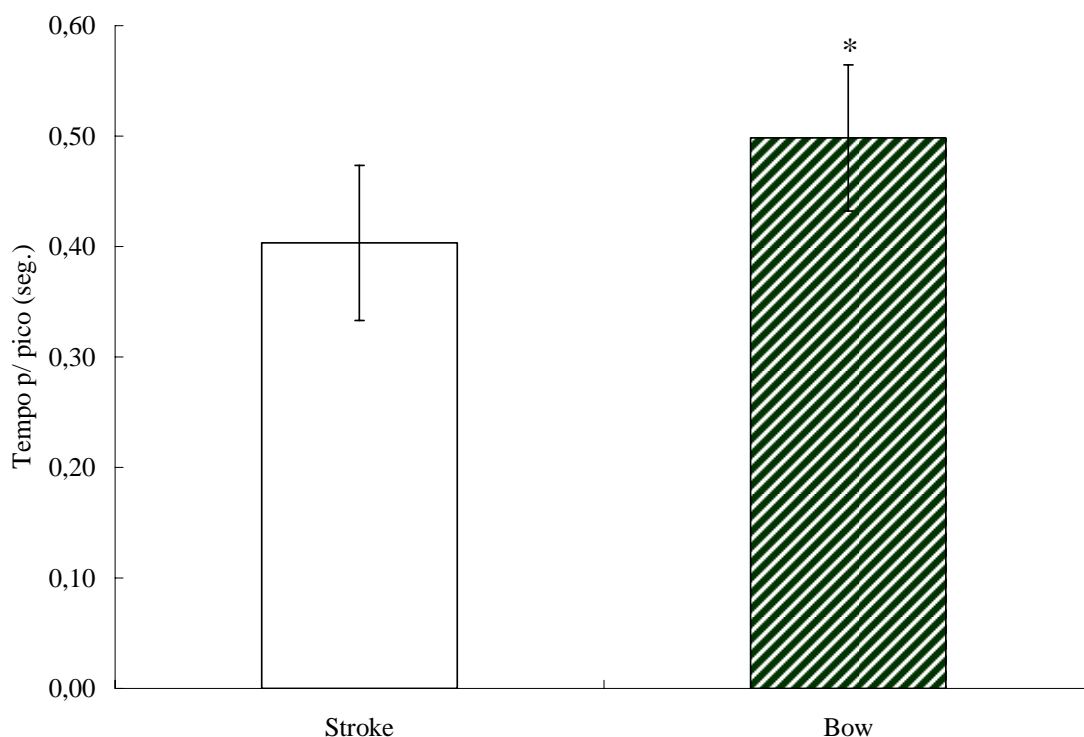


Figura 13 - Comparação do TP entre remadores no estágio de limiar de lactato

#### ***4.2.1 Comparação das respostas fisiológicas entre os dois grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato***

Como mostra a Tabela 5, o grupo de remadores *stroke*, no limiar de lactato, apresentou uma média de FC de  $148,67 \pm 16,5$  bpm, um  $VO_2$  relativo à massa corporal médio de  $39,43 \pm 3,02$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, um  $VO_2$  absoluto médio de  $3,15 \pm 0,07$  L.min<sup>-1</sup> e uma  $VCO_2$  média de  $2,72 \pm 0,96$  L.min<sup>-1</sup>. O grupo de remadores *bow*, no limiar de lactato, apresentou uma média de FC de  $150,58 \pm 16,97$  bpm, um  $VO_2$  relativo à massa corporal médio de  $40,30 \pm 2,11$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, um  $VO_2$  absoluto médio de  $3,39 \pm 0,30$  L.min<sup>-1</sup> e uma  $VCO_2$  média de  $3,04 \pm 0,33$  L.min<sup>-1</sup>.

O grupo de remadores *stroke*, no limiar de lactato apresentou uma média de RER de  $0,88 \pm 0,02$ , uma VE média de  $78,68 \pm 7,27$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, uma concentração



de La médio de  $2,10 \pm 0,72$  mM e um MET médio de  $11,27 \pm 0,87$  METs. O grupo de remadores *bow* no limiar de lactato apresentou uma média de RER de  $0,92 \pm 0,05$ , uma VE média de  $86,56 \pm 8,47$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, um La médio de  $2,87 \pm 1,08$  mM e um MET médio de  $11,51 \pm 0,60$  METs

Tabela 5: Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

Resposta fisiológica	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
FC (bpm)	$148,67 \pm 16,50$	$150,58 \pm 16,97$
VO <sub>2</sub> (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	$39,43 \pm 3,02$	$40,30 \pm 2,11$
VO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	$3,15 \pm 0,07$	$3,39 \pm 0,30$
VCO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	$2,72 \pm 0,96$	$3,04 \pm 0,33$
RER	$0,88 \pm 0,02$	$0,92 \pm 0,05$
VE (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	$78,68 \pm 7,27$	$86,56 \pm 8,47$
La (mM)	$2,10 \pm 0,72$	$2,87 \pm 1,08$
MET (METs)	$11,27 \pm 0,87$	$11,51 \pm 0,60$

Como mostram as Figuras 14 e 15, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos ( $p > 0,05$ ).

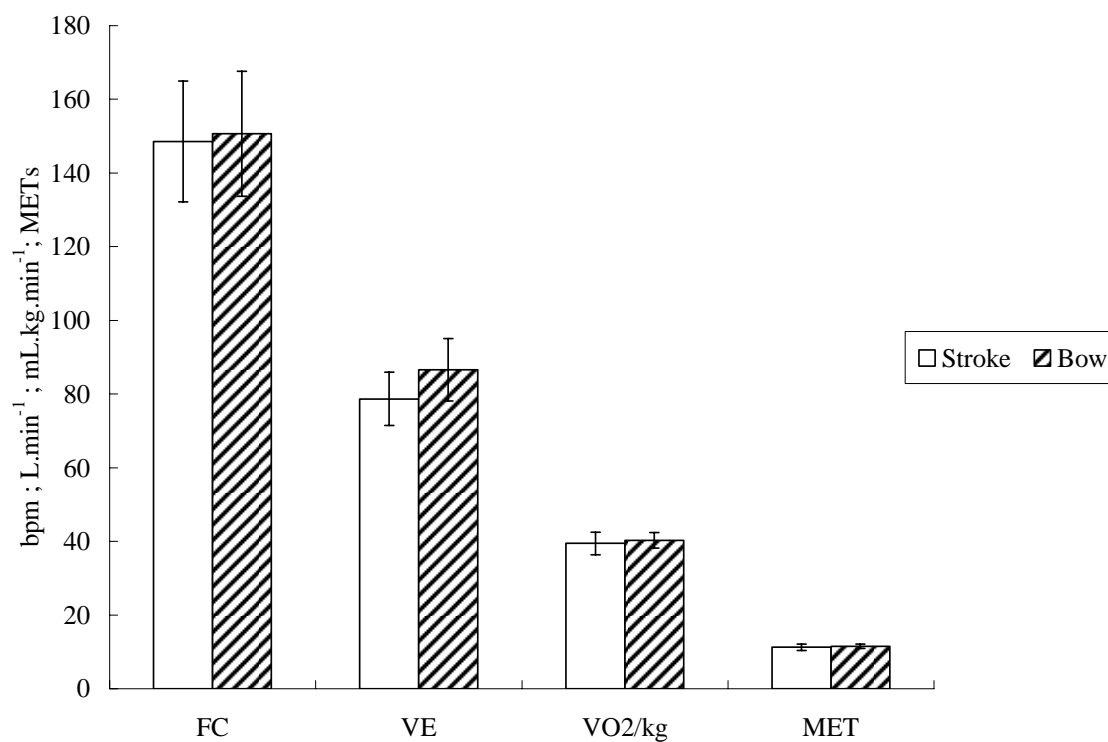


Figura 14 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

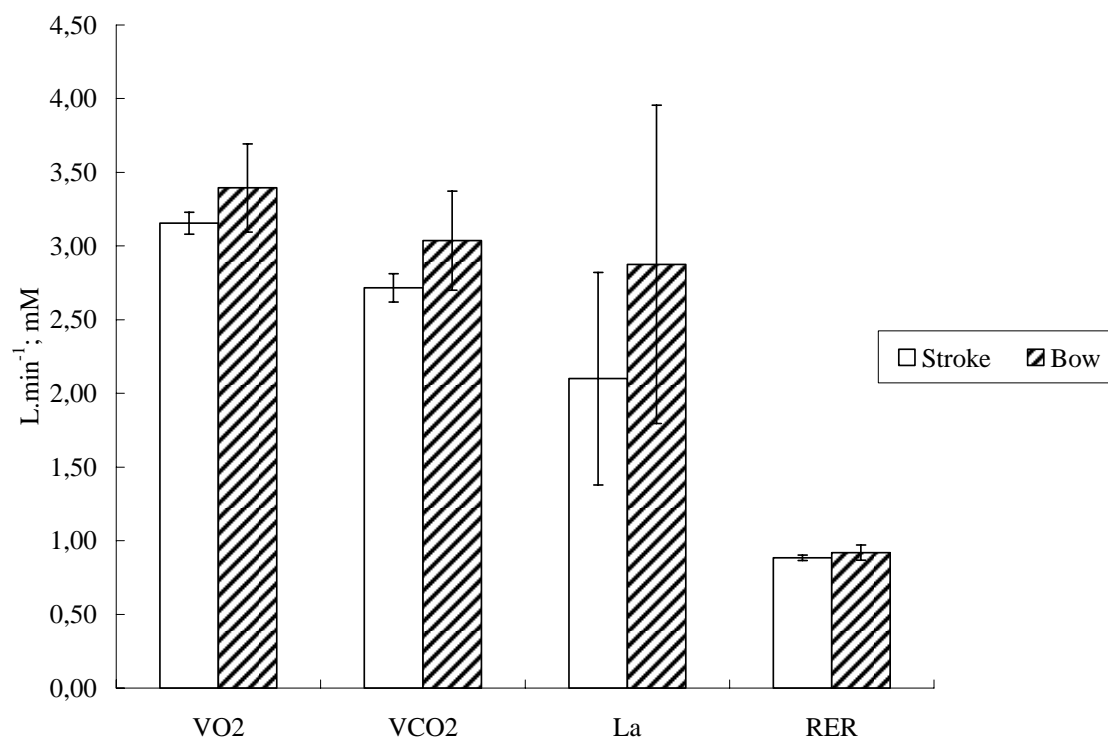


Figura 15 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

#### 4.2.2 Comparação das respostas biomecânicas entre os dois grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

Como mostra a Tabela 6, o grupo de remadores *stroke* no limiar de lactato, apresentou uma média de PF de  $886,01 \pm 42,60$  N, uma média de TP de  $0,40 \pm 0,07$  segundo, uma média de TC de  $0,86 \pm 0,14$  segundo, uma média de MC de  $0,43 \pm 0,07$  segundo, um I médio de  $395,29 \pm 18,02$  N.seg e uma P média de  $266,67 \pm 28,87$  W.

O grupo de remadores *bow* no limiar de lactato apresentou uma média de PF de  $830,03 \pm 64,32$  N, uma média de TP de  $0,50 \pm 0,07$  segundo, uma média de TC de  $0,89 \pm 0,07$  segundo, uma média MC em  $0,44 \pm 0,04$  segundo, um I médio de  $389,80 \pm 36,53$  N.seg<sup>-1</sup> e uma P média de  $275,00 \pm 33,71$  W.

Tabela 6: Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

Resposta biomecânica	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
PF (N)	$886,01 \pm 42,60$	$830,03 \pm 64,32$
TP (seg)	$0,40 \pm 0,07$	$0,50 \pm 0,07^*$
TC (seg)	$0,86 \pm 0,14$	$0,89 \pm 0,07$
MC (seg)	$0,43 \pm 0,07$	$0,44 \pm 0,04$
I (N.seg)	$395,29 \pm 18,02$	$389,80 \pm 36,53$
P (W)	$266,67 \pm 28,87$	$275,00 \pm 33,71$

\* p=0,046

Não foram encontradas diferenças significativas nas respostas biomecânicas entre os grupos com exceção do TP (p=0,046).

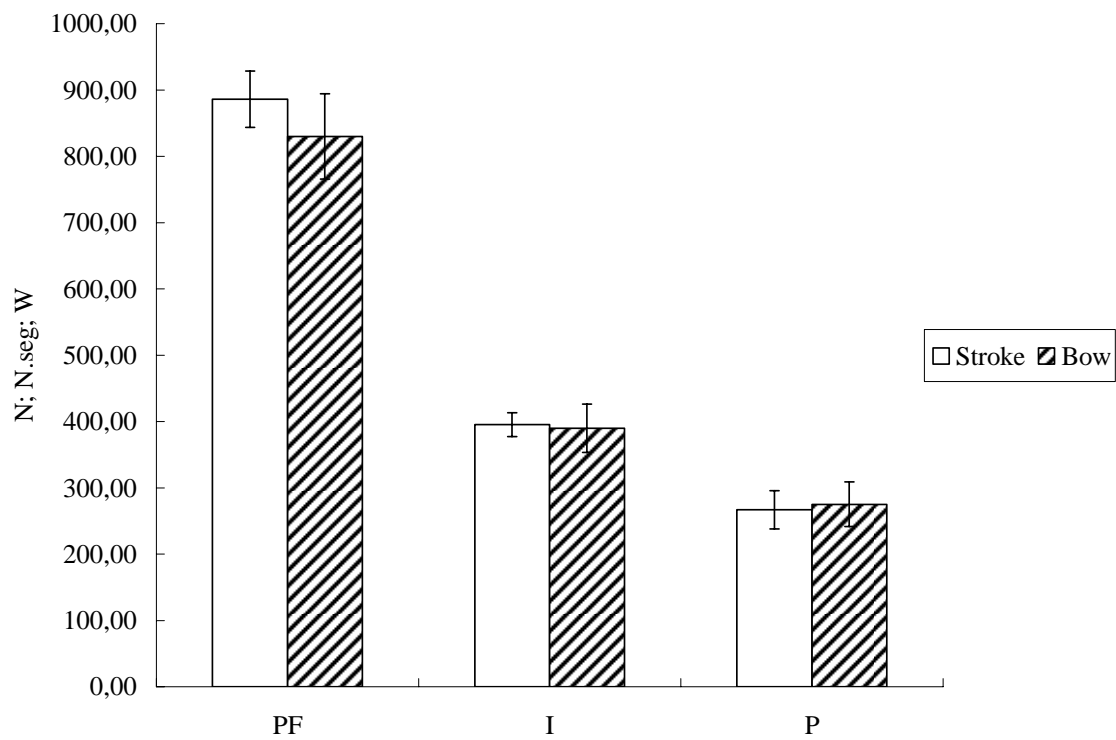


Figura 16 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

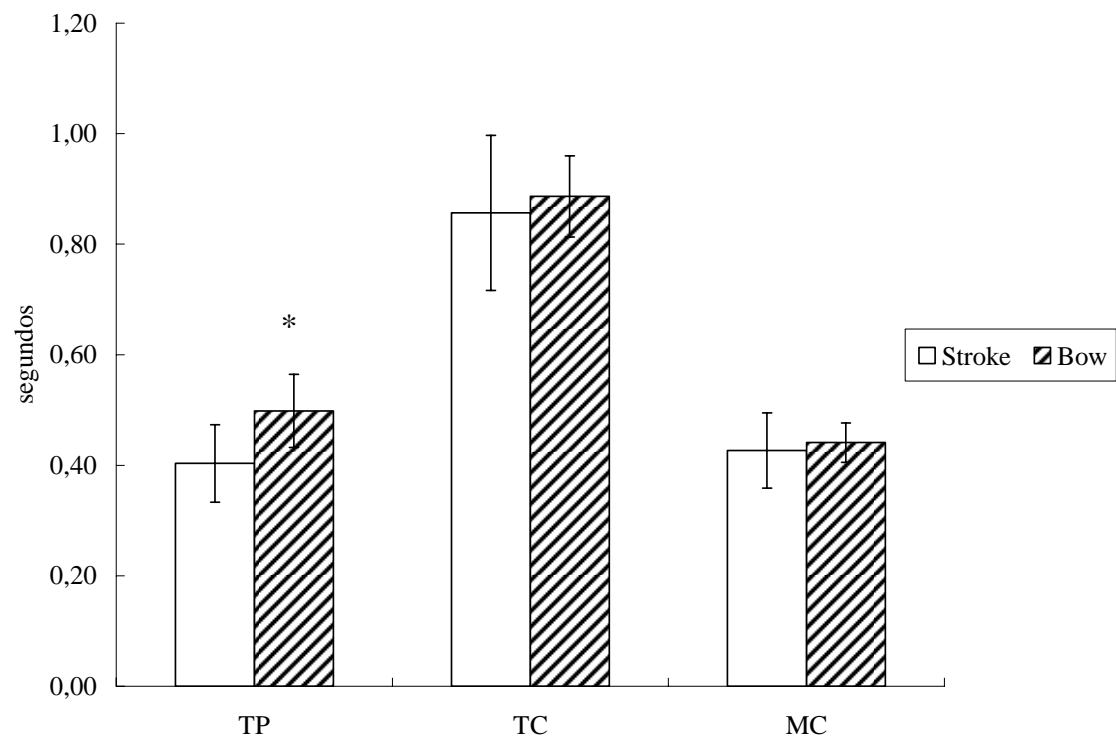


Figura 17 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio de limiar de lactato

### 4.3 Resultados obtidos no estágio máximo

Foram analisadas também as respostas fisiológicas e biomecânicas máximas alcançadas pelos remadores no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. É importante salientar que no caso do  $VO_2$ , tanto relativo à massa corporal quanto absoluto, trata-se do  $VO_2$  de pico, e não do  $VO_2$  máximo, pois foi computado o maior valor de  $VO_2$  atingido no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro e não os critérios de estabilização usados para se identificar o  $VO_2$  máximo (ARAÚJO, 2002).

A Tabela 7 mostra as respostas fisiológicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, a média de FC foi de  $184,20 \pm 9,79$  bpm, a média de  $VO_2$  relativo à massa corporal foi de  $60,93 \pm 3,45$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, a média de  $VO_2$  absoluto foi de  $5,08 \pm 0,40$  L.min<sup>-1</sup>, a média de  $VCO_2$  foi de  $4,74 \pm 1,40$  L.min<sup>-1</sup>, a média de RER foi de  $1,48 \pm 0,10$ , a média de VE foi de  $168,45 \pm 16,06$ , a média de La foi de  $7,88 \pm 2,21$  mM, a média de P foi de  $413,33 \pm 39,94$  W e a média de MET foi de  $17,41 \pm 0,99$  METs.

A Tabela 8 mostra as respostas biomecânicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, a média de PF foi de  $930,66 \pm 72,13$  N, a média de TP foi de  $0,34 \pm 0,05$  seg, a média de TC foi de  $0,71 \pm 0,06$  seg, a média da MC foi de  $0,35 \pm 0,03$  seg, a média de I foi de  $363,00 \pm 30,28$  N.seg e a média de P foi de  $413,33 \pm 39,94$  W.

Tabela 7: Respostas fisiológicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro

Remador	FC (bpm)	VO <sub>2</sub> /kg (mL.kg.min <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	VCO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	RER	VE (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	La (mM)	MET (METs)
1	185	57,20	4,68	4,60	1,48	167,10	8,70	16,30
2	200	58,60	4,69	4,48	1,42	135,40	9,70	16,80
3	183	58,70	4,70	0,05	1,41	147,40	6,50	16,80
4	177	63,20	5,32	5,22	1,31	169,70	7,30	18,00
5	188	63,60	4,67	4,34	1,34	165,80	5,00	18,20
6	182	59,10	5,54	5,72	1,39	192,80	8,20	16,90
7	195	63,60	5,43	5,22	1,60	167,00	7,30	18,20
8	176	67,00	5,07	4,94	1,53	164,50	7,70	19,10
9	196	61,50	5,00	4,95	1,53	151,90	13,10	17,60
10	193	59,90	4,61	4,37	1,50	172,10	7,80	17,10
11	183	59,20	5,89	6,11	1,67	183,70	3,90	16,90
12	164	65,80	5,04	4,87	1,48	164,80	6,50	18,80
13	187	63,90	5,64	5,80	1,57	196,80	7,20	18,30
14	184	55,10	5,02	5,34	1,53	179,20	10,60	15,70
15	170	57,50	4,93	5,16	1,39	168,50	8,70	16,40
X	184,20	60,93	5,08	4,74	1,48	168,45	7,88	17,41
DP	9,79	3,45	0,40	1,40	0,10	16,06	2,21	0,99

Tabela 8: Respostas biomecânicas máximas atingidas no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro

Remador	PF (N)	TP (seg)	TC (seg)	MC (seg)	I (N.seg)	P (W)	Localização do pico de força
1	922,78	0,26	0,65	0,32	330,41	400	<i>Stroke</i>
2	1018,39	0,37	0,76	0,38	378,41	350	<i>Stroke</i>
3	933,29	0,38	0,72	0,36	373,37	350	<i>Bow</i>
4	823,44	0,36	0,71	0,35	378,54	400	<i>Bow</i>
5	964,19	0,26	0,60	0,30	327,38	400	<i>Stroke</i>
6	1002,92	0,37	0,72	0,36	412,36	500	<i>Bow</i>
7	951,37	0,35	0,74	0,37	355,63	450	<i>Stroke</i>
8	834,72	0,30	0,63	0,32	307,68	400	<i>Stroke</i>
9	821,42	0,39	0,77	0,38	326,28	400	<i>Bow</i>
10	849,41	0,40	0,77	0,38	347,3	400	<i>Bow</i>
11	990,86	0,37	0,69	0,34	396,63	450	<i>Bow</i>
12	940,76	0,31	0,66	0,33	358,25	400	<i>Stroke</i>
13	1020,53	0,31	0,67	0,33	396,97	450	<i>Stroke</i>
14	883,90	0,41	0,78	0,39	374,27	400	<i>Bow</i>
15	1001,92	0,32	0,76	0,38	381,46	450	<i>Stroke</i>
X	930,66	0,34	0,71	0,35	363,00	413,33	
DP	72,13	0,05	0,06	0,03	30,28	39,94	

Como mostra a Tabela 9 e a Figura 18, a partir do tempo para o pico de força na curva de força x tempo no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, foi possível classificar oito *stroke* e sete remadores *bow*. O tempo para o pico de força foi significativamente diferente entre os dois grupos ( $p=0,001$ ). Não houve diferença significativa entre as características cineantropométricas bem como entre as idades nos dois grupos ( $p>0,05$ ).

Tabela 9: Classificação dos remadores no estágio máximo

Grupo	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
n	8	7
TP	$0,31 \pm 0,04$	$0,38 \pm 0,02^*$

\*\* $p=0,001$

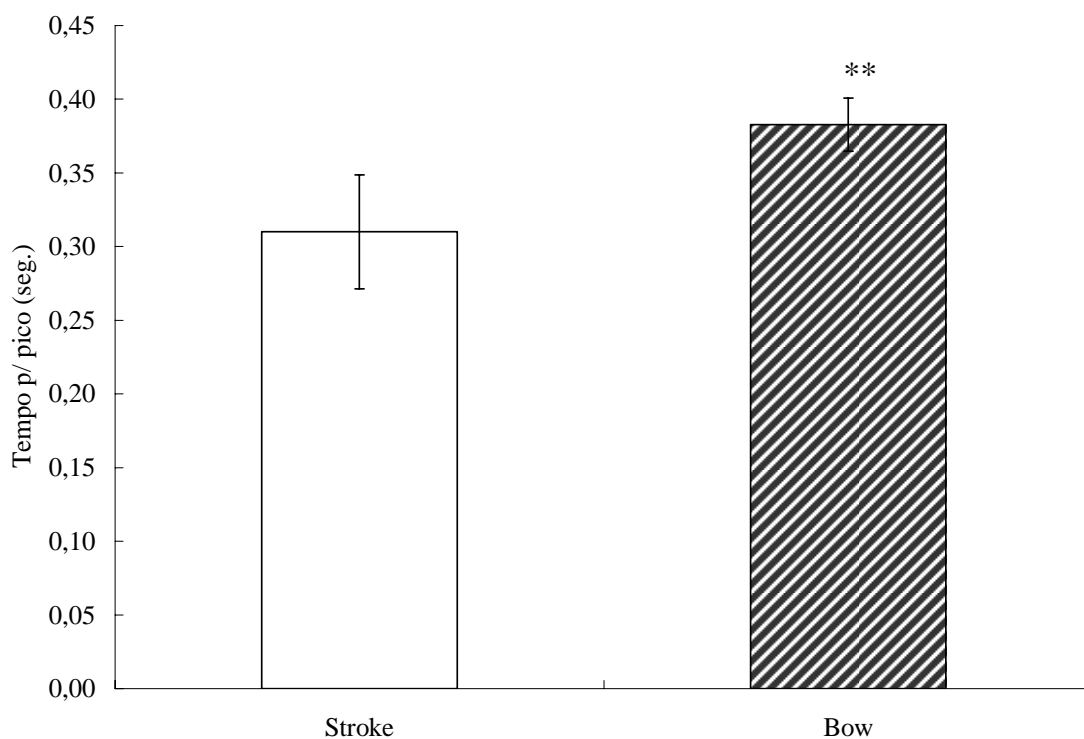


Figura 18 - Classificação dos remadores no estágio máximo

Observou-se que os três remadores, com perfil *stroke* quando avaliados no limiar de lactato, permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. Por outro lado, dos doze remadores *bow* no limiar de lactato, sete permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo, representando 58,3% de permanência, enquanto que cinco remadores transitaram para uma classificação *stroke* no estágio máximo, representando uma transição de 41,7%.

Essas modificações no formato da curva de força x tempo ocorridas entre o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo atingido no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, permitirão a verificação de outros resultados que serão descritos no capítulo 4.6.

Em uma análise feita posteriormente, que não se encontrava nos objetivos iniciais dessa pesquisa, verificou-se que o tempo para o pico de força, o tempo de curva e a metade de curva, no estágio de limiar de lactato (0,48, 0,88 e 0,44 seg respectivamente) foram significativamente maiores ( $p < 0,001$ ) do que no estágio máximo (0,34, 0,71 e 0,35 seg respectivamente).

#### ***4.3.1 Comparação das respostas fisiológicas entre os dois grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo***

Como mostra a Tabela 10, o grupo de remadores *stroke* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, apresentou uma média de FC de  $186,00 \pm 8,38$  bpm, um  $VO_2$  relativo à massa corporal médio de  $60,65 \pm 3,94$  mL.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, um  $VO_2$  absoluto médio de  $5,01 \pm 0,34$  L.min<sup>-1</sup> e uma  $VCO_2$  média de  $4,42 \pm 1,81$  L.min<sup>-1</sup>. O grupo de remadores com *bow*, no estágio máximo do teste



cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, apresentou uma média de FC de  $182,14 \pm 11,50$  bpm, um  $\text{VO}_2$  relativo à massa corporal médio de  $61,24 \pm 3,06 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , um  $\text{VO}_2$  absoluto médio de  $5,16 \pm 0,48 \text{ L.min}^{-1}$  e uma  $\text{VCO}_2$  média de  $5,11 \pm 0,66 \text{ L.min}^{-1}$ .

O grupo de remadores *stroke* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, apresentou uma média de RER de  $1,47 \pm 0,08$ , uma VE média de  $164,00 \pm 19,23 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , um  $\text{La}$  médio de  $8,85 \pm 2,20 \text{ mM}$  e um MET médio de  $17,32 \pm 1,13 \text{ METs}$ . O grupo de remadores *bow* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, apresentou uma média de RER de  $1,48 \pm 0,12$ , uma VE média de  $173,53 \pm 10,65 \text{ mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , um  $\text{La}$  médio de  $6,77 \pm 1,76 \text{ mM}$  e um MET médio de  $17,50 \pm 0,89 \text{ METs}$ .

Tabela 10: Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

Resposta fisiológica	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
FC (bpm)	$186,00 \pm 8,38$	$182,14 \pm 11,50$
$\text{VO}_2$ ( $\text{mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	$60,65 \pm 3,94$	$61,24 \pm 3,06$
$\text{VO}_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ )	$5,01 \pm 0,34$	$5,16 \pm 0,48$
$\text{VCO}_2$ ( $\text{L.min}^{-1}$ )	$4,42 \pm 1,81$	$5,11 \pm 0,66$
RER	$1,47 \pm 0,08$	$1,48 \pm 0,12$
VE ( $\text{mL.kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )	$164,00 \pm 19,23$	$173,52 \pm 10,65$
$\text{La}$ (mM)	$8,85 \pm 2,20^{\dagger}$	$6,77 \pm 1,76$
MET (METs)	$17,32 \pm 1,13$	$17,50 \pm 0,89$

<sup>†</sup>  $p=0,067$ .

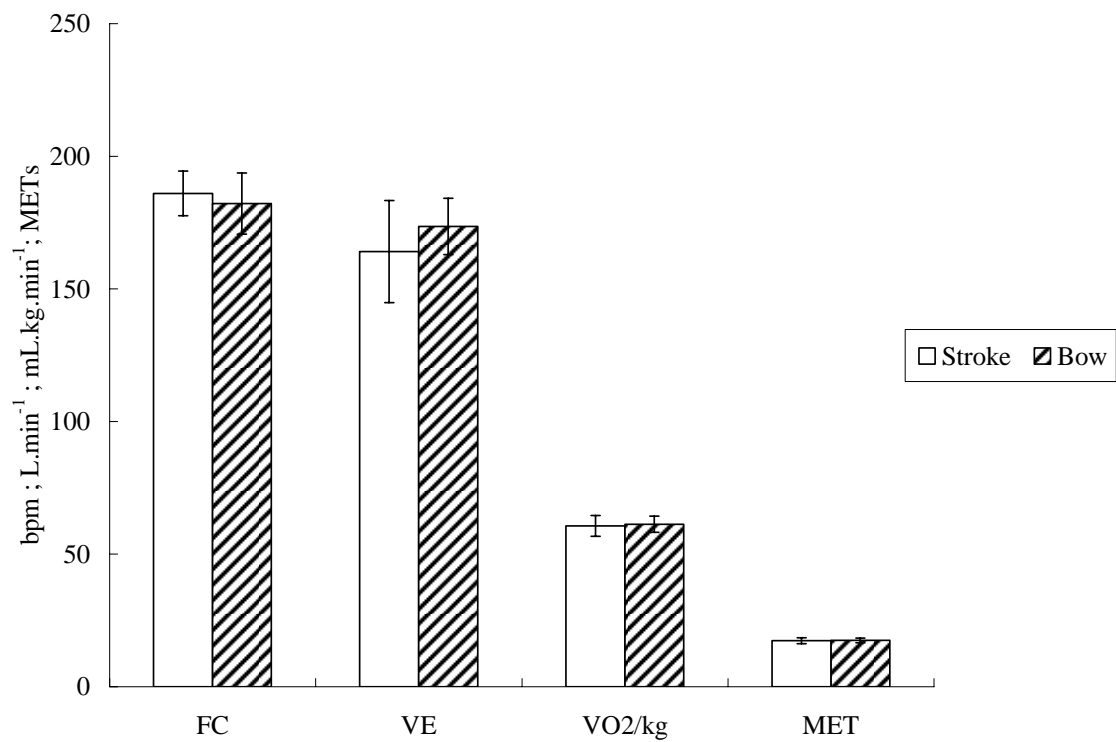


Figura 19 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

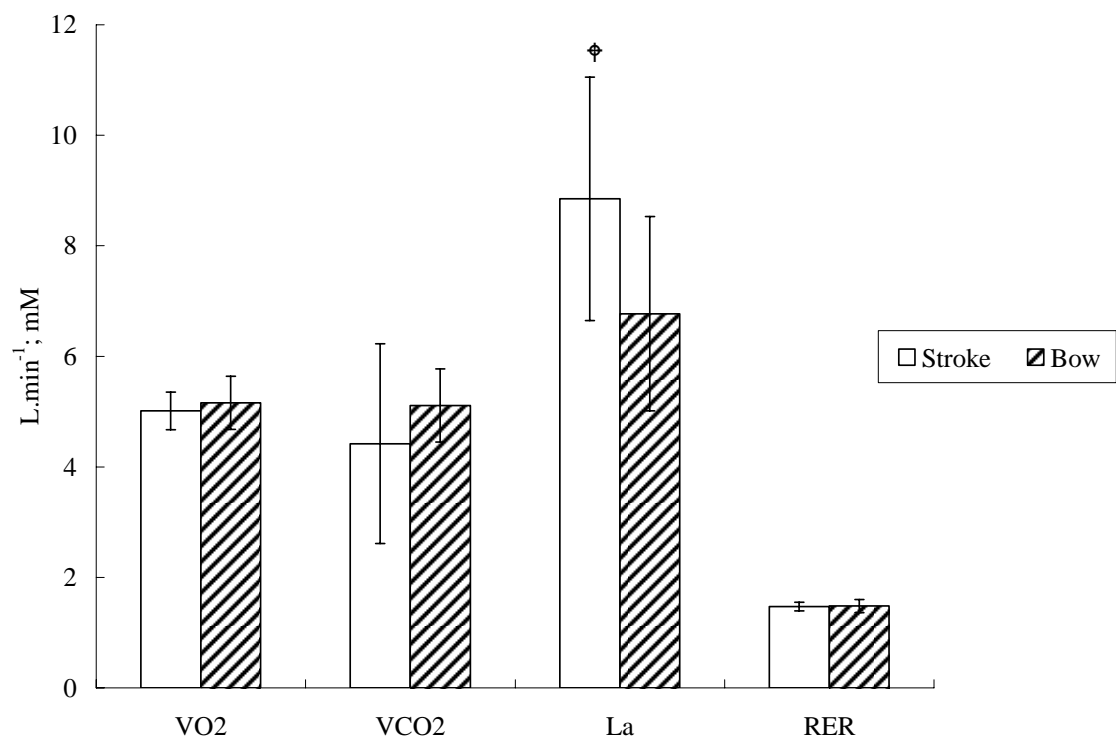


Figura 20 - Comparação das respostas fisiológicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos, entretanto os dados sugerem uma maior concentração de lactato sanguíneo no grupo de remadores *stroke* ( $8,85 \pm 2,20$  mM), quando comparado com o grupo de remadores *bow* ( $6,77 \pm 1,76$  mM), embora essa diferença não tenha sido considerada significativa ( $p=0,067$ ).

#### ***4.3.2 Comparação das respostas biomecânicas entre os dois grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo***

Como mostra a Tabela 11, o grupo de remadores *stroke* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, apresentou uma média de PF de  $956,83 \pm 61,29$  N, uma média de TP de  $0,31 \pm 0,04$  seg, uma média de TC de  $0,68 \pm 0,06$  seg, uma média de MC de  $0,34 \pm 0,02$  seg, um I médio de  $354,52 \pm 30,77$  N.seg e uma P média de  $393,75 \pm 32,04$  W.

O grupo de remadores *bow* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro apresentou uma média de PF de  $900,75 \pm 76,17$  N, uma média de TP de  $0,38 \pm 0,02$  seg, uma média de TC de  $0,74 \pm 0,04$  seg, uma média de MC em  $0,37 \pm 0,02$  seg, um I médio de  $372,68 \pm 28,82$  N.seg e uma P média de  $435,71 \pm 37,80$  W.

Tabela 11: Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

Resposta biomecânica	<i>Stroke</i>	<i>Bow</i>
PF (N)	956,83 ± 61,29	900,75 ± 76,17
TP (seg)	0,31 ± 0,04	0,38 ± 0,02**
TC (seg)	0,68 ± 0,06	0,74 ± 0,04 <sup>†</sup>
MC (seg)	0,34 ± 0,03	0,37 ± 0,02 <sup>†</sup>
I (N.seg)	354,52 ± 30,77	372,68 ± 28,82
P (W)	393,75 ± 32,04	435,71 ± 37,80*

\*\*p=0,001; <sup>†</sup>p<0,10; \*p=0,037

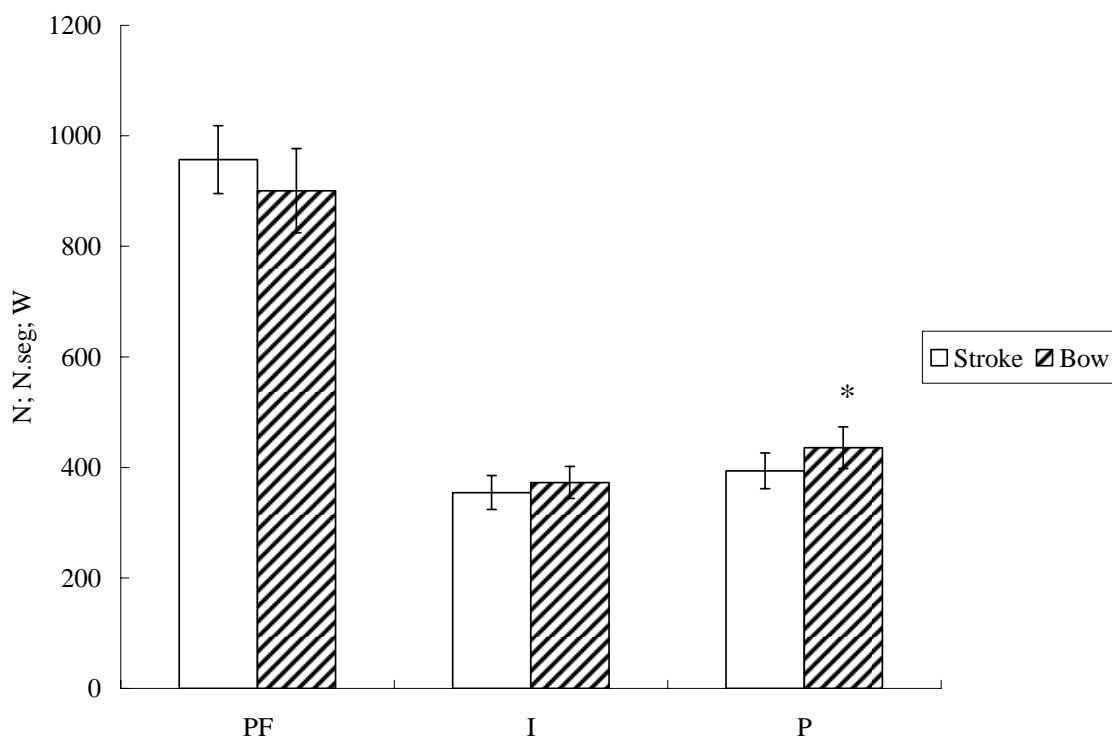


Figura 21 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

A potência máxima mostrou ser significativamente maior ( $p=0,037$ ) no grupo de remadores *bow* ( $435,71 \pm 37,82$  W), quando comparado ao grupo de remadores *stroke* ( $393,75 \pm 32,04$  W).

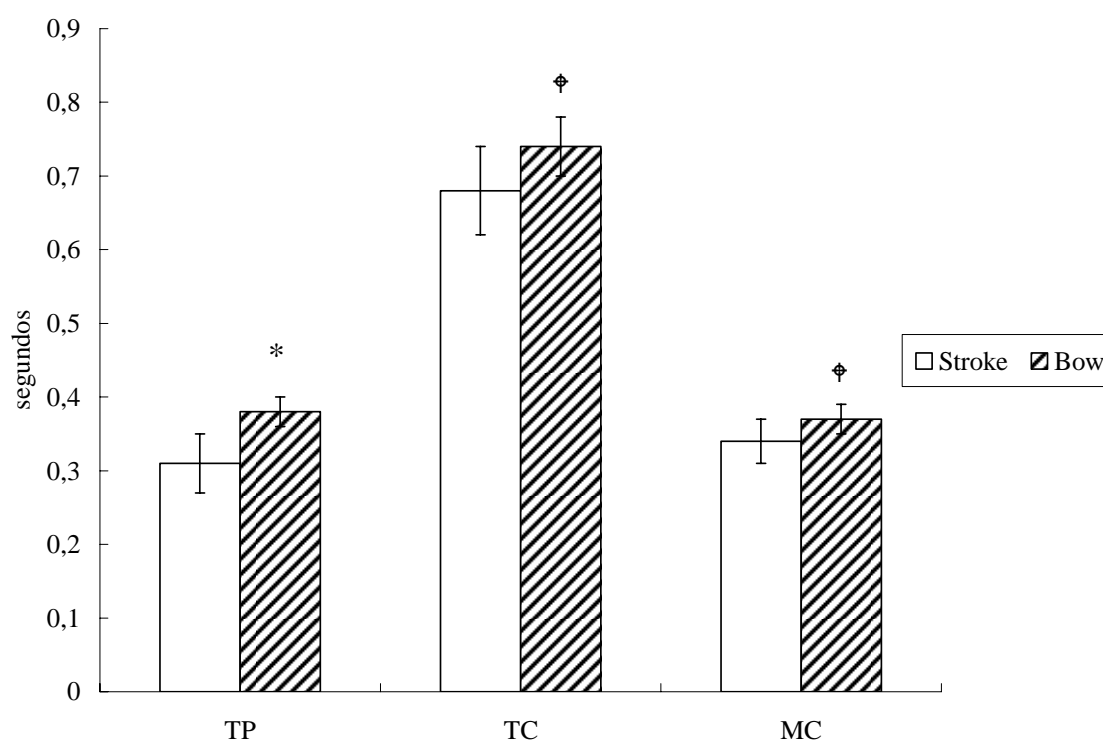


Figura 22 - Comparação das respostas biomecânicas entre os grupos classificados pela curva de força x tempo no estágio máximo

Os dados sugerem um maior tempo de curva no grupo de remadores *bow* ( $0,74 \pm 0,04$  seg) quando comparado com o grupo de remadores *stroke* ( $0,68 \pm 0,06$ ), porém com diferenças não significativas ( $p=0,065$ ).

Da mesma forma, foi encontrada uma tendência da metade da curva dos remadores *bow* ( $0,37 \pm 0,02$  seg) ser maior do que dos remadores *stroke* ( $0,34 \pm 0,03$  seg), também sem significância estatística ( $0,090$ ).

#### 4.4 Correlação entre as respostas obtidas no limiar de lactato e o tempo para o pico de força

No intuito de verificar as relações entre o formato de curva de força x tempo e as respostas fisiológicas de limiar de lactato, foi realizada a correlação entre as respostas fisiológicas de FC,  $VO_2/kg$ ,  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , RER, VE, La, MET e o TP. Não foram encontradas correlações significativas em nenhum dos casos. A Tabela 12 mostra os coeficientes de correlação e a significância obtidos a partir dessa análise.

No intuito de verificar as relações entre o formato de curva de força x tempo e as respostas biomecânicas de limiar de lactato, foi realizada a correlação entre as respostas biomecânicas de PF, TC, MC, I, P e o TP. Foram encontradas correlações significativas apenas entre TC, MC e o TP, as quais não requerem destaque uma vez que são todas variáveis que compõe a curva de força x tempo e naturalmente possuem uma correlação entre si.

Tabela 12: Correlação entre as respostas no limiar de lactato e o TP

Resposta fisiológica ou biomecânica	TP	
	r	p
FC (bpm)	-0,468	0,079
$VO_2$ ( $mL.kg^{-1}.min^{-1}$ )	-0,057	0,841
$VO_2$ ( $L.min^{-1}$ )	0,049	0,863
$VCO_2$ ( $L.min^{-1}$ )	0,039	0,892
RER	0,018	0,95
VE ( $L.min^{-1}$ )	-0,046	0,872
La (mM)	0,026	0,925
MET (METs)	-0,056	0,843
PF (N)	-0,487	0,066
TC (seg)	0,779	0,001**
MC (seg)	0,787	0,000**
I (N.seg)	-0,03	0,917
P (W)	-0,38	0,894

\*\* p<0,01

#### 4.5 Correlação entre as respostas máximas e o tempo para o pico de força

No intuito de verificar as relações entre o formato de curva de força x tempo e as respostas fisiológicas máximas, foi realizada a correlação entre as respostas fisiológicas de FC,  $VO_2/kg$ ,  $VO_2$ ,  $VCO_2$ , RER, VE, La, MET e o TP no estágio máximo alcançado pelos remadores. A Tabela 13 mostra os coeficientes de correlação obtidos a partir desta análise bem como a significância dos mesmos. Foi encontrada uma correlação negativa regular ( $r=-0,556$ ) entre a concentração de lactato sanguíneo e o tempo para o pico de força ( $p=0,031$ ) como mostra a Figura 23.

Um resultado inesperado e que não se encontrava nos objetivos iniciais dessa pesquisa, mas que merece ser descrito neste capítulo, foi uma correlação negativa regular entre o lactato máximo e o tempo de curva máximo ( $r=-0,593$  e  $p=0,020$ ) e entre o lactato máximo e a metade de curva máxima ( $r=-0,562$  e  $p=0,029$ ).

No intuito de verificar as relações entre o formato de curva de força x tempo e as respostas biomecânicas máximas, foi realizada a correlação entre as respostas biomecânicas de PF, TC, MC, I, P e o TP. Foram encontradas correlações significativas entre o TC, MC e o TP, as quais não requerem destaque uma vez que são todas variáveis que compõe a curva de força x tempo e naturalmente possuem uma correlação entre si. A Tabela 13 mostra os coeficientes de correlação obtidos a partir dessa análise bem como a significância dos mesmos.

Tabela 13: Correlação entre as respostas no estágio máximo e o TP

Resposta fisiológica ou biomecânica	TP	
	r	p
FC (bpm)	-0,449	0,093
VO2 (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )	0,269	0,332
VO2 (L.min <sup>-1</sup> )	0,306	0,268
VCO2 (L.min <sup>-1</sup> )	0,212	0,449
RER	-0,031	0,912
VE (L.min <sup>-1</sup> )	0,370	0,174
La (mM)	-0,556	0,031*
MET (METs)	0,258	0,353
PF (N)	-0,237	0,395
TC (seg)	0,843	0,000**
MC (seg)	0,836	0,000**
I (N.seg)	0,396	0,144
P (W)	0,474	0,074

\* p<0,05; \*\* p<0,01

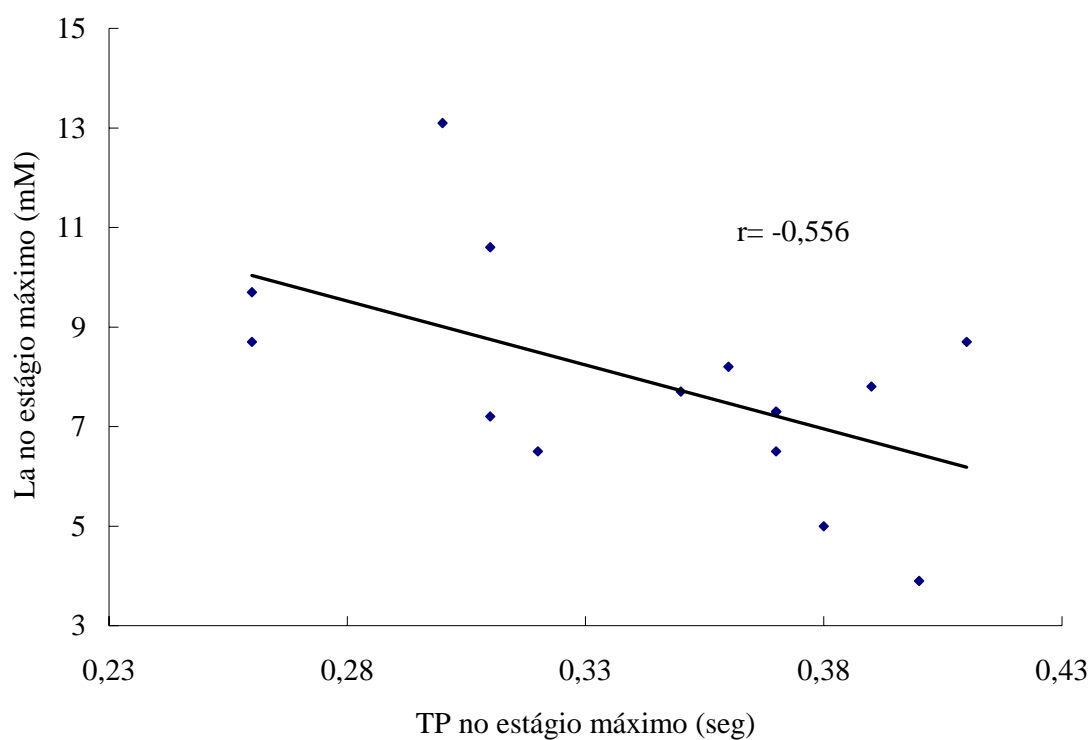


Figura 23 - Correlação entre La e o TP no estágio máximo



#### 4.6 Comparação das respostas fisiológicas e biomecânicas após as modificações no formato da curva de força x tempo

Como referido no capítulo 4.3, “observou-se que os três remadores que apresentavam a classificação *stroke* quando avaliados no limiar de lactato, permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. Por outro lado, dos doze remadores que apresentavam o perfil *bow* no limiar de lactato, sete permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo, representando 58,3% de permanência, enquanto que cinco remadores transitaram para uma classificação *stroke* no estágio máximo, representando uma transição de 41,7%”.

Desta forma, configuraram-se três novos grupos de remadores:

1. Um grupo de remadores que apresentava a classificação *stroke* no estágio de limiar de lactato e que continuou a apresentar esse mesmo perfil no estágio máximo – ***Stroke*** (n=3).
2. Um grupo de remadores que apresentava a classificação *bow* no estágio de limiar de lactato e que continuou a apresentar esse mesmo perfil no estágio máximo – ***Bow*** (n=7).
3. Um grupo de remadores que apresentava a classificação *bow* no estágio de limiar de lactato e que passou a apresentar o perfil *stroke* no estágio máximo – ***Middle*** (n=5).

Assim, foi feita uma comparação das respostas fisiológicas e biomecânicas entre os três grupos. Devido a grande quantidade de informações envolvidas, apresentar-se-á aqui somente as variáveis que obtiveram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) ou valores limítrofes ( $p < 0,10$ ).

A Tabela 14 mostra os resultados da comparação entre os grupos formados. A média de produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ) no estágio de limiar de lactato foi de  $2,72 \pm 0,09$  L.min<sup>-1</sup> no grupo *stroke*,  $3,20 \pm 0,34$  L.min<sup>-1</sup> no grupo *bow* e  $2,81 \pm 0,16$  L.min<sup>-1</sup> no grupo *middle*. A média de  $VCO_2$  no estágio máximo foi de  $3,04 \pm 2,59$  L.min<sup>-1</sup> no grupo *stroke*,  $5,11 \pm 0,66$  no grupo *bow* e  $5,25 \pm 0,35$  L.min<sup>-1</sup> no grupo *middle*.

A média de ventilação (VE) no estágio máximo do grupo *stroke* foi de  $149,97 \pm 16,00$  L.min<sup>-1</sup>, no grupo *bow* foi de  $173,53 \pm 10,65$  L.min<sup>-1</sup> e no grupo *middle* foi de  $172,42 \pm 16,82$  L.min<sup>-1</sup>. A média de potência no estágio máximo do grupo *stroke* foi de  $366,67 \pm 28,87$  W, no grupo *bow* foi de  $435,71 \pm 37,79$  W e no grupo *middle* foi de  $410,00 \pm 22,36$  W. A média do tempo para pico no estágio máximo (TP) foi de  $0,28 \pm 0,05$  seg no grupo *stroke*,  $0,38 \pm 0,02$  seg no grupo *bow* e  $0,33 \pm 0,03$  seg no grupo *middle*.

Tabela 14: Comparação entre respostas fisiológicas e biomecânicas com índices de significância ou limítrofes entre os 3 grupos formados (\* p<0,05; \*\* p<0,01, † p<0,10).

Variável	ANOVA	Grupo	Média ± desvio padrão	Pos hoc
VCO <sub>2</sub> limiar	0,026*	<i>Stroke</i>	2,72 ± 0,09	0,049*
		<i>Bow</i>	3,20 ± 0,34	
		<i>Bow</i>	3,20 ± 0,34	0,062†
		<i>Middle</i>	2,81 ± 0,16	
		<i>Stroke</i>	2,72 ± 0,09	0,877
		<i>Middle</i>	2,81 ± 0,16	
VCO <sub>2</sub> máx.	0,048*	<i>Stroke</i>	3,04 ± 2,59	0,061†
		<i>Bow</i>	5,11 ± 0,66	
		<i>Bow</i>	5,11 ± 0,66	0,978
		<i>Middle</i>	5,25 ± 0,35	
		<i>Stroke</i>	3,04 ± 2,59	0,059†
		<i>Middle</i>	5,25 ± 0,35	
VE máx.	0,071†	<i>Stroke</i>	149,97 ± 16,00	0,073†
		<i>Bow</i>	173,53 ± 10,65	
		<i>Bow</i>	173,53 ± 10,65	0,990
		<i>Middle</i>	172,42 ± 16,82	
		<i>Stroke</i>	149,97 ± 16,00	0,110
		<i>Middle</i>	172,42 ± 16,82	
P máx.	0,027*	<i>Stroke</i>	366,67 ± 28,87	0,022*
		<i>Bow</i>	435,71 ± 37,79	
		<i>Bow</i>	435,71 ± 37,79	0,384
		<i>Middle</i>	410,00 ± 22,36	
		<i>Stroke</i>	366,67 ± 28,87	0,193
		<i>Middle</i>	410,00 ± 22,36	
TP máx.	0,000**	<i>Stroke</i>	0,28 ± 0,05	0,000**
		<i>Bow</i>	0,38 ± 0,02	
		<i>Bow</i>	0,38 ± 0,02	0,009**
		<i>Middle</i>	0,33 ± 0,03	
		<i>Stroke</i>	0,28 ± 0,05	0,062†
		<i>Middle</i>	0,33 ± 0,03	

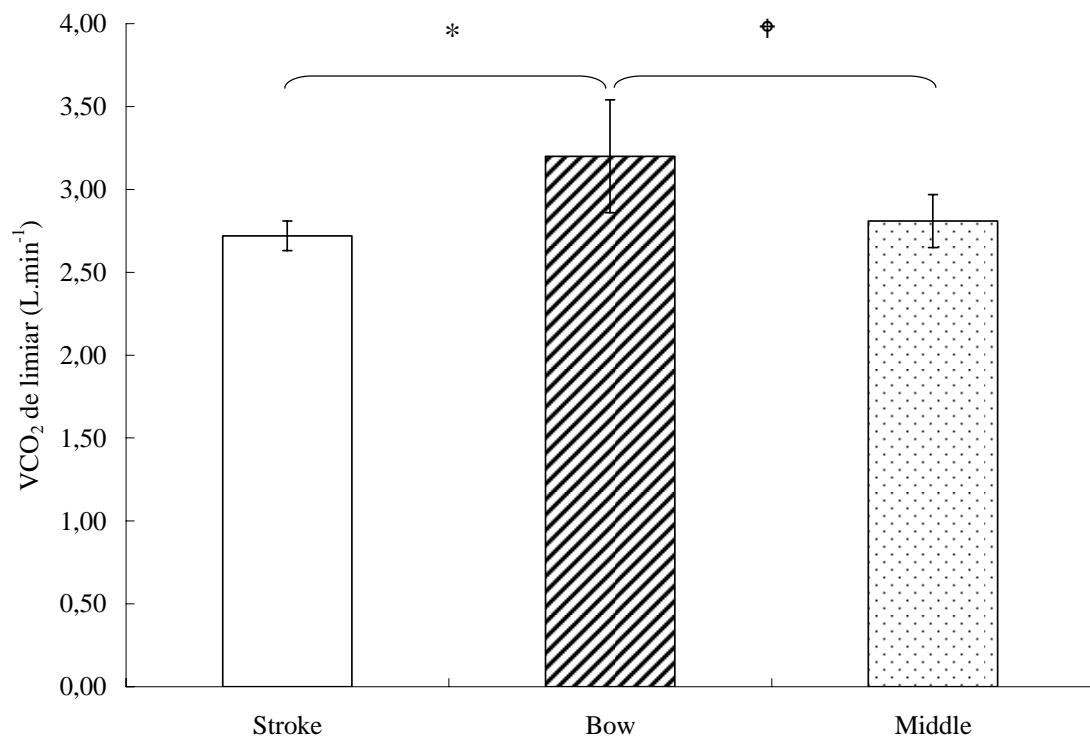


Figura 24 - Comparação da produção de CO<sub>2</sub> de limiar entre os grupos

Onde:

\*  $p=0,049$  entre os grupos *stroke* e *bow*.

⊕  $p=0,062$  entre os grupos *bow* e *middle*.

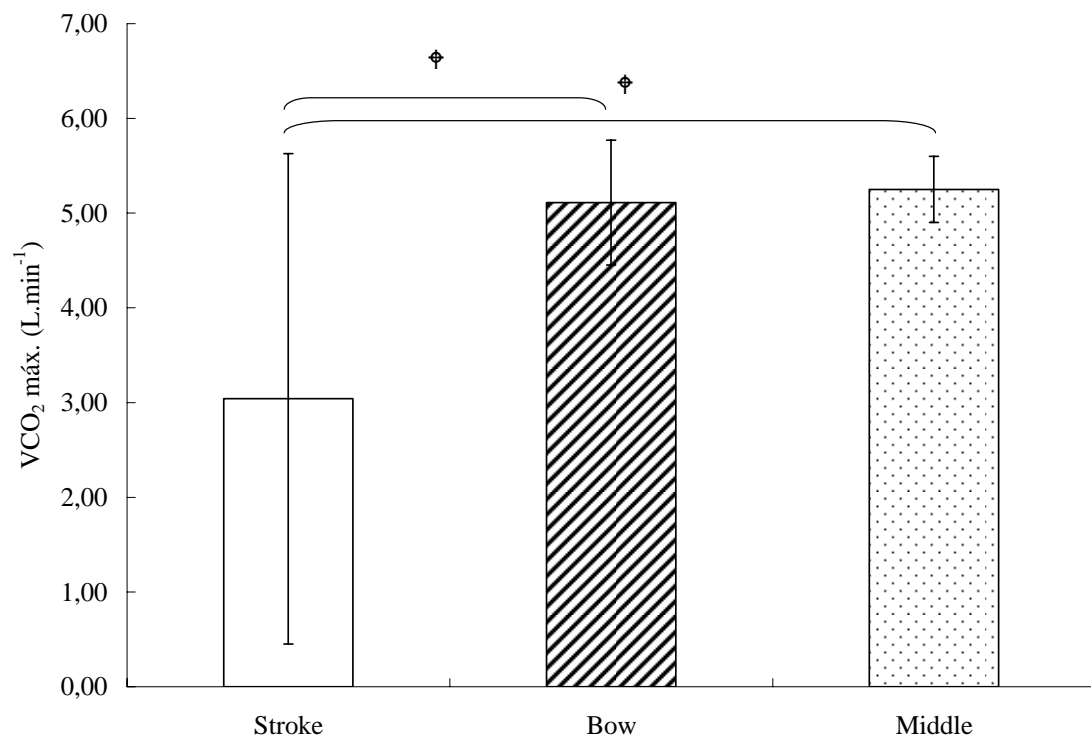


Figura 25 - Comparação da produção de CO<sub>2</sub> máxima entre os grupos

Onde:

⊕p=0,061 entre os grupos *stroke* e *bow*.

⊕p=0,059 entre os grupos *stroke* e *middle*.

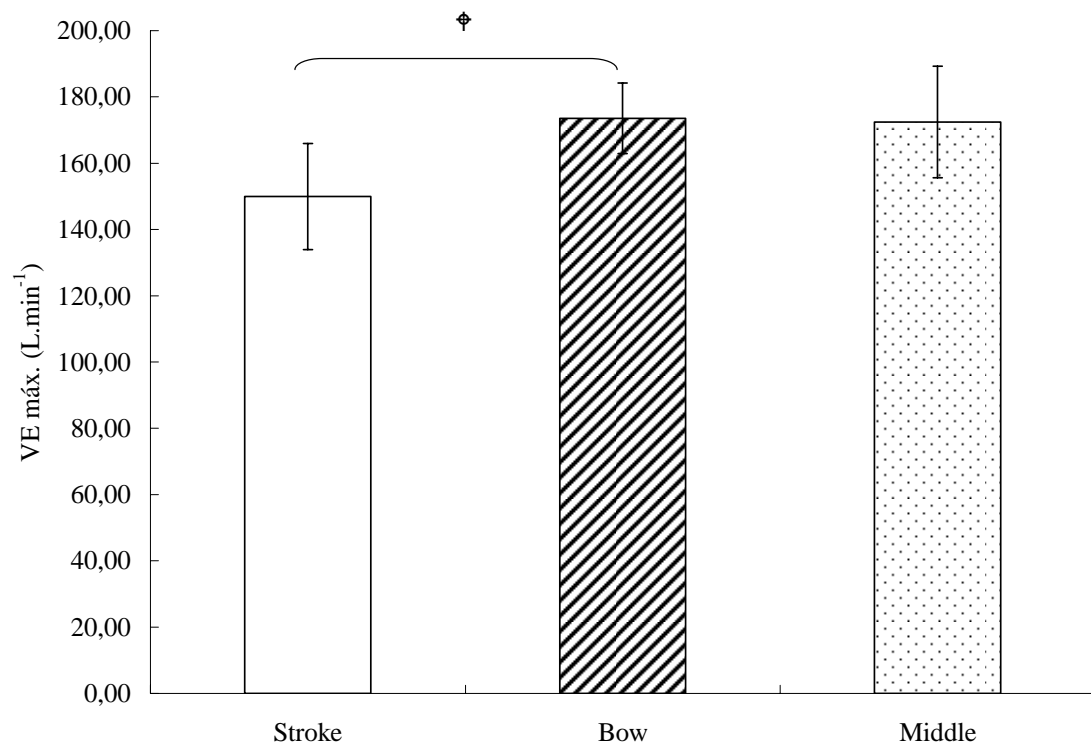


Figura 26 - Comparação da ventilação máxima entre os grupos

Onde:

$\phi$   $p=0,073$  entre os grupos *stroke* e *bow*.

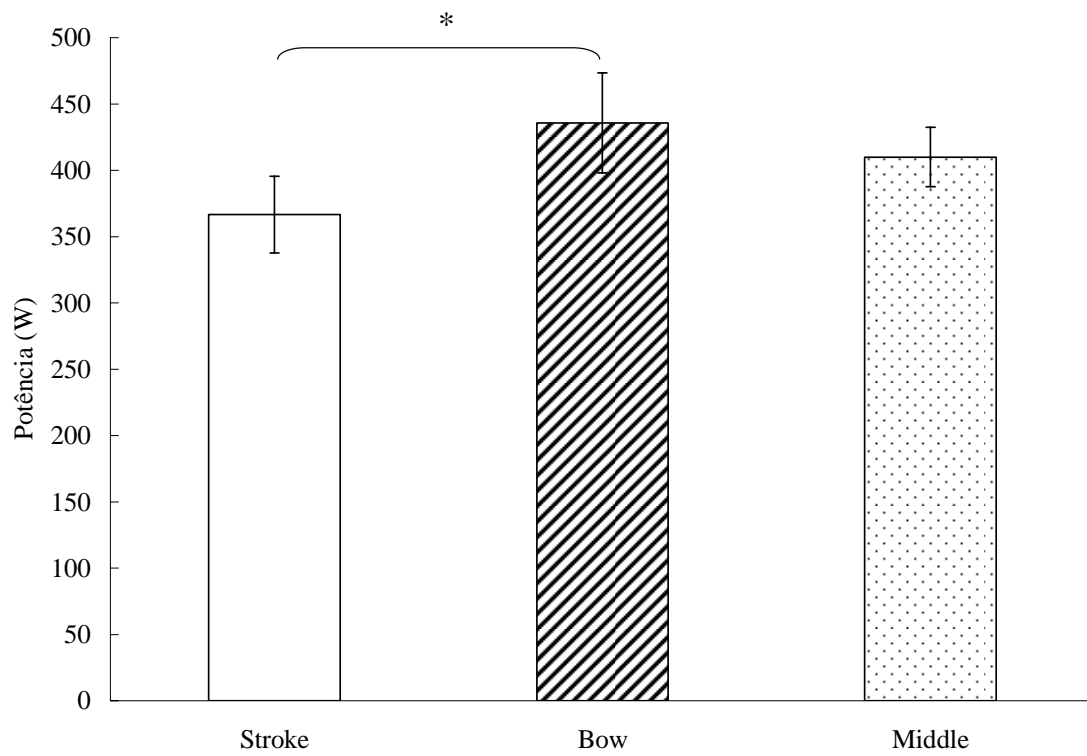


Figura 27 - Comparação da potência máximo entre os grupos

Onde:

\*  $p=0,022$  entre os grupos *stroke* e *bow*.

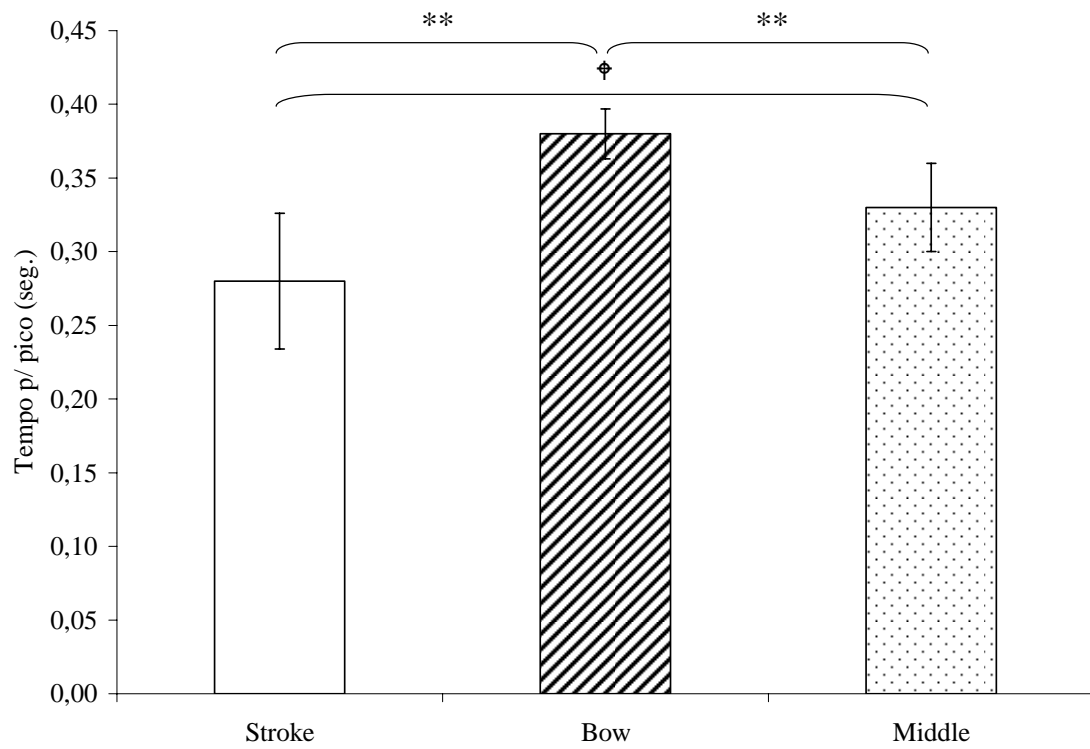


Figura 28 - Comparação do tempo p/ pico máximo entre os grupos

Onde:

\*\*  $p=0,000$  entre os grupos *stroke* e *bow*.

\*\*  $p=0,009$  entre os grupos *bow* e *middle*.

†  $p=0,062$  entre os grupos *stroke* e *middle*.



## 5. DISCUSSÃO

As características cineantropométricas, bem como as respostas fisiológicas de consumo de O<sub>2</sub> máximo (VO<sub>2</sub> máx.), ventilação máxima (VE máx.), frequência cardíaca máxima (FC máx.) e as características biomecânicas de força máxima (F máx.) e potência máxima (P máx.) dos remadores avaliados em nosso estudo, foram semelhantes às medidas em estudos encontrados na literatura com remadores de elite (SECHER, 1983; STEINACKER, 1993; HAGERMAN, 2000; BOURDIN *et al.*, 2004; FISKERSTRAND & SEILER, 2004).

Foi possível classificar os remadores que participaram de nosso estudo em dois grupos: *stroke* e *bow*, da mesma forma que o encontrado por ROTH (1991), SCHWANITZ (1991), ROTH *et al.* (1993) e HILL (2002).

Os principais resultados do presente estudo foram a ocorrência de uma mudança no comportamento das curvas de força x tempo dos remadores, entre o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo no teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, e a verificação de uma maior potência máxima no grupo de remadores *bow* quando comparado ao grupo de remadores *stroke* no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro ( $p < 0,05$ ), bem como uma maior produção de potência máxima no grupo de remadores que manteve esse perfil de produção de força (*bow*) durante todo o teste quando comparado aos outros grupos ( $p < 0,01$ ).

Esse resultado merece destaque, uma vez que uma maior produção de potência em um teste de exercício máximo tal qual os remadores foram submetidos, reflete um maior desempenho apresentado pelos atletas, tendo em vista que quanto

maior a potência máxima, maior foi o número de estágios que o avaliado conseguiu alcançar.

Além disso, INGHAM *et al.* (2002) verificaram, ao correlacionar diferentes parâmetros fisiológicos e biomecânicos identificados em um teste máximo progressivo com o desempenho em um teste de 2000 m em remoergômetro, que a potência máxima e a potência de VO<sub>2</sub> máxima atingidas apresentaram as maiores correlações entre todos os parâmetros analisados ( $r=0,95$  e  $p<0,001$ ) nos remadores estudados, os quais eram finalistas do campeonato mundial nas categorias peso leve e peso pesado.

COSGROVE *et al.* (1999) também demonstram que a potência de VO<sub>2</sub> máximo é relacionada com o desempenho em um teste de 2000 m, embora os autores não tenham reportado esse resultado como uma correlação forte.

RIECHMAN *et al.* (2002) ao submeterem remadores a um teste máximo de 30 seg, evidenciaram uma forte correlação negativa entre a potência máxima atingida e o tempo para completar um teste de 2000 m ( $r=-0,847$  e  $p<0,0001$ ).

Realizando um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro com um protocolo muito semelhante ao usado no presente estudo, BOURDIN *et al.* (2004) identificaram o pico de potência como sendo a melhor variável preditiva de desempenho no remo, ao correlacioná-la com o tempo para completar um teste de 2000 m ( $r=0,92$  e  $p<0,0001$ ).

Partindo do princípio de que a competição típica de remo apresenta a distância de 2000 m, a qual deve ser vencida no menor tempo possível, a maior potência máxima desenvolvida pelos remadores *bow* verificada em nosso estudo, sugere, em função dos resultados encontrados na literatura, que esse perfil de produção de força deva ser buscado por remadores no sentido de melhorar o seu desempenho. Muito embora sejam necessários mais estudos comparando o desempenho em um teste de

2000 m entre esses grupos de remadores com formatos de curva de força x tempo diferentes.

Uma das razões que poderiam ser argumentadas para as diferenças encontradas na produção de potência máxima entre os grupos de remadores é o indicativo de uma maior concentração de lactato sanguíneo máximo nos remadores *stroke*, embora não tenha sido verificada significância estatística ( $p=0,067$ ).

Esses resultados vão ao encontro dos verificados por ROTH (1991) e ROTH *et al.* (1993) que também verificaram uma maior concentração de lactato sanguíneo em remadores com esse perfil de curva de força x tempo.

A influência do acúmulo de lactato sanguíneo na fadiga muscular e, portanto, na interrupção de um exercício é amplamente abordada na literatura (JACOBS, 1986; KATZ & SAHLIN, 1990; FITTS, 1994; WESTON *et al.*, 1999; HUG *et al.*, 2003; THOMAS *et al.*, 2004).

A desproporção entre a produção e a remoção de lactato causa o acúmulo e dissociação do mesmo em íons  $H^+$  no meio intracelular provocando uma redução no pH e, conseqüentemente, uma acidose metabólica, a qual inibe a ação de enzimas alostéricas na produção de energia como a fosfofrutoquinase (PFK) reduzindo a taxa de produção de energia pelo músculo (FITTS, 1994).

Adicionalmente, o acúmulo de lactato no meio intracelular pode afetar a capacidade de contração muscular, inibindo a liberação de cálcio ( $Ca^{2+}$ ) pelo retículo sarcoplasmático, diminuindo assim sua ligação com a troponina e interferindo na formação das pontes cruzadas entre a miosina e a actina (FAVERO *et al.*, 1997).

O fenômeno da fadiga muscular durante o exercício é extremamente complexo e multifatorial, de modo que apontar o lactato como único responsável nesse processo seria no mínimo utilizar uma abordagem muito simplista. PELTONEN *et al.*

(1997) analisando a influência de diferentes frações de oxigênio no ar inspirado na produção de força e atividade eletromiográfica (EMG) de remadores, verificaram que, em condições de hipóxia, os remadores eram incapazes de manter uma produção de força e impulso compatível com os níveis encontrados em condições de normoxia.

Além disso, os sinais de EMG foram significativamente menores na condição de hipóxia. Essas diferenças se manifestaram, por conseguinte, no desempenho dos atletas, o qual em condições de hipóxia foi menor no teste realizado do que em condições normais de oxigênio. Uma vez que os autores não encontraram diferenças significativas nas concentrações de lactato entre as frações de oxigênio, as quais os remadores foram submetidos durante o exercício, o acúmulo de lactato, ou a queda do pH decorrente da dissociação de íons  $H^+$  do mesmo, não pôde ser apontada como responsável pelas diferenças encontradas, embora os autores apontem que a menor atividade EMG na condição de hipóxia pode ter relação com a maior concentração de lactato, ainda que não-significativa, encontrada após o exercício nessas condições (PELTONEN *et al.*, 1997).

De fato, como refere GLADDEN (2004), “O paradigma do lactato mudou”. Até a década de 70, o lactato era considerado apenas como produto final da glicólise e encarado como o principal responsável pela fadiga. A partir da década de 80, entretanto, principalmente em função dos trabalhos publicados por BROOKS (1985, 2000, 2002a e 2002b) sobre as lançadeiras de elétrons, uma revolução no que concerne ao metabolismo do lactato durante o exercício se iniciou.

Hoje o lactato não é mais encarado apenas como um metabólito anaeróbico, mas também como um metabólito aeróbico quando mesmo na presença de suprimento adequado de oxigênio, a glicose ou o glicogênio tornam-se o combustível predominante durante o exercício. Da mesma forma, com os avanços no entendimento dos

transportadores de mono-carboxilato (MCT), o lactato tem sido encarado como um importante intermediador em numerosos processos metabólicos (GLADDEN, 2004).

Além disso, ele não é mais encarado como o único responsável pela fadiga, ao contrário, estudos em modelo animal têm demonstrado que a acidose láctica pode possuir uma função protetora no músculo durante a produção de força, evitando os efeitos negativos de concentrações elevadas de potássio durante a contração muscular (NIELSEN *et al.*, 2001). Além disso, o acúmulo de íons  $H^+$  e mais recentemente de fosfato inorgânico, também têm sido apontados como potentes causadores de fadiga (GLADDEN, 2004).

O estudo das interações entre variáveis fisiológicas como o lactato e variáveis neuromecânicas têm ultrapassado os aspectos relacionados à fadiga neuromuscular. Alguns autores têm sugerido que o acúmulo de lactato, verificado através do limiar de lactato, possui relações com alterações no sinal EMG dos músculos ativos (MORITANI & De VRIES, 1978; NAGATA *et al.*, 1981; HELAL *et al.*, 1987; LUCIA *et al.*, 1999; HUG *et al.*, 2003).

LUCIA *et al.* (1999) identificaram um aumento não linear na atividade EMG do reto femoral e do vasto medial de ciclistas, após o aparecimento do limiar de lactato em um teste de exercício em cicloergômetro. Os autores argumentam que em intensidades acima do limiar de lactato, o suprimento de energia a partir das fibras musculares lentas (Tipo I) derivado da fosforilação oxidativa começa a tornar-se insuficiente, levando ao uso da rota glicolítica de produção de energia com conseqüente acúmulo de íons  $H^+$  no meio intramuscular, causando o aparecimento de fadiga seja por prejudicar a ação da ATPase sódio/potássio no sarcolema, da ATPase cálcio no retículo sarcoplasmático ou da ATPase miosínica envolvida na interação acto-miosina (GREEN & PATLA *apud* LUCIA *et al.*, 1999).

A atuação dos íons  $H^+$  somada com a própria atuação do lactato na inibição da liberação de  $Ca^+$  como demonstrado por FAVERO *et al.* (1997), parece causar condições fisiológicas extremamente desfavoráveis para a realização da contração muscular, exigindo que a produção de força seja desenvolvida pelo acionamento de mais unidades motoras, principalmente de fibras rápidas (Tipo IIa e IIx) produzindo maiores potenciais de ação e assim justificando as alterações na atividade EMG verificada (LUCIA *et al.*, 1999).

No presente estudo, verificou-se que o tempo da curva de força e a metade da curva de força dos remadores *stroke* demonstra uma tendência de ser menor do que a dos remadores *bow*, embora os dados não tenham sido considerados significativos ( $p=0,065$  e  $0,090$  respectivamente).

Entretanto, ao realizarmos uma análise *a posteriori*, comparando o estágio de limiar de lactato e o estágio máximo, incluindo todos os remadores sem separá-los por grupos, constatou-se que o tempo para o pico de força, o tempo de curva e a metade da curva eram sempre menores no estágio máximo do que no estágio de limiar de lactato ( $p<0,001$ ).

De forma semelhante, encontrou-se uma correlação negativa regular ( $r=0,556$  e  $p=0,031$ ) entre o tempo para o pico de força máximo e o lactato máximo, e, em uma análise posterior, uma correlação negativa regular entre o tempo de curva máximo e o lactato máximo ( $r=0,593$  e  $p=0,020$ ) e entre a metade de curva máxima e o lactato máximo ( $r=0,562$  e  $p=0,029$ ).

Se essas diferenças encontradas em nosso estudo na velocidade e duração da produção de força, forem em função do fenômeno de alteração no padrão de recrutamento de unidades motoras e tipos de fibras decorrentes da instalação da fadiga, conforme descrito por LUCIA *et al.* (1999), então nossos resultados vão ao encontro do

exposto por VØLLESTAD & BLOM (1985), os quais relataram uma relação entre a fração de tipos de fibras musculares acionadas no vasto medial e a intensidade em cicloergômetro, seguindo o seguinte padrão: a 40% do VO<sub>2</sub> máximo, praticamente apenas fibras do tipo I são recrutadas, a 60% do VO<sub>2</sub> máximo, ambas as fibras do tipo I e IIa são recrutadas, enquanto que a partir de 90% do VO<sub>2</sub> máximo, as fibras do tipo I, IIa e IIx são recrutadas.

É importante salientar que, como no presente estudo não foram feitas análises de EMG nem de biópsias muscular visando a tipagem de fibras musculares, as informações acima expressadas são apenas extrapolações feitas com base em nos resultados e em função dos dados encontrados na literatura.

Curiosamente, contrariando nossa hipótese inicial, a produção de dióxido de carbono não apresentou diferença significativa entre os grupos de remadores, tanto no limiar de lactato quanto no estágio máximo, a despeito da tendência de maior concentração de lactato sanguíneo no estágio máximo no grupo de remadores *stroke*. Ademais, a VCO<sub>2</sub> no grupo que manteve o padrão *stroke* desde o limiar de lactato até o estágio máximo foi menor do que no grupo que manteve o padrão *bow* (p=0,033).

WASSERMAN *et al.* (1973) em seu clássico trabalho sobre os limiares ventilatórios, demonstraram as relações entre ventilação e o acúmulo de lactato sanguíneo, em função do tamponamento dos íons hidrogênio (H<sup>+</sup>) dissociados do lactato pelo íon bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), com uma conseqüente eliminação na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pela respiração ( $H^+ + HCO_3^- \leftrightarrow H_2CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$ ).

Desta forma, é possível pensar que a presença de uma maior concentração de lactato encontrada em nossos resultados, ainda que não significativa, poderia ser acompanhada de uma maior VCO<sub>2</sub>, o que não foi verificado.

Além disso, as outras comparações derivadas das hipóteses que foram configuradas no início deste trabalho não se confirmaram. Por exemplo, não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos no consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), tanto relativo quanto absoluto, na ventilação (VE), frequência cardíaca (FC), taxa de troca respiratória (RER), equivalente metabólico (MET), força (F) e impulso (I).

Uma explicação, que poderia ser argumentada para o fato das variáveis ventilatórias não terem demonstrado o comportamento esperado, é a influência do acoplamento entre a ventilação e o gesto esportivo no remo conforme descrito por SIEGMUND *et al.* (1999) e posteriormente por DAFFERTSHOFER *et al.* (2004), a qual pode ter alterado tanto as respostas ventilatórias diretas ( $VO_2$  absoluto,  $VO_2$  relativo e VE) quanto indiretas (RER e MET).

Todavia, a ausência de diferença significativa encontrada no impulso produzido entre os grupos de remadores em nosso estudo está de acordo com o descrito por SCHWANITZ (1991), o qual salienta que apesar das diferenças no formato das curvas de força x tempo dos remadores, a área das mesmas e, portanto, o impulso é praticamente o mesmo. Isto fica evidenciado ao analisarmos o formato das curvas de força, que podem ter um pico alto com uma pequena base, ou uma grande base mas com um pico de força mais baixo. Quando se calcula a integral da força pelo tempo, que fundamenta-se basicamente na área das curvas, estas diferenças segundo SCHWANITZ (1991) se compensam.

Alguns estudos apontam para o fato de que as curvas de força de um remador são como “impressões digitais” e se mantêm inalteradas durante a prática do remo (HILL, 2002; BAUDOIN & HAWKINS, 2004).

BAUDOIN & HAWKINS (2004) verificaram uma reprodutibilidade do perfil das curvas de força variando entre 78 a 100% em uma mesma sessão de



treinamento, enquanto que ao comparar diferentes sessões essa reprodutibilidade foi ainda maior, alcançado a marca de 100% de reprodutibilidade do perfil de curva de força em todos os remadores estudados.

Essa consistência nos padrões de produção de força são potentes indicadores de desempenho, podendo ser usados como sugerem SMITH & SPINKS (1995) na classificação do nível dos remadores.

Por outro lado, apesar dos remadores possuírem padrões individuais na produção de força, remadores acostumados a treinarem juntos durante longos períodos de tempo são capazes de sincronizar seus movimentos e assim modificarem seus padrões de curva de força, adaptando-se uns aos outros e atingindo um melhor desempenho (HILL, 2002).

Em nosso estudo constatamos uma mudança no perfil das curvas de força x tempo dos remadores, ocorrida do estágio de limiar de lactato para o estágio máximo alcançado. Este resultado vai de encontro a literatura, uma vez que em nosso estudo não encontramos uma repetibilidade dos padrões de curva de força x tempo em todos os remadores como os encontrados por outros autores (HILL, 2002; BAUDOUIN & HAWKINS, 2004).

Em nosso estudo, todos os três remadores que apresentavam a classificação *stroke*, quando avaliados no limiar de lactato, permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. Entretanto, dos doze remadores que apresentavam a classificação *bow* no limiar de lactato, sete permaneceram com essa mesma classificação quando avaliados no estágio máximo e cinco remadores transitaram para uma classificação *stroke* no estágio máximo, ou seja, 58,3% dos remadores permaneceram com o pico de

força na segunda metade da curva, enquanto que 41,7% dos remadores passaram a apresentar o pico de força na primeira metade da curva.

Similarmente, verificou-se que o lactato máximo apresentou correlações negativas com as variáveis relacionadas à curva de força x tempo, como o tempo para o pico de força, o tempo de curva e a metade de curva, e que essas variáveis eram menores no estágio máximo quando comparado ao estágio de limiar de lactato, como referido anteriormente. Tais dados indicam que à medida que os remadores foram acometidos pela fadiga induzida pelo acúmulo de lactato nos momentos máximos do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro, a duração da produção de força diminuiu, o que provavelmente se deve à estratégia de produção de força usada pelos remadores *stroke*.

É possível também que a exigência de uma maior produção de potência nos momentos máximos do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro resulte em uma produção de força em menor tempo, ou seja, com mais velocidade, direcionando o metabolismo energético para uma atuação predominantemente glicolítica, induzindo a uma maior produção de lactato sangüíneo nos remadores *stroke*, que possivelmente não apresentam as mesmas capacidades de reconversão e tolerância ao lactato, como os remadores *bow*, por razões funcionais e morfológicas, como por exemplo, a distribuição de tipos de fibras musculares (ROTH, 1991; ROTH *et al.*,1993).

Avaliando a técnica da remada a diferentes vogas em remadores recreacionais, com o objetivo de avaliar a sobrecarga na musculatura lombar, MCGREGOR *et al.* (2004) observaram uma redução no perfil da curva de força, com um deslocamento do pico de força para os momentos finais da remada à medida que a voga aumentava. Além disso, esse estudo observou ainda que sem significância estatística, que a duração da curva de força diminuía com o aumento da voga. O autor

ressalta nesse trabalho que esses resultados vão de encontro ao que comumente é observado em remadores de elite no que diz respeito às modificações do momento da curva de força em que o pico ocorre, argumentando que isso se deve à falta de sofisticação técnica observada nos remadores novatos que participaram do estudo (McGREGOR *et al.*, 2004).

Os mesmos autores avaliando remadores de elite, porém durante um treinamento de uma hora de remo, verificaram uma consistência na manutenção do pico de força no final da curva de força x tempo, o que provavelmente se deve ao nível técnico dos remadores avaliados no estudo, os quais precisaram manter a produção de força em níveis satisfatórios durante um exercício de longa duração, procurando adiar o aparecimento da fadiga muscular (McGREGOR *et al.*, 2003).

TORRES-MORENO *et al.* (1999) esclarecem as principais diferenças na técnica da remada entre remadores amadores e de elite, enquanto os primeiros tendem a flexionar os joelhos e quadris precocemente durante a fase de propulsão da remada, criando uma instabilidade na coluna lombar e diminuindo a produção de força, remadores experientes atingem maiores e mais consistentes velocidades angulares nas articulações dos joelhos e quadris no momento em que o remo está perpendicular ao barco, resultando em uma remada mais efetiva.

Contrariamente, SCHWANITZ (1991) ressalta algumas desvantagens da ênfase da produção de força no final da curva, como a perda de trabalho devido à contração isométrica e sobrecarga na musculatura dos Membros Superiores (MS). Além disso, esse autor relata que o padrão *stroke* tende a ser mais efetivo, devido à posição do corpo nessa fase do movimento, que parece ser mais própria para a produção de força. GJESSING *apud* SCHWANITZ (1991) compara a posição do remador no início do

movimento da remada com a posição de um halterofilista no início do levantamento do peso.

Provavelmente, a maior aplicação do monitoramento dos formatos da curva de força x tempo esteja no controle e planejamento do treinamento físico voltado a adaptações fisiológicas específicas. Nesse sentido, ROTH (1991) estabelece que nos treinamentos de resistência e em provas de mais longa duração (2000 m), as curvas de força x tempo com ênfase no início do movimento devem ser evitadas, por outro lado, nos treinamentos de potência e velocidade e nas competições de curta duração (500 m), a busca pelo pico de força na primeira metade da curva pode ser positiva. Além disso, quando treinamentos forem realizados enfatizando o pico de força no início da curva, uma atenção especial deve ser dada à intensidade, duração, frequência e à recuperação nas sessões de treinamento, em função das demandas biológicas envolvidas e o risco de sobretreinamento (ROTH, 1991).

Preocupado com a aplicabilidade do monitoramento de variáveis biomecânicas com vistas ao treinamento técnico dos remadores, HAWKINS (2000) destaca que normalmente os estudos na área do remo possuem um atraso considerável de tempo entre a coleta, processamento, análise e finalmente a apresentação dos resultados ao treinador e/ou atleta. Esse atraso, segundo o autor, limitaria a efetividade da aplicação das informações na modificação da técnica e avaliação do impacto dessas modificações no desempenho.

De fato em nosso estudo também incorremos nesse atraso entre a realização da investigação propriamente dita, a configuração dos resultados e a apresentação dos mesmos ao treinador e seus atletas. Talvez em função disso, os remoergômetros mais modernos como o *Concept II* modelo D, já estão sendo construídos de forma a

proporcionar a visualização em tempo real da curva de força em seus monitores (CONCEPT, 2005).

Em função disso, HAWKINS (2000) desenvolveu um sistema de *feedback* quantitativo e qualitativo da biomecânica do remo em tempo real. Tal sistema permite ao treinador e atleta rapidamente identificarem estratégias de movimento, visando maximizar o desempenho. As variáveis qualitativas oferecidas pelo sistema se resumem em uma representação gráfica do movimento do corpo do remador, as quais correspondem aos dados cinéticos e cinemáticos instantaneamente coletados. Ao mesmo tempo, através de eletrogoniômetros implantados em pontos anatômicos específicos do atleta, provêm informações dos ângulos articulares e uma célula de carga instalada no remoergômetro proporciona informações sobre a curva de força, as quais podem ser monitoradas pelo remador na tentativa de alcançar um perfil ideal para o desempenho.

Esta estratégia de monitoração em tempo real da curva de força x tempo por parte do treinador sugerida por HAWKINS (2000), durante a avaliação dos remadores, é viável de ser realizada em muitos laboratórios de fisiologia e biomecânica, entre eles o LAPEX. Desta forma os treinadores poderiam se valer da visualização da curva de força no sentido de gerar as respostas fisiológicas pertinentes ao tipo de treinamento desejado, como por exemplo treinos mais extensivos ou intensivos, corrigindo a técnica de movimento dos atletas com vistas à utilização desta estratégia biomecânica nos treinos rotineiros dos remadores fora do laboratório.

Outra aplicação da análise das curvas de força x tempo pode residir nos critérios para escolha de tripulações em diferentes barcos no remo. Barcos maiores, com tripulações mais numerosas, como os formados por quatro ou oito remadores, são mais velozes que barcos menores, compostos por dois ou apenas um remador. Desta forma, em barcos maiores o tempo de permanência na água, e por conseqüência o tempo de

tração da pá do remo, são menores que em barcos pequenos, fazendo com que os remadores realizem mais ciclos de remadas por minuto, ou seja, remem a maiores vogas (BAUDOIN & HAWKINS, 2002).

BAUDOIN & HAWKINS (2002) salientam ainda que remando a maiores vogas, a proporção de tempo em que os músculos dos remadores se mantêm contraídos aumenta, influenciando o fluxo sanguíneo nos capilares que irrigam a musculatura e afetando a oferta de oxigênio e remoção de metabólitos.

MARTIN & BERNFIELD (1980) ao estudarem aspectos biomecânicos de remadores remando em um barco com oito remadores, também verificaram que o aumento da velocidade do barco era gerado por uma maior aplicação de força durante a fase de propulsão da remada, bem como uma aplicação de força durante um percentual de tempo maior no ciclo de movimento da remada. Os autores verificaram que o aumento da velocidade do barco aumenta o arrasto, o que requer uma maior força para manter a velocidade (MARTIN & BERNFIELD, 1980).

Além disso, à medida que a velocidade no barco aumenta, o tempo de cada uma das fases da remada (entrada, propulsão, finalização e recuperação) parece diminuir, sugerindo que existe um limite para a velocidade na qual o remador consegue acelerar o movimento nos diferentes seguimentos corporais (joelho, quadril, tronco, cotovelo e ombros), à medida que a resistência aumenta em função do aumento na velocidade (MARTIN & BERNFIELD, 1980).

Esse fenômeno é suportado por outros estudos que indicaram que a força muscular diminui à medida que a velocidade de encurtamento aumenta (HILL, 1938; MACINTOSH *et al.* 2000).

Assim, é possível que remadores com o perfil *stroke* de produção de força, sejam mais adequados para compor barcos maiores e mais velozes, devido a sua

capacidade de produção do pico de força mais rapidamente que remadores *bow*. Por outro lado, em barcos menores e mais lentos, os remadores *bow* podem apresentar uma maior adaptabilidade devido as suas características de produção de força mais lentamente e maior resistência à fadiga.

Todavia, mais estudos envolvendo a relação força x velocidade em remadores com diferentes perfis de curva força x tempo, suas relações com a fadiga e o desempenho, bem como estudos relacionados à análise das curvas de força frente a diferentes vogas devem ser realizados para um maior esclarecimento sobre essas questões.

## 6. CONCLUSÕES, SUGESTÕES PARA NOVOS ESTUDOS E LIMITAÇÕES

### 6.1 Conclusões

Os resultados encontrados no presente estudo permitem concluir que remadores, apresentando um padrão de produção de força *bow*, alcançam valores de potência máxima significativamente maiores em um teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro. Desta forma, treinadores e atletas interessados em prolongar o tempo de exercício devem buscar um perfil de produção de força *bow*.

Uma vez que nem todos os remadores permaneceram com o mesmo padrão de produção de força durante toda a avaliação a qual foram submetidos, pode-se induzir que suas estratégias de aplicação de força podem ser modificadas.

Esses resultados podem apresentar uma boa aplicabilidade no controle de treinamento dos remadores e formação das tripulações, no qual os treinadores podem, em função dos objetivos de treino e velocidade dos barcos, direcionar as estratégias de produção de força dos remadores, como por exemplo, perfil de produção de força *bow* para treinos extensivos e/ou em barcos menores e mais lentos e *stroke* para treinos intensivos e/ou em barcos maiores e mais velozes.

Não foram confirmadas as hipóteses de menores valores nas variáveis fisiológicas e biomecânicas nos remadores *bow*, com exceção do menor valor de lactato encontrado no estágio máximo de exercícios desse grupo, ainda que sem significância estatística, nem as correlações negativas esperadas entre essas variáveis e o tempo para o pico, com exceção da correlação negativa encontrada entre a concentração de lactato sanguíneo e o tempo para o pico de força no estágio máximo do teste empregado.



## 6.2 Sugestões para novos estudos

Para que os resultados encontrados no presente estudo possam ser extrapolados com vistas ao desempenho dos remadores em uma regata típica de remo, novos estudos medindo variáveis fisiológicas e biomecânicas e utilizando um teste de 2000 m devem ser empregados, visando comparar o desempenho de remadores com os perfis de curva de força x tempo encontrados.

Para melhorar o entendimento dos fenômenos que influenciaram o perfil de curva de força x tempo apresentados pelos atletas, mais estudos visando identificar os percentuais de tipos de fibras que compõe os principais grupos musculares envolvidos no movimento da remada devem ser feitos, buscando correlacionar o tipo de fibra muscular com o formato de curva de força x tempo.

O modelo experimental empregado neste estudo pode ser estendido também a outras atividades, como o ciclismo, treinamento de força entre outros, nos quais entender as relações entre a produção de força e as respostas fisiológicas sejam importantes para otimizar o desempenho.

No caso do ciclismo, e outras atividades cíclicas, o modelo experimental usado nesta pesquisa pode ser empregado no estudo da fadiga, e suas relações com aspectos fisiológicos e neuromecânicos, como por exemplo:

- Análise das relações entre EMG e o limiar de lactato, utilizando diferentes métodos de determinação de limiar de lactato, como teste de lactato mínimo,  $D_{máx.}$ , entre outros;
- Análise da fadiga em atletas e sua relação com a produção de força e potência;
- Análise da fadiga em outros grupos;

- Análise das curvas de força como alternativa não-invasiva na determinação de fibras musculares, em comparação com outros métodos invasivos e não-invasivos, como análise de isoformas de MHC, dinamometria isocinética entre outros;

No caso do treinamento de força, o estudo dos diferentes formatos de curva de força x tempo, que em última análise são um reflexo das estratégias de execução dos exercícios, influenciados pela velocidade de contração, tempo de duração das fases concêntrica e excêntrica, entre outras características, pode ser aplicado na avaliação das respostas fisiológicas ao treinamento de força voltado a diferentes objetivos como, por exemplo:

- Analisar as relações das curvas de força x tempo e as respostas cardiovasculares em hipertensos e cardiopatas, visando identificar o melhor padrão de produção de força nesses grupos;
- Avaliar o gasto energético e as repostas metabólicas em indivíduos com diferentes curvas de força x tempo, visando entender melhor as relações entre os padrões de produção de força e a demanda metabólica.
- Investigar a influência do treinamento de força crônico com diferentes padrões de curva de força x tempo, na alteração de tipos de fibras musculares;

### 6.3 Limitações

Podem ser consideradas limitações deste estudo o tamanho da amostra, a qual apesar de ter sido calculada em função do projeto piloto realizado previamente, contou apenas com 15 remadores. Acredita-se que, ao avaliar um número maior de atletas, muitos resultados, que não apresentaram significância estatística podem passar a tê-la.

O fato de não ter sido controlada a dieta dos atletas também pode ser vista como um fator limitante, uma vez que a ingestão de alguns nutrientes como carboidratos, por exemplo, pode influenciar o desempenho físico dos atletas.

A ausência de medições cinemáticas limitou as análises realizadas quanto à contribuição dos diferentes segmentos corporais durante o movimento da remada, bem como suas interações com as respostas fisiológicas.

Da mesma forma, não foi possível avaliar a participação dos diferentes grupos musculares acionados durante a remada, pela ausência do acompanhamento de sinais eletromiográficos.

De qualquer forma, apesar de não terem sido usadas técnicas de pesquisa em biomecânica mencionadas acima, as quais com certeza trariam uma significativa contribuição no estudo dos aspectos fisiológicos da produção de força no remo, a instrumentalização excessiva, tanto do remoergômetro quanto do próprio remador, poderiam influenciar a liberdade de movimentos bem como a espontaneidade dos atletas durante as avaliações.

Desta forma acredita-se que mesmo com limitações, este estudo foi capaz de trilhar caminhos iniciais na análise dos padrões de produção de força dos remadores, bem como contribuir para a interação entre o Grupo de Estudo em Fisiologia e

Bioquímica do Exercício e o Grupo de pesquisa em Biomecânica, despertando possibilidades para novos estudos interdisciplinares sobre o remo.

## REFERÊNCIAS

ALTMAN, D. G. *Practical Statistics for Medical Research*. Chapman & Hall: London, 1991.

ARAÚJO, C. G. S. Terminologia aeróbica ou aeróbia. *Boletim do Departamento de Ergometria e Reabilitação Cardiovascular da SBC*. 8:1-3, 2002.

ARAÚJO, C. G. S. Teste de exercício: terminologia e algumas considerações sobre passado, presente e futuro baseadas em evidências. *Rev. Bras. Med. Esporte*. 6:77-84, 2000.

ÅSTRAND, P-O., RODAHL, K., DAHL, H. A., STRØMME, S. B. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. 4. ed. Champaign (IL): Human Kinetics. 2003.

ÅSTRAND, P-O., CUDDY, T. E., SALTIN, B. STENBERG, J. Cardiac output during submaximal and maximal work. *J. Appl. Physiol*. 19:266-274, 1964.

BAPTISTA, R. R., OLIVEIRA, L. G., FIGUEIREDO, G., CONTIERI, J. R., LOSS, J. F., OLIVEIRA, A. R. Limiar de lactato em remadores: comparação entre dois métodos de determinação. *Rev. Bras. Med. Esporte*. 2005. (no prelo).

BAPTISTA, R. R., OLIVEIRA, L. G., FIGUEIREDO, G., CONTIERI, J. R., LOSS, J. F., OLIVEIRA, A. R. Remoergometria: Limiar de lactato e produção de força muscular em remadores. *Anais do XI Congresso Nacional do Departamento de Ergometria e Reabilitação Cardíaca*, 2004. (resumo).

BAPTISTA, R. R., OLIVEIRA, L. G., FIGUEIREDO, G., CONTIERI, J. R., LOSS, J. F., OLIVEIRA, A. R.. Relação entre diferentes formatos de curva força-tempo e respostas fisiológicas no remo. *Rev. Bras. Med. Esporte*. 9:445, 2003. (resumo).

BASSETT, D. R., JR., HOWLEY, E. T. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Med. Sci. Sports Exerc*. 29:591–603, 1997.

BASSETT, D. R., JR., HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc*. 32:70–84, 2000.

BAUDOUIN, A., HAWKINS, D. A biomechanical review of factors affecting rowing performance. *Br. J. Sports Med.* 36:396-402, 2002.

BAUDOUIN, A., HAWKINS, D. Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *J. Biomechanics.* 37:969-976, 2004.

BENEKE R. Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27:863-867, 1995.

BENEKE R. Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modeling approaches. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88:361–369, 2003.

BERGH, U., EKBLO, B., ÅSTRAND, P-O. Maximal oxygen uptake “classical” versus “contemporary” viewpoints. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:85-88, 2000.

BERNSTEIN, I. A., WEBBER, O., WOLEDGE, R. An ergonomic comparison of rowing machine designs: possible implications for safety. *Br. J. Sports Med.* 36:108–112, 2002.

BEVEGÅRD, S., HOLMGREN, A., JONSSON, B. The effect of body position on the circulation at rest and during exercise, with special reference to the influence on the stroke volume. *Acta Physiol. Scand.* 49:279-298, 1960.

BISHOP, D. Evaluation of the Accusport® lactate analyzer. *Int. J. Sports Med.* 22:525-530, 2001.

BISHOP, D. The validity of physiological variables to assess training intensity in kayak athletes. *Int. J. Sports Med.* 25:68-72, 2004.

BOSQUET, L., LÉGER, L., LEGROS, P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med.* 23:675-700, 2002.

BOUCKAERT, J., PANNIER, J. L., VRIJENS, J. Cardiorespiratory response to bicycle and rowing ergometer exercise in oarsmen. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51:51-59, 1983.

BOURDIN, M., MESSONNIER, L., HAGER, J.P., LACOUR, J.R. Peak power output predicts rowing ergometer performance in elite male rowers. *Int. J. Sports Med.* 25:368-373, 2004.

BOURGOIS, J., VRIJENS, J. Metabolic and cardiorespiratory responses in young oarsmen during prolonged exercise tests on a rowing ergometer at power outputs corresponding to two concepts of anaerobic threshold. *Eur. J. Appl. Physiol.* 77:164-169, 1998.

BROOKS, G. A. Intra and extra-cellular lactate shuttles. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:790-799, 2000.

BROOKS, G. A. Lactate shuttle – between but not within cells? *J. Physiol.* 541:333, 2002a.

BROOKS, G. A. Lactate shuttles in nature. *Biochem. Soc. Trans.* 30:258-264, 2002b.

BROOKS, G. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:22-31, 1985.

CAPUTO, F., DENADAI, B.S. Effects of aerobic endurance training status and specificity on oxygen uptake kinetics during maximal exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 93:87-95, 2004.

CHENG, B., KUIPERS, H., SNYDER, A. C., KEIZER, H. A., JEUKENDRUP, A., HESSELINK, M. A new approach for the determination of ventilatory and lactate thresholds. *Int. J. Sports Med.* 13:518-522, 1992.

CHUANG, M.L., LIN, I.F., VINTCH, J.R. Comparison of estimated and measured maximal oxygen uptake during exercise testing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Intern. Med. J.* 34:469-474, 2004.

CLARYS, J.P., CABRI, J. Electromyography and the study of sports movements: a review. *J Sports Sci.* 11:379-448, 1993.

CONCEPT II. Modelo D. Disponível em:<[www.concept2.com](http://www.concept2.com)> Acesso em dezembro, 2005.

CONCONI, F. et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J. Appl. Physiol.* 52:869-873, 1982.

COSGROVE M. J., WILSON J., WATT D., GRANT S. F. The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *J Sports Sci* 17:845-852, 1999.

COX, R.H., THOMAS, T.R., HINTON, P.S., DONAHUE, O.M. Effects of acute 60 and 80% VO<sub>2</sub>max bouts of aerobic exercise on state anxiety of women of different age groups across time. *Res. Q. Exerc. Sport*. 75:165-175, 2004.

COYLE, E. F. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 23:25-63, 1995.

CUNNINGHAM, P. B., CRITZ, J. B. Cardiorespiratory response to exercise on a rowing and bicycle ergometer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 7:37-43, 1975.

DAFFERTSHOFER, A., HUYS, R., BEEK, P. J. Dynamical coupling between locomotion and respiration. *Biol. Cybern.* 90:157-164, 2004.

DAMATO, A. N., GALANTE, J. G., SMITH, W. M. Hemodynamic response to treadmill exercise in normal subjects. *J. Appl. Physiol.* 21:959-966, 1966.

DAVIS, J. A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17:6-18, 1985.

FARIA, E.W., FARIA, I. E. Cardiorespiratory responses to exercises of equal relative intensity distributed between the upper and lower body. *J. Sports Sci.* 16:309-315, 1998.

FARREL, P. A. et al. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11:338-344, 1979.

FAVERO, T. G., ZABLE, A. C., COLTER, D., ABRAMSON, J. J. Lactate inhibits Ca<sup>2+</sup>-activated Ca<sup>2+</sup>-channel activity from skeletal muscle sarcoplasmic reticulum. *J. Appl. Physiol.* 82:447-452, 1997.

FISKERSTRAND, A., SEILER, K.S. Training and performance characteristics among Norwegian international rowers 1970-2001. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 14:303-310, 2004.



FITTS, R. H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Rev.* 74:49-84, 1994.

FORSYTH, J. J., FARRALY, M. R. A comparison of lactate concentration in plasma collected from the toe, ear and fingertip after simulated rowing exercise. *Br. J. Sports Med.* 34:35-38, 2000.

GLADDEN, L. B. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. *J. Physiol.* 558:5-30, 2004.

GPA. Clube de Regatas Guaíba – Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.via-rs.com.br/pessoais/rsf10511/>> Acesso em julho, 2005.

GRANT, S., MCMILLAN, K., NEWELL, J., WOOD, L., KEATLEY, S., SIMPSON, D., LESLIE, K., FAIRLIE-CLARK, S. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.L(-1) marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87:159-166, 2002.

GRECO, C.C., DENADAI, B.S., PELLEGRINOTTI, I.L., FREITAS, A.B., GOMIDE, E. Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers aged 10 to 15 years: relationship with the performance and blood lactate response during endurance tests. *Rev. Bras. Med. Esporte.* 9:2-8, 2003.

HAGERMAN, F. C. Applied physiology of rowing. *Sports Med.* 1:303-326, 1984.

HAGERMAN, F. C. Physiology of competitive rowing. In: GARRET JR., W. E., KIRKENDALL, D. T., eds. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 843-873, 2000.

HAGERMAN, F. C., CONNORS, M. C., GAULT, J. A., HAGERMAN, G. R., POLINSKI, W. J. Energy expenditure during simulated rowing. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 45:87-93, 1978.

HAGERMAN, F.C., LEE, W.D. Measurement of oxygen consumption, heart rate, and work output during rowing. *Med. Sci. Sports.* 3:155-160, 1971.

HAMLEY, E.J., THOMAS, V. Comparison of rowing and cycling work capacity tests using heart rate as the parameter. *J. Physiol.* 203:80P-81P, 1969.

HARTMANN, U. MADER, A. WASSER, K. KLAUER, I. Peak force, velocity, and power during five and ten maximal rowing ergometer strokes by world class female and male rowers. *Int. J. Sports Med.* 14:S42-S45, 1993.

HAWKINS, D. A new instrumentation system for training rowers. *J. Biomechanics.* 33:241-245, 2000.

HECK, H. et al. Justification of 4 mmol/L lactate threshold. *Int. J. Sports Med.* 6:117-130, 1985.

HELAL, J.N., GUEZENNEC, C.Y., GOUBEL, F. The aerobic-anaerobic transition: re-examination of the threshold concept including an electromyographic approach. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 56:643-649, 1987.

HEYWARD, V., WAGNER, D. *Applied body composition assessment.* 2. ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 2004.

HILL, A. V. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proc. R. Soc. B.* 126:136-195, 1938.

HILL, D.W., ROWELL, A.L. Responses to exercise at the velocity associated with  $\text{VO}_2$  max. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:113-116, 1997.

HILL, H. Dynamics of coordination within elite rowing crews: evidence from force pattern analysis. *J. Sports Sci.* 20:101-117, 2002.

HODGES, P. W., BUI, B. H. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology.* 101:511-519, 1996.

HOLLMANN, W. 42 years ago-development of the concepts of ventilatory and lactate threshold. *Sports Med.* 31:315-320, 2001.

HUG, F., FAUCHER, M., KIPSON, N., JAMMES, Y. EMG signs of neuromuscular fatigue related to ventilatory threshold during cycling exercise. *Clin. Physiol. Funct. Imaging.* 23:208-214, 2003.

INGHAM, S. A., WHYTE, G. P., JONES, K., NEVILL, A. M. Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur. J. Appl. Physiol.* 88:243-246, 2002.

IVY, J. L. et al. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *J. Appl. Physiol.* 48:523-527, 1980.

JACOBS, I. Blood lactate implications for training and sports performance. *Sports Med.* 3:10-25, 1986

KATZ, A., SAHLIN, K. Role of oxygen in regulation of glycolysis and lactate production in human skeletal muscle. *Exerc. Sports Sci Rev.* 18:1-28, 1990.

KINDERMANN, W., SIMON, G., KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur. J. Appl. Physiol.* 42:25-34, 1979.

LAKOMY, H. K., LAKOMY J. Estimation of maximum oxygen uptake from submaximal exercise on a Concept II rowing ergometer. *J. Sports Sci.* 11:227-232, 1993.

LAMB, D. H. A kinematic comparison of ergometer and on-water rowing. *Am. J. Sports Med.* 17:367-373, 1989.

LEPRETRE, P. M., KORALSZTEIN, J. P., BILLAT, V. L. Effect of exercise intensity on relationship between VO<sub>2</sub>max and cardiac output. *Med. Sci Sports Exerc.* 36:1357-1163, 2004.

LIU, Y., LORMES, W., REISSNECKER, S., STEINACKER, J. M. Effects of high intensity resistance and low intensity endurance training on myosin heavy chain isoform expression in highly trained rowers. *Int. J. Sports Med.* 24:264-270, 2002.

LORMES, W., BUCKWITZ, R., REHBEIN, H., STEINACKER, J. M. Performance and blood lactate on Gjessing and concept II rowing ergometers. *Int. J. Sports Med.* 14(suppl. 1):S29-S31, 1993.

LUCIA, A., SANCHÉZ, O., CARVAJAL, A., CHICHARRO, J.L. Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclists during incremental exercise with the use of electromyography. *Br. J. Sports Med.* 33:178-185, 1999.

LUSA, I. F., ZARO, M. A. Desenvolvimento de uma Célula de Carga para Medir Força na Pega em Forma de Pinça. In: *Anais do VIII Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Florianópolis: UDESC, P. 393 – 396, 1999.

MACINTOSH, B. R., NEPTUNE, R. R., HORTON, J. F. Cadence, power, and muscle activation in cycle ergometer. *Med. Sci. Sports Exerc.* 32:1281-1287, 2000.

MÄESTU, J. *The perceived recovery-stress state and selected hormonal markers of training stress in highly trained male rowers*. 2004. Tese (Doutorado em *Exercise and Sports Science*) – Faculty of Exercise and Sports Science. University of Tartu, Estonia, [2004].

MAHONY N., DONNE B., O'BRIEN M. A comparison of physiological responses to rowing on friction-loaded and air-braked ergometers. *J. Sports Sci.* 17:143-149, 1999.

MANUAL DO REMOERGÔMETRO CONCEPT II. Disponível em: <<http://www.concept2.com/resources/pdfindex.asp>> Acesso em: dezembro, 2005.

MARIANO, N. O Brasil rema para a longevidade. *Zero Hora*, Porto Alegre, 5 mar. p. 4-5, 2005.

MARINS, J. B., GIANNICHI, R. *Avaliação e prescrição da atividade física: guia prático*. Shape, 2003.

MARTIN, T. P., BERNFIELD, J. S. Effect of stroke rate on velocity of a rowing shell. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12:250-256, 1980.

MAZZONE, T. Kinesiology of the rowing stroke. *NSCA Journal*. 10:4-11, 1988.

McGINNIS, P. M. *Biomecânica do esporte e exercício*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

McGREGOR, A. H., BULL, A. M. J., BYNG-MADDICK, R. A comparison of rowing technique at different stroke rates: A description of sequencing, force production and kinematics. *Int. J. Sports Med.* 25:465-470, 2004.

MEYER, T., GABRIEL, H.H., KINDERMANN, W. Is determination of exercise intensities as percentages of VO<sub>2</sub>max or HR<sub>max</sub> adequate? *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:1342-1345, 1999.

MILLER, C. J. N. *The mechanics of rowing*. 1997. Dissertação (Mestrado em *Engineer*). University of Newcastle, United Kingdom, [1997].

MILLER, W.C., WALLACE, J.P., EGGERT, K.E. Predicting max HR and the HR-VO<sub>2</sub> relationship for exercise prescription in obesity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:1077-81, 1993.

MORITANI, T., De VRIES, H.A. Reexamination of the relationship between the surface integrated electromyogram (IEMG) and force of isometric contraction. *Am. J. Phys. Med.* 57:263-277, 1978.

MOYNA, N.M., ROBERTSON, R.J., MECKES, C.L., PEOPLES, J.A., MILLICH, N.B., THOMPSON, P.D. Intermodal comparison of energy expenditure at exercise intensities corresponding to the perceptual preference range. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:1404-1410, 2001.

NAGATA, A., MURO, M., MORITANI, T., YOSHIDA, T. Anaerobic threshold determination by blood lactate and myoelectric signals. *Jpn. J. Physiol.* 31:585-597, 1981.

NELSON, W. N., WIDULE, C. J. Kinematic analysis and efficiency estimate of intercollegiate female rowers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 15:535-541, 1983.

NICHOLSON, R. M., SLEIVERT, G. G. Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33:339-342, 2001.

NIELSEN, O. B., de PAOLI, F., OVERGAARD, K. Protective effects of lactic acid on force production in rat skeletal muscle. *J. Physiol.* 536:161-166, 2001.

NOAKES, T. D. Challenging beliefs: *ex Africa semper aliquid novi*. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:571-590, 1997.

NOAKES, T. D. Maximal oxygen uptake: “classical” versus “contemporary” viewpoints: a rebuttal. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:1381-1398, 1998.

OLIVEIRA, L. G.; BAPTISTA, R. R., SOARES, D. P., CONTIERI, J. R., LOSS, J. F. Análise biomecânica no remoergômetro através de parâmetros cinéticos e cinemáticos. *Anais do X Congresso Brasileiro de Biomecânica*. 1:327-330, 2003. (resumo expandido).

PELTONEN, J. E., RUSKI, H. K., RANTAMÄKI, J. et al. Effects of oxygen fraction in inspired air on force production and electromyogram activity during ergometer rowing. *Eur. J. Appl. Physiol.* 76:495-503, 1997.

PETIBOIS, C., CAZORLA, G., DELERIS, G. The biological and metabolic adaptations to 12 months training in elite rowers. *Int. J. Sports Med.* 24:36-42, 2003.

PETROSKI, E. L. *Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para estimativa da densidade corporal em adultos*. 1995. Tese (Doutorado em Ciências do Movimento Humano) Programa de Pós-graduação em Ciências do Movimento Humano. Universidade Federal de Santa Maria, Brasil, [1995].

RIBEIRO, J.P. Limiares metabólicos e ventilatórios durante o exercício. Aspectos fisiológicos e metodológicos. *Arq. Bras. Cardiol.* 64:171-181, 1995.

RIECHMAN, S.E., ZOELLER, R.F., BALASEKARAN, G., GOSS, F.L., ROBERTSON, R.J. Prediction of 2000 m indoor rowing performance using a 30 s sprint and maximal oxygen uptake. *J. Sports Sci.* 20:681-687, 2002.

RODRIGUEZ, R. J., ROGRIGUEZ, R. P., COOK, S. D., SANDBORN, P. M. Electromyography analysis of rowing stroke biomechanics. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 30:103-108, 1990.

ROSIELLO, R.A., MAHLER, D.A., WARD, J.L. Cardiovascular responses to rowing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19:239-245, 1987.

ROTH, W. Physiological – biomechanical aspects of the load development and force implementation in rowing. *19<sup>th</sup> FISA Coaches Conference.* 33-48, 1991.

ROTH, W., SCHWANITZ, P. PAS, P. BAUER, P. Force time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int. J. Sports Med.* 14:S32-S34, 1993.

SCHWANITZ, P. Applying biomechanics to improve rowing performance. *19<sup>th</sup> FISA Coaches Conference.* 49-65, 1991.

SECHER, N. H. Physiological and biomechanics aspects of rowing: implications for training. *Sports Med.* 15:24-42, 1993.

SECHER, N. H. The Physiology of rowing. *J. Sports Sci.* 1:23-53, 1983.

SIEGMUND, G. P., EDWARDS, M. R., MOORE, K. S., TIESSEN, D. A., SANDERSON, D. J., MCKENZIE, D. C. Ventilation and locomotion coupling in varsity male rowers. *J. Appl. Physiol.* 87:233-242, 1999.

SJÖDIN, B., JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int. J. Sports Med.* 2:23-26, 1981.

SMITH, R. M., SPINKS, W. L. Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good and elite rowers. *J. Sports Sci.* 13:377-385, 1995.

STARON, R. S., HIKIDA, R. S. Muscular responses to exercise and training. Em: GARRET JR., W. E., KIRKENDALL, D. T., eds. *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. 163-176, 2000.

STARON, R. S., KARAPONDO, D. L., KRAEMER, W. J., et al. Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J. Appl. Physiol.* 76:1247-1255, 1994.

STEGMANN, H., KINDERMANN, W., SCHNABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 2:160-165, 1981.

STEINACKER, J. M. Physiological Aspects of Training in Rowing. *Int. J. Sports Med.* 14:S3-S10, 1993.

STEINACKER, J. M; MARX, T. R., MARX, U. The oxygen consumption and work efficiency for rowing. *Int. J. Sports Med.* 5:287-288, 1984.

SVEDAHL, K., MACINTOSH, B. R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can. J. Appl. Physiol.* 28:299-323, 2003.

TEGTBUR, U., BUSSE, M. W., BRAUMANN, K. M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 25:620-627, 1993.

THOMAS, C., SIRVENT, P., PERREY, S. RAYNAUD, E., MERCIER, J. Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal

after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *J. Appl. Physiol.* 97:2132–2138, 2004.

TORRES-MORENO, R., TANAKA, C., PENNEY, K. L. Joint excursion, handle velocity, and applied force: a biomechanical analysis of ergometric rowing. *Int. J. Sports Med.* 21:41-44, 1999.

URHAUNSEN, A., COEN, B., WEILER, B. KINDERMANN, W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int. J. Sports Med.* 14:134-139, 1993a.

URHAUNSEN, A., COEN, B., WEILER, B. KINDERMANN, W. Heart rate, blood lactate, and catecholamines during ergometer and on water rowing. *Int. J. Sports Med.* 14:20-23, 1993b.

VAN LIESHOUT, J.J., POTT, F., MADSEN, P.L., VAN GOUDOEVER, J., SECHER, N.H. Muscle tensing during standing: effects on cerebral tissue oxygenation and cerebral artery blood velocity. *Stroke.* 32:1546-1551, 2001.

VASSALO, D. V., STEFANON, I. Contratilidade miocárdica. Em: AIRES, M. M. ed. *Fisiologia.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 368-391, 1999.

VELLA, C. A., ROBERGS, R. A. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects. *Br. J. Sports Med.* 39:190-195, 2005.

VØLLESTAD, N.K., BLOM, P.C. Effect of varying exercise intensity on glycogen depletion in human muscle fibers. *Acta. Physiol. Scand.* 125:395-405, 1985.

WASSERMAN, K., MCILROY, M. B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism. *Am. J. Cardiol.* 14:844-852, 1964.

WASSERMAN, K., WHIPP, B. J., KOYAL, S. N., BEAVER, W. L. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 35:236-243, 1973.

WESTON, A. R., KARAMIZRAK, O., SMITH, A., NOAKES, T. D., MYBURGH, K. H. African runners exhibit greater fatigue resistance, lower lactate accumulation, and higher oxidative enzyme activity. *J. Appl. Physiol.* 86:915–923, 1999.



WILMORE, J. H., COSTILL, D. L. *Physiology of sports and exercise*. 2. ed. Champaign (IL): Human Kinetics, 1999.

YOSHIGA, C. C., HIGUSHI, M. Heart rate is lower during ergometer rowing than during treadmill running. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87:97-100, 2002.

YOSHIGA, C. C., OKA, J. Lower heart rate response to ergometry rowing than to treadmill running in older men. *Clin. Physiol. & Func. Im.* 23:58–61, 2003.

ZHOU, S., WESTON, S. B. Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing. *Physiol. Meas.* 18:145-154, 1997.

## ANEXOS

### Anexo I – Termo de consentimento informado

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que estamos realizando. O objetivo deste trabalho é identificar o  $VO_2$ , Limiar de lactato, FC de limiar e produção de força, visando à realização de uma pesquisa científica em nível de mestrado, além de proporcionar aos atletas e treinadores um retorno quanto às condições físicas dos atletas através de parâmetros fisiológicos e cinéticos.

Caso você aceite participar, serão realizadas mensurações de massa corporal total, estatura e dobras cutâneas, depois de posicionado no remoergômetro você deverá realizar um breve aquecimento, para adaptar-se aos equipamentos antes do início do teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro.

O teste cardiopulmonar de exercício em remoergômetro possui uma carga inicial de 150 W com incrementos de 50 W a cada 3 min., com pausas de 1 min. para coleta de sangue. Você deverá ir até o máximo que agüentar neste teste, quando não conseguir mais prosseguir, sinalize para que possamos dar por terminado o teste e liberá-lo dos equipamentos.

Esta pesquisa é orientada pelo Prof. Dr. Alvaro R. de Oliveira. Para maiores informações, contatar o seu orientando e responsável por esta pesquisa: Rafael R. Baptista pelo telefone (051) 99996331.

É dada a garantia de que todas as informações serão utilizadas apenas para fins científicos e que sua identidade será preservada.

Você é livre para autorizar ou não a sua participação e para se retirar do projeto a qualquer momento, sem necessidade de justificativa.

Este termo de consentimento foi entregue em duas vias para que uma delas fique com o colaborador e que a outra fique com o pesquisador.

Eu.....declaro que autorizo a minha participação nesta pesquisa.

.....

Assinatura do Colaborador

.....

Assinatura do Pesquisador

Porto Alegre,.....de.....de 2005.

## Anexo II – Descrição do treinamento dos remadores fornecida pelo treinador

O treinamento dos remadores que foram avaliados neste estudo segue as determinações da Confederação Brasileira de Remo (CBR) e é feito em dois turnos, com um intervalo mínimo de seis horas de recuperação. A periodização foi composta de dois meso ciclos, divididos em onze micro ciclos.

O treinamento consistia de corrida, treinamento de força, flexibilidade e treinamento específico na água remando nos barcos.

O treinamento de corrida era controlado ou pela distância percorrida ou pelo tempo de duração, e variou de 6 a 8 km ou de 30 a 90 min, dependendo da periodização. A FC dos atletas girava em torno de 130 a 160 bpm nesses treinos.

O treinamento de força era composto pelos principais exercícios para cada um dos grupos musculares como pressão de pernas, abdominal, remada alta, tríceps (extensão de cotovelos), flexão de joelhos (mesa flexora), flexão de braços na barra fixa (com o peso corporal), lombar, extensão de joelhos (mesa extensora), rosca direta (flexão de cotovelos), levantamento de terra, supino (no banco), deltóide (no banco - elevação lateral).

O treinamento de força era voltado ao desenvolvimento de resistência muscular localizada (RML), hipertrofia e potência, os quais eram utilizados no decorrer das semanas de treinamento, feitos na segunda-feira, quarta-feira, sexta-feira e sábado, normalmente no primeiro turno de treinamento.

Nos treinos de RML eram realizadas em torno de 3 séries de 90 repetições a uma intensidade de 50 a 60% de 1 RM com 3 min de intervalo entre as séries. Nos treinos de Hipertrofia eram realizadas de 3 a 5 séries de 8 repetições a uma intensidade média de 85% de 1 RM com 2 min de intervalos entre as séries. Nos treinos de potência

eram realizadas de 4 a 6 séries de 15 a 20 repetições, a uma intensidade de 70 a 75% de 1 RM com um tempo de intervalo de 2 a 3 min

O treinamento de flexibilidade apresentava uma duração de 20 min e consistia em exercícios de alongamentos passivos e ativos com uma permanência em cada posição de cerca de 20 seg, sempre após as sessões de treinamento.

O treinamento específico remando no barco possui um volume em torno de 16 a 18 km por treino, com uma voga em torno de 20 a 28 rpm e uma solicitação de intensidade ao atleta variando de 75 a 100% da velocidade de prova, fazendo com que a FC atingisse em torno de 130 a 160 bpm durante os treinos. Diferentes métodos de treinamento eram utilizados como “tiros”, no qual o atleta remava distâncias específicas no menor tempo possível, ou como o treinamento intervalado, em que o remador alternava momentos de maior intensidade com momentos de menor intensidade e também treinamentos lineares, onde o remador percorria uma distância fixa, a uma dada voga.

## Anexo III – Especificações técnicas da Célula de carga SV-100

Capacidade Nominal <i>kg</i>	20,50,100,200
Material	Alumínio anodizado
Sensibilidade <i>mV/V</i>	2 +/- 10% (+/-0,1% opcional)
Erro combinado % <i>saída nominal</i>	<0,03
Creep à capacidade nominal % <i>saída nominal</i>	20 min:<0,03 8hs:<0,05
Zero inicial % <i>saída nominal</i>	+/- 1
Temperatura de trabalho útil $^{\circ}C$	-5 a +60
Temperatura de trabalho compensada $^{\circ}C$	0 a +50
Erro excentricidade conforme OIML	>5000 div.
Efeito da temperatura <i>ppm/°C da saída nominal</i>	no zero:<30 na calibração:<10
Máx. sobrecarga s/ alterações % <i>capacidade nominal</i>	150
Sobrecarga de ruptura % <i>capacidade nominal</i>	300
Excitação <i>VCC ou VCA</i>	máxima: 15 recomendada: 10
Resistência elétrica entrada <i>ohms</i>	405 +/-10
Resistência elétrica saída <i>ohms</i>	350 +/- 1
Resistência de isolamento (50 VCC máx.) <i>megaohms</i>	>5000
Deflexão máxima <i>mm a capacidade nominal</i>	<0.5
Grau de proteção (IEC 529)	IP67

## Anexo IV – Ficha de coleta de dados

Nome:	Sexo: ( ) M ( ) F	Idade:	Nascimento:
Estatura:	Massa corporal:		
Categoria:	Avaliador:		
Instituição:	Tempo de treinamento:		
Data da avaliação:	Horário:		
Técnico / Treinador:	Títulos principais:		

Estágios	Lactato	FC	Potência
<b>1</b>			150
<b>2</b>			200
<b>3</b>			250
<b>4</b>			300
<b>5</b>			350
<b>6</b>			400
<b>7</b>			450
<b>8</b>			500
<b>9</b>			550
<b>10</b>			600

Dobras Cutâneas	1ª Medida	2ª Medida	3ª Medida
Tríceps:			
Subescapular:			
Crista Ilíaca:			
Abdominal:			