**Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto**

**MONITORAMENTO DA PERFORMANCE DE ATLETAS DE ALTO
NÍVEL A PARTIR DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS**

João Paulo Loures

Tese

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD)

JOÃO PAULO LOURES

**MONITORAMENTO DA PERFORMANCE DE ATLETAS DE ALTO NÍVEL A
PARTIR DE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da
Universidade de São Paulo para
obtenção de título de Doutor em
Ciências

PPG: Programa de Reabilitação e
Desempenho Funcional

Área de concentração: Educação
física

Orientador: Prof. Dr. Marcelo
Papoti

Ribeirão Preto

2019

Janus

Universidade de São Paulo

ATA DE DEFESA

Aluno: 17152 - 9407201 - 1 / Página 1 de 1

Ata de defesa de Tese do(a) Senhor(a) João Paulo Loures no Programa: Reabilitação e Desempenho Funcional, do(a) Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Aos 22 dias do mês de julho de 2019, no(a) FMRP-USP realizou-se a Defesa da Tese do(a) Senhor(a) João Paulo Loures, apresentada para a obtenção do título de Doutor intitulada:

"Monitoramento da performance de atletas de alto nível a partir de parâmetros fisiológicos"

Após declarada aberta a sessão, o(a) Sr(a) Presidente passa a palavra ao candidato para exposição e a seguir aos examinadores para as devidas arguições que se desenvolvem nos termos regimentais. Em seguida, a Comissão Julgadora proclama o resultado:

Nome dos Participantes da Banca	Função	Sigla da CPG	Resultado
Marcelo Papoti	Presidente	EEFERP - USP	Não Votante
Heros Ribeiro Ferreira	Titular	UFPR - Externo	<u>Aprovado</u>
Marcelo Riberto	Suplente	FMRP - USP	<u>Aprovado</u>
Enrico Fuini Puggina	Suplente	EEFERP - USP	<u>Aprovado</u>

Resultado Final: Aprovado

Parecer da Comissão Julgadora *

Eu, Mauro Henrique Leoni Bernardo _____, lavrei a presente ata, que assino juntamente com os(as) Senhores(as) _____, Ribeirão Preto, aos 22 dias do mês de julho de 2019.

Heros Ribeiro Ferreira

Marcelo Riberto

Enrico Fuini Puggina

Marcelo Papoti
Presidente da Comissão Julgadora

* Obs: Se o candidato for reprovado por algum dos membros, o preenchimento do parecer é obrigatório.

A defesa foi homologada pela Comissão de Pós-Graduação em _____ e, portanto, o(a) aluno(a) _____, jus ao título de Doutor em Ciências obtido no Programa Reabilitação e Desempenho Funcional - Área de concentração: Fisioterapia.

Presidente da Comissão de Pós-Graduação

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Loures, João Paulo

Monitoramento da performance de atletas de alto nível a partir de parâmetros fisiológicos/ Joao Paulo Loures; Orientador: Papoti, Marcelo. Ribeirão Preto, 2019;

153 p. il.,

Tese (Doutorado), apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP - Programa de Reabilitação e Desempenho Funcional, Área de concentração: fisioterapia

1. Performance. 2. Canoagem. 3. Variabilidade da frequência cardíaca. 4. Altitude.
5. Hipóxia.

A presente tese de doutorado e todos os estudos vinculados a este projeto de pesquisa tiveram o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo: 2016/1453-2 e processo de estágio no exterior: 2018/0071-2

FAPESP

DEDICATÓRIA

Aos meus pais que são meu porto seguro e nunca mediram esforços para estar ao meu lado e me ajudar. Aos meus irmãos, tia e avô que sempre me apoiaram.

Aos meus sogros pelo apoio e pelo incentivo sempre.

À minha esposa pelo amor, confiança, apoio e paciência para vivenciar tudo isso ao meu lado.

A Deus, pois, sem ele nada seria possível, por colocar verdadeiros anjos ao meu lado e por me carregar nas horas mais difíceis

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Marcelo Papoti pois é um dos responsáveis por chegar até esse momento, por sempre confiar no meu trabalho, pela paciência, pelos exemplos não somente profissionalmente, pelos conselhos e também por todos incentivos.

Ao meu amigo Heros Ribeiro Ferreira que foi meu chefe na Confederação Brasileira de Canoagem, pela confiança, incentivo e pela oportunidade de conciliar meu trabalho com pesquisa de doutorado.

A Confederação Brasileira de Canoagem e a toda a equipe de trabalhadores que me deram oportunidade de trabalhar, vivenciar, pesquisar e viver o esporte de alto nível.

Aos atletas da canoagem que participaram do estudo, os quais sempre estiveram dispostos e comprometidos com o trabalho.

Agradeço a FAPESP que tem acreditado no meu trabalho, me auxiliando financeiramente desde o mestrado, no estágio no exterior e no doutorado.

Sem mencionar nomes para não cometer injustiça com ninguém, aos amigos de laboratório que estão sempre trabalhando juntos para um objetivo maior, que se disponibilizam, doam o seu melhor (tempo) para nos ajudar e incentivar, os quais são parte fundamental para que os trabalhos sejam concluídos e para a saúde mental se manter saudável.

Agradeço ao professor Nikolai Baastrup Nordsborg, que me aceitou no estágio no exterior na Dinamarca e também a todas as pessoas que conheci lá e que de alguma forma me ajudaram. Todos foram importantes na construção e manutenção pensamento ao longo de quase um ano que morei lá.

Agradeço a minha família, sem o suporte de vocês com certeza não estaria vivendo este momento, obrigado por todas as conversas, por todos os conselhos, por toda confiança, pela doação de vocês, pelas orações, sem dúvida darei mais tempo e me dedicarei mais a vocês porque são o que realmente importa.

Agradeço minha esposa (Cristiane Gorte Starcke Loures) por estar ao meu lado, pela confiança, por ser minha companheira, apesar de sofrermos com a distância, obrigado por entender minha ausência em muitas situações, sem você ao meu lado, a vida não teria a mesma graça e nem o mesmo sabor. Você é parte ativa de todo e qualquer sucesso que penso ter alcançado nessa caminhada.

Agradeço a Deus, porque tudo que mencionei até agora, foi graças a ele, que deu oportunidade, que colocou pessoas abençoadas no meu caminho, que me deu sabedoria e capacidade para vivenciar tudo isso e condições de chegar até esse momento. Obrigado Deus por gostar especialmente de mim.

APRESENTAÇÃO

Recentemente nosso laboratório em busca de um novo formato de elaboração de tese propôs um modelo híbrido composto por um documento principal e outro auxiliar. Atualmente o modelo tradicional de elaboração de tese tem sido ausente nas apresentações, penso que isso deve-se ao fato que, normalmente a leitura torna-se maçante e informações relevantes acabam passando alheio, além disso, este modelo culmina em uma demasiada longitude entre a apresentação da tese e os artigos provenientes da mesma.

O modelo “escandinavo” tem sido o mais frequentemente utilizado nas teses atuais. Esse modelo pauta-se principalmente na objetividade, a partir de uma redução entre o período de entrega da tese e a preparação dos manuscritos. No entanto, esse esforço pela objetividade com apresentação de artigos, em muitos casos, resulta na ocultação de informações históricas que foram relevantes para o processo de formação de um doutor. Além disso, é necessário relembrar que a confecção de um resultado final (artigo) é necessária um conjunto de conhecimentos prévios que, por questões de espaço e em alguns casos de contexto não estão presentes no artigo, mas são fragmentos de uma história extremamente importantes e não devem ser negligenciados.

Devido a essas informações ainda buscamos aperfeiçoamentos do modelo híbrido de modo que a presente tese foi elaborada com a proposta de extrair as principais vantagens de cada modelo. O **documento principal** recorda ao modelo escandinavo na qual são apresentados, de modo mais objetivo os procedimentos metodológicos e os resultados ao longo das principais investigações realizados no período de doutorado. Este documento possui todas as informações necessárias para responder à pergunta central. Porém caso se interesse pela história e construção de conhecimento envolvido em cada episódio, o senhor (a) pode ainda explorar o

documento auxiliar onde descrevo detalhadamente cada informação e como foram os procedimentos para a construção do conhecimento, além de registros em forma de figura.

O documento principal é composto por 4 capítulos. O primeiro compreende uma breve introdução e os objetivos. No capítulo 2 apresento a avaliação durante o ciclo olímpico sobre parâmetros que podem influenciar ou detectar a alteração de performance em atletas de elite da canoagem slalom todos pertencentes a seleção brasileira de canoagem, ainda neste capítulo são apresentados três artigos os quais encontram-se em fase de submissão a revistas científicas. No capítulo 3 exponho a avaliação de atletas submetidos a estresse ambiental por meio da utilização de variáveis que podem influenciar ou detectar mudanças na performance. Finalmente as considerações sobre ambas as avaliações são apresentadas no capítulo 4.

A revisão de literatura que geralmente é utilizada no modelo tradicional de tese encontra-se no documento auxiliar. É importante frisar que o documento principal foi elaborado seguindo como base o modelo escandinavo, possibilitando que o documento auxiliar seja rejeitado. Entretanto, caso opte pela leitura das informações do documento auxiliar, o documento principal possui Hyperlinks que levarão ao assunto desejado, basta clicar sobre o link e ao final outro hiperlink que retorna ao ponto de pausa no documento principal. Desta forma, o documento auxiliar não necessita ser lido na íntegra e, embora a presente tese seja composta por 152 páginas, você pode optar em ler apenas as páginas do documento principal.

Finalmente, por entender que uma breve contextualização dos eventos em minha carreira acadêmica até este momento é de extrema importância para a compreensão desta tese e não caberia nem no documento principal e tampouco no documento auxiliar, optei por fazê-la nessa apresentação. Para elucidar com maior clareza apresento

uma breve linha do tempo a qual ilustra os principais fatos que marcaram minha vida acadêmica até o presente momento e consequentemente os focos de investigação (Figura 1).

Em 2007 foi ano de ingresso na universidade como acadêmico, no primeiro ano já participava do laboratório de avaliação física o qual tive oportunidade de aprender e aplicar testes aeróbios e anaeróbios, bem como outros, os quais tinham como desfecho investigar a performance. Em 2011 no mestrado investiguei a modalidade de natação com testes de nado atado e as alterações da performance durante diferentes períodos de avaliação. O ano de 2014 foi onde tive a oportunidade de iniciar um trabalho como fisiologista da seleção brasileira de canoagem, onde existe uma busca constante pela melhora da performance. Em 2015 ingressei no doutorado e tive o privilégio de conciliar meu trabalho com desenvolvimento de uma parte da minha tese de doutorado, que foi investigar a performance de atletas de alto nível durante um período de tempo. A aprovação de projeto regular no laboratório o qual estava inserido em 2017, o qual investigou hipóxia e capacidade anaeróbia e consequentemente acabou norteando a elaboração de futuros projetos a partir daquele momento, em 2018 consegui a aprovação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP para um período de estágio no exterior (Dinamarca) onde tive oportunidade de trabalhar com atletas de alto nível em diferentes ambientes (nível do mar x altitude - hipóxia) investigando as alterações da performance durante um ciclo de treinamento.

Durante toda a vida acadêmica a performance esteve presente de alguma maneira, ou norteando as tomadas de decisões como na época que desempenhava o papel como fisiologista ou estando presente na elaboração de projetos, dessa forma ela se faz presente na tese de doutorado.

Uma descrição com maiores informações das atividades realizadas no período de doutoramento pode ser encontrada no documento auxiliar ([Documento auxiliar I - atividades realizadas](#)).

Figura 1: Figura ilustrativa da linha do tempo contendo os eventos de maior relevância em minha vida acadêmica os quais foram determinantes para chegada a esse momento.

LOURES, J.P. Monitoramento da performance de atletas de alto nível a partir de parâmetros fisiológicos [tese]; Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, 2019. 153 f.

RESUMO

Duas avaliações de parâmetros utilizados para investigar as variações de performance ao longo de período de observação, sendo uma durante um ciclo olímpico e outra de atletas submetidos a estresse ambiental (altitude), na primeira observamos a modalidade de canoagem Slalom com o objetivo de identificar quais os efeitos do treinamento em atletas de elite canoagem, sobre as respostas fisiológicas, psicológicas e suas relações com o desempenho. Para isso, 23 atletas da seleção nacional de canoagem Slalom foram recrutados e foram confeccionados 3 trabalhos. O primeiro tem objetivo de verificar os efeitos de seis semanas de treinamento sobre a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e suas relações com o desempenho em prova simulada. Foram encontrados efeitos positivos da situação pré e pós treinamento em relação ao desempenho considerando ou não as penalidades durante prova simulada ($95,9 \pm 18,1$; $93,6 \pm 11,84$) $p=0,027$ e ($94,9 \pm 16,8$; $92,8 \pm 13,55$) $p=0,008$ respectivamente. No entanto não foram encontradas alterações nos parâmetros autonômicos, além de não haver relações com o desempenho. O segundo trabalho teve como objetivo de testar o *ten x 10s*, teste utilizado na prática e verificar as possíveis relações com o desempenho em prova simulada de canoagem Slalom. Os principais achados foram determinar a potência pico (PPico), média e índice de fadiga, além disso as correlações inversas significativas (PPico, PM, velocidade e frequência de remada) entre os parâmetros do teste com o desempenho, no entanto, quando as penalidades são consideradas na prova simulada essas correlações diminuem reforçando a necessidade de considerar a multidisciplinaridade da modalidade. O terceiro trabalho investigou parâmetros psicológicos (estado de humor) e suas possíveis relações com o desempenho nas

modalidades de canoa e caiaque. Os resultados demonstram que não houve diferença significativa entre as modalidades e que o vigor é o parâmetro que apresenta maiores valores, além de ser o único que mostrou relação significativa com o desempenho na modalidade canoagem. Com base nos resultados apresentados é possível concluir que o período de treinamento foi efetivo para melhorar o desempenho dos atletas investigados, que em um período de seis semanas de treinamento a VFC não sofreu alterações significativas, no entanto apresenta-se como uma ferramenta interessante de avaliação, além disso o teste *ten x 10s* utilizado na prática mostrou ser uma ferramenta de avaliação e também foi capaz de prever desempenho. Os resultados também reforçam a necessidade de maiores investigações na modalidade e também que o sucesso no desempenho é dependente de muitos fatores, como por exemplo fatores psicológicos.

Os atletas submetidos a estresse ambiental foram de nacionalidade dinamarquesa os quais foram submetidos a exposição a altitude além de suplementação de eritropoietina, os mesmos foram avaliados durante 24 semanas e teve como principal objetivo identificar possíveis alterações bioquímicas e de performance ao longo desse período. Os resultados apresentados estão em processo de análise juntamente com a Universidade de Copenhague, porém os resultados preliminares apresentados na presente tese demonstram que a altitude causou mudanças positivas no $\text{VO}_2\text{máx}$ assim como na PCO_2 . Embora outras variáveis não tenham sido modificadas significativamente, ainda é necessário analisar o efeito da eritropoietina humana recombinante (rHuEPO) em indivíduos suplementados e placebos. Em relação a performance observamos mudanças significativas na 30m e 5000m de corrida após o período de exposição a hipóxia, enquanto a performance nos 400m não foi alterada. É possível afirmar que a altitude associada ao treinamento influencia positivamente a performance de curta e longa distância.

Palavra chave: Desempenho, Canoagem, Altitude, treinamento, Variabilidade da frequência cardíaca.

LOURES, J.P. Monitoramento da performance de atletas de alto nível a partir de parâmetros fisiológicos. [Thesis]. Ribeirão Preto: University of São Paulo, Ribeirão Preto Medical School, 2019. 153 f.

ABSTRACT

Two perspectives of parameters used to investigate the variations of performance during the period of observation, being during Olympic cycle and another athletes submitted the Ambiental stress (altitude) , in the first we observed the modality of canoeing Slalom with the objective of identifying which effects of the training in elite athletes canoeing during cycle Olympic, on the physiological and psychological responses and their relations with performance. To this end, 23 athletes from the national Slalom kayak team were recruited and 3 workouts were made. The first investigated the effects of six weeks of training on heart rate variability (HRV) and its relationship to simulated test performance. Positive effects of the pre and post training situation were found in relation to the performance, considering or not the penalties during simulated test (95.9 ± 18.1 , 93.6 ± 11.84) $p = 0.027$ and ($94.9 \pm 16, 8$; 92.8 ; 13.55) $p = 0.008$, respectively. However, no changes were found in the autonomic parameters and there were no relations with the performance. The second studies had as objective to test the = *ten x 10s*, test used in practice and to verify the possible relations with the performance in simulated trial of Slalom canoeing. The main findings of this study were the possibility of determining the peak power (PP), mean and fatigue index, in addition the significant inverse correlations (PP, PM, velocity and routing frequency) between the test parameters with the performance, however when penalties are considered in the simulated test these correlations decrease, reinforcing the need to consider the multidisciplinary of the modality. The third studies investigated psychological parameters (state of mood) and their possible relations with performance in canoe and kayak modalities. The results showed no significant difference between the modalities and also that the vigor is the parameter that presents higher values and only that showed

a significant relation with the performance in the canoe. Based on the results presented, it is possible to conclude that the training period was effective in improving the performance, that during a six-week training session the HRV did not significant changes, however it is an interesting evaluation tool, ten x 10s used in practice presented an evaluation tool and also able to predict performance. The results also reinforce the need for further investigations in the modality and also that success in performance is dependent on many factors.

In the international perspective, we analyzed athletes from Denmark who underwent altitude exposure in addition to erythropoietin supplementation, who were evaluated for 24 weeks. The objective was to identify possible biochemical and performance changes during this period. The results presented are in the process of being analyzed together with the University of Copenhagen, but the preliminary results presented in this thesis show that altitude caused an increase in the maximum VO_2 as well as PO_2 and PCO_2 while the other variables did not observe significant differences, it is still necessary to analyze the effect of rHuEPO on supplemented individuals and placebos. Regarding performance, we observed significant changes at 30m and 5000m after the period of exposure to hypoxia, while the performance at 400m was not altered. It is possible to affirm that the altitude influences in the performance of short and long distance.

Key words: Performance, Canoeing, Altitude, Training, Heart rate variability.

LISTA DE ABREVIATURAS

[La] - Concentrações de Lactato Sanguíneo

7-ST - 7x4min Incremental Step Test

AP - Area sob as Potências

BD – Tempo de esforço da melhor descida considerando as penalidades

BEPE - Bolsa de estágio de pesquisa no exterior

Brums – Escala de humor de Brunel

C1 - Canoa individual

C2 - Canoa de dupla

Ca⁺⁺ - Cálcio

CAR - Centro de alto rendimento

CO - Monóxido de carbono

COHb - Carboxihemoglobina

DeT - Demanda Energética Teórica

DV - Delta de variação

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FC - Frequência Cardíaca

Freq de remada – frequência de remada

GECIFEX - Grupo de Estudos em Ciências Fisiológicas e Exercício

Hb - Hemoglobina

Hct - Hematócrito

HF - Componente de alta frequência

HFnu - A alta frequência normalizada para suavizar o possível ruído causado por artefatos sendo apresentados em%

ICF - Internacional confederação de canoa

IF - Índice de fadiga

K₊ - Potássio

K1 - Caiaque individual

Lac – Concentration of lactate

LF - Componente de baixa frequência

LF/HF – Relação entre componente de baixa e alta frequência

LFnu - A baixa frequência normalizada para suavizar o possível ruído causado por artefatos sendo apresentados em%

MAOD - Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado

MFEL - Máxima fase estável de lactato

Na₊ - Sódio

pCO₂ – Pressão parcial de gás carbônico

pH - Potencial Hidrogeniônico

PMed - Potência Média

PMT - Potência Média Total

PNN50 - Porcentagem de NN50 em relação à quantidade total de intervalos R-R

pO₂ – Pressão parcial de oxigênio

POMS - Profile of Mood States

PPico - Potência Pico

PSE - Percepção Subjetiva do Esforço

R-R - Intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos

rHuEPO - Eritropoietina humana recombinante

RMSSD - Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo

SNA - Sistema nervoso autônomo

TE – Tempo de esforço

UI – Unidades internacionais

USP - Universidade de São Paulo

Veloc - Velocidade

VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	24
CAPÍTULO 2	29
AVALIAÇÃO DURANTE O CICLO OLÍMPICO	29
Materiais e métodos	30
Testes realizados para alcançar os objetivos propostos	31
Formas de análise dos resultados – Formato de artigo	35
1º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO	36
Resumo	36
Introdução	37
Participantes	38
Desenho experimental	39
Programa de treinamento	39
Determinação de variáveis autonômicas	41
Desempenho em prova simulada de canoagem	43
Análise do lactato sanguíneo	44
Análises estatísticas	44
Resultados	45
Discussão	52
Referencias	53
2º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO	59
Resumo	59
Introdução	60
Participantes	61
Procedimentos experimentais	62
Análise estatística	64
Resultados	65
Discussão	67
Referências	69
3º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO	74

Resumo.....	74
Introdução.....	75
Participantes	76
Desenho experimental	77
Estática.....	72
Resultados.....	79
Discussão.....	81
Referências	83
CAPÍTULO 3.....	86
AVALIAÇÃO DE ATLETAS SUBMETIDOS A ESTRESSE AMBIENTAL	
(ALTITUDE).....	86
Objetivos.....	87
Materiais e métodos.....	87
Crterios de incluso e exclusão	87
Plano de trabalho e delineamento experimental.....	88
Estatística	95
Resultados em análise.....	96
CAPÍTULO 4.....	114
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
DOCUMENTO AUXILIAR I - ATIVIDADES REALIZADAS.....	126
DOCUMENTO AUXILIAR II - REVISÃO DE LITERATURA	129
Canoagem.....	129
Aeróbio e anaeróbio	131
Parâmetros psicológicos	133
Variabilidade da frequência cardíaca	135
DOCUMENTO AUXILIAR III – JUSTIFICATIVA	136
DOCUMENTO AUXILIAR IV – FIGURAS DO CICLO OLÍMPICO	139
DOCUMENTO AUXILIAR V – JUSTIFICATIVA DE ATLETAS SUBMETIDOS	
A ESTRESSE AMBIENTAL (ALTITUDE).....	142
DOCUMENTO AUXILIAR VI – REGISTROS DO PERIODO EXPERIMENTAL	
.....	143
DOCUMENTO AUXILIAR VII – RISCOS E DESVANTAGENS.....	152
Administração de rHuEPO	152
Performance.....	153
Massa da hemoglobina	153
Segurança e aprovação dos procedimentos utilizados	153
Inscrição dos participantes	154
Declaração ética da ciência.....	154

Informações sobre regimes de indenização.....	155
--	------------

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A performance ou desempenho no dicionário Novo Aurélio nos traz a informação que é a execução de uma tarefa realizada com competência e eficiência (1), no entanto a performance é um processo bastante complexo, influenciado por diferentes variáveis (2). Ainda neste sentido, na maior parte dos esportes a performance é determinada por características táticas, técnicas, fisiológicas e psicológicas e sociais (3), reiterando a complexidade da mesma. Desta forma está vinculada a diferentes formas de investigação, independentemente dos parâmetros utilizados por pesquisadores, professores ou profissionais do esporte, a busca pela evolução e a análise da performance é sempre um propósito a ser atingido.

Segundo Bangsbo (3) as diligências esportivas estão profundamente vinculadas a capacidade física do atleta, as quais podem ser divididas em categorias: capacidade de realizar exercícios por longa duração; capacidade de exercitar-se em alta intensidade por longos períodos; capacidade de correr; capacidade de desenvolver alta potência em uma única ação, reiterando que nem todas as capacidades são pertinentes em todos os esportes como por exemplo parâmetros de resistência a um corredor de velocidade.

Assim a periodização do treinamento é um procedimento frequentemente utilizado, basicamente por possibilitar potencialização da performance, reduzir os riscos de lesão e de supertreinamento (4, 5). Dentre os métodos de quantificação das cargas, aptidões e fadiga, referentes ao treinamento, podem ser utilizadas informações com base nas respostas de alguns parâmetros fisiológicos como frequência cardíaca (FC), concentrações sanguíneas de lactato ([La]), percepção subjetiva do esforço (6), marcadores de dano muscular e questionários psicológicos realizados antes e após os exercícios (7-9). Além disso, fatores psicológicos como ansiedade, estado de humor e autoconfiança possuem relação direta com performance

de atletas. Segundo Samulski (5), a incapacidade de lidar com situações esportivas, principalmente em situações de pré-competição, pode gerar reações psicológicas que levarão o atleta ao fracasso.

Estudos já evidenciaram relações entre distúrbios no estado de humor de atletas com a queda na performance (8), mudanças biológicas (10) e reduções no glicogênio muscular (11), além disso tem sido mostrada a relação com alterações autonômicas (12, 13) (i.e variabilidade da frequência cardíaca).

A performance do atleta pode sofrer modificações quando o ambiente de treinamento é alterado, como por exemplo na altitude, expondo o atleta a situação de hipóxia, com baixas frações de oxigênio durante e no período de recuperação dos treinamentos (14), além disso diversos parâmetros fisiológicos e bioquímicos são alterados (15, 16). No entanto quando comparado estudos que investigam os efeitos do treinamento (performance) na altitude e no nível do mar aparecem resultados contraditórios (17), apresentando (18) ou não (19, 20) melhoras.

A partir das informações expostas acima, as quais demonstram que a performance é um processo complexo, podendo ser investigado por diferentes maneiras, utilizamos duas abordagens para verificar as alterações da performance a partir de parâmetros fisiológicos, a primeira, foi o monitoramento dos efeitos de um período dentro do ciclo olímpico em atletas de canoagem que teve os objetivos de analisar parâmetros como variabilidade da frequência cardíaca, parâmetros anaeróbios e as possíveis relações dessas variáveis com a performance em atletas de alto nível da seleção brasileira de canoagem slalom. A segunda abordagem envolveu as variações da performance após a exposição de estresse ambiental (altitude). Essa abordagem teve o objetivo de investigar atletas de alto nível da Dinamarca, os quais foram submetidos a diferentes ambientes (nível do mar/ altitude), analisar parâmetros fisiológicos, como consumo máximo de oxigênio, bem como de parâmetros bioquímicos sobre a

suplementação de eritropoietina, além disso verificar as possíveis relações com a performance e como ela pode ser alterada ao longo de um período de investigação. A partir do exposto anteriormente pode-se elaborar a seguinte pergunta central:

Dentre parâmetros anaeróbios, VFC, performance, estresse ambiental, suplementação quais podem ser utilizados como indicadores de variações da performance em atletas de alto nível submetidos a um ciclo olímpico e a estresse ambiental (altitude)?

CAPÍTULO 2

**AVALIAÇÃO DURANTE
UM PERÍODO DENTRO
DO CICLO OLÍMPICO**

Este capítulo tem o objetivo de demonstrar como são investigados, parâmetros durante um ciclo olímpico, os quais estão relacionadas as mudanças de performance ao longo de um período de observação ([Documento auxiliar II – revisão de literatura](#)). Todos os procedimentos demonstrados a partir deste capítulo foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (CAE: 61569116.5.0000.5659).

Neste capítulo nos remetemos a pergunta central do nosso estudo, foi avaliada a performance de atletas de elite da canoagem slalom da seleção brasileira, sobre parâmetros fisiológicos, autonômicos e psicológicos durante um ciclo olímpico, uma justificativa desta investigação ([Documento auxiliar III – Justificativa](#)).

Objetivos específicos

- ✓ – Determinar as respostas autonômicas, antes e após um período de treinamento de atletas de canoagem de nível olímpico.
- ✓ – Mensuração de parâmetros como PPico, PMed e IF.
- ✓ – Verificar as correlações do estado do humor com variáveis autonômicas e com o desempenho em prova simulada.

Materiais e métodos

Plano de trabalho e delineamento experimental

Todas as avaliações foram realizadas em ano olímpico. O período total de avaliação compreendeu seis semanas. Os atletas foram avaliados durante dois dias antes e após seis semanas de treinamento. No primeiro dia, os atletas realizaram avaliação para determinar os parâmetros autonômicos, por meio da VFC, e responderam ao questionário sobre perfil do humor. Após isso foram realizadas medidas para estimativa dos dados antropométricos, e a

realização do teste *ten x 10s*. No segundo dia, os participantes foram submetidos a uma prova simulada para determinação do desempenho. Durante as seis semanas seguintes, as sessões de treinamento foram monitoradas diariamente, ao final do período de treinamento todas as avaliações foram idênticas às realizadas no início ([Documento auxiliar IV - Figura 1](#)).

A partir dos dados coletados foi possível a confecção de três trabalhos científicos além dos possíveis desdobramentos. Os trabalhos científicos foram elaborados com base na pergunta central da tese, partindo da premissa que a modalidade de canoagem Slalom carece de estudos científicos em diferentes áreas que podem influenciar o desempenho esportivo.

Testes realizados para alcançar os objetivos propostos

Determinação das variáveis autonômicas

Durante vinte minutos, antes de qualquer atividade do dia, a variabilidade da frequência cardíaca foi analisada por aquisição de batimento a batimento ([Documento auxiliar IV- figura 2](#)), para determinação dos intervalos RR, todos os atletas foram avaliados no ambiente de treinamento, as condições do ambiente era claro, temperatura aproximadamente 27°C, umidade de 40%. A resposta da FC foi submetida a uma filtragem digital, foram utilizados somente 10 min para análise, sendo descartados 5min iniciais e finais, realizada pelo software do próprio dispositivo (Polar Precision Performance, versão 3.0) que é capaz de identificar e corrigir alguns batimentos ectópicos (irregularidades no ritmo cardíaco), envolvendo extra-sístole e consecutiva pausa compensatória (21).

Apenas sessões com mais de 95% de batimentos sinusais foram incluídas no estudo (22). Treze períodos, com cerca de 300 batimentos foram incluídos para a segunda etapa de filtragem, caracterizada pela inspeção visual dos intervalos RR e intervalos anormais que

foram eliminados. Por fim, os batimentos excedentes ao número mínimo de 256, como preconizado pelo Task Force (22) também foram eliminados do final do trecho selecionado.

A análise da variabilidade da frequência cardíaca foi realizada por métodos lineares, analisados nos domínios do tempo (SDNN e RMSSD) e da frequência (LF, HF e relação LF/HF). Por meio da análise no domínio do tempo, que utiliza métodos estatísticos para os valores serem obtidos, os índices considerados foram:

RMSSD (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms), parâmetro ligado à atividade parassimpática.

O SDNN, que reflete à participação de ambos os ramos do Sistema Nervoso Autônomo (SNA), representa o desvio-padrão da média de todos os intervalos RR normais, expresso em ms (22, 23).

A VFC sofre alterações em componentes oscilatórios fundamentais no domínio da frequência, onde foram analisados os componentes de baixa frequência (LF-0,04 a 0,15 Hz, ao qual está ligada a ação conjunta dos componentes vagal e simpático com predomínio do simpático sobre o coração, componentes de alta frequência (HF – 0,15 a 0,4 Hz), o qual é um indicador da atuação do nervo vago sobre o coração, além disso, a relação LF/HF que é caracterizada pelo balanço simpatovagal sobre o coração. A análise espectral foi calculada usando o algoritmo da Transformada Rápida de Fourier (22, 24).

Escala de humor de Brunel (Brums)

O Brums foi realizado no primeiro dia de avaliação, no período da manhã. Foi utilizada uma versão reduzida e adaptada para o idioma português (25, 26) que possui 24 questões com uma escala de cinco pontos, sendo 0 “nada” e 4 “extremamente”. Foram avaliados seis estados de humor, sendo: tensão, depressão, raiva, fadiga, confusão e vigor. A análise

consistiu na soma dos estados negativos (tensão, depressão, raiva, fadiga e confusão) e a subtração do estado positivo (vigor). Os atletas foram orientados a responder ao questionário considerando a última semana de treinamento (27).

Teste *ten x 10s*

Para determinar a potência pico (28), potência média (29) e índice de fadiga (30), por meio do teste *ten x 10s*, os atletas inicialmente realizaram aquecimento articular livre, com duração de cinco minutos, seguido por aquecimento no ergômetro específico para canoagem (Dansprint®, Dansprint ApS, Denmark), com duração de 2min a intensidade de 40W. No ergômetro, foi acoplada uma carenagem de barco, simulando a situação que o atleta encontra para remar na água ([Documento auxiliar IV - Figura 3](#)). Posteriormente, realizaram dez esforços máximos de 10s com intervalo passivo de dez segundos entre cada esforço.

Após os esforços, foi possível determinar a PMed, Potência Média Total (PMT), Potência Pico (28), Área sob as Potências (AP) e IF. A PMed foi a média da potência durante os três últimos esforços, PMT a soma de todas médias, PPico foi o maior valor alcançado de potência durante os esforços máximos, AP foi a área sob as potências e o IF foi a porcentagem da PPico referente à PMed.

Desempenho em prova simulada de canoagem Slalom

Para determinar o desempenho dos atletas, foi realizada uma prova simulada em pista artificial (local de treinamento diário), a qual foi projetada pela equipe técnica da canoagem. Em ambas as avaliações, a projeção da pista ([Documento auxiliar IV- Figura 4](#)) foi exatamente a mesma (tamanho da pista, número de portas a serem transpassadas e volume de água), uma foto real da pista ([Documento auxiliar IV– Figura 5](#))

O objetivo era completar o percurso no menor tempo possível, tendo o menor número de penalidades as quais foram: ao passar no sentido correto e tocar em uma ou em ambas as balizas das “portas”, caso isso ocorresse eram adicionados 2 segundos ao tempo final da prova e 50 segundos eram adicionados ao tempo final da prova, caso o atleta fizesse a passagem incorreta pela “porta” com ou sem toque em uma ou em ambas as balizas. Os atletas realizaram duas descidas, sendo determinado como desempenho o melhor tempo das duas descidas.

Imediatamente após o término dos esforços, foram realizadas coletas sanguíneas do lóbulo da orelha para mensuração do lactato sanguíneo. Previamente às coletas sanguíneas, o pesquisador responsável pelo projeto de pesquisa realizou assepsia com álcool 70%, a punção manual do lóbulo da orelha foi realizada com lanceta picadora (Wiltex) de aço inox, esterilizada com Raio Gamma de uso único. Durante os procedimentos de assepsia, punção manual e coleta das amostras sanguíneas, luvas para procedimento em látex (Lemgruber) foram utilizadas. Durante as coletas, 25µl de sangue foram retirados do lóbulo da orelha em tubos capilares, previamente calibrados e heparinizados. As amostras foram imediatamente analisadas no lactímetro portátil Accutrend®Plus. Após a determinação das concentrações sanguíneas de lactato, as lancetas picadoras e todo o material utilizado durante as coletas foram descartados em coletor de perfuro cortante (Descarpak® – 7 litros), para posterior depósito em lixo biológico.

Monitoramento do treinamento

O monitoramento do treinamento era realizado por meio do registro diário de treinamento, os dados com relação à intensidade, volume e atividade realizada (na água, ou na academia) foram fornecidos pelo técnico da equipe, os avaliadores não tiveram nenhuma influência sobre as formas de registro do treinamento.

Formas de análise dos resultados – Formato de artigo

A partir da avaliação durante o ciclo olímpico, foram confeccionados três artigos, os quais são apresentados a seguir como forma de resultado, o primeiro artigo, respondendo a um dos objetivos específicos é intitulado “[Efeito de seis semanas de treinamento de canoístas na variabilidade da frequência cardíaca e teste simulado de desempenho](#)” onde foi analisada a variabilidade da frequência cardíaca ao longo de um período de treinamento (seis semanas) e as relações com a performance.

O segundo artigo também referindo-se a um dos objetivos específicos, mensurando parâmetros anaeróbios a partir de um teste utilizado na prática e verificando suas relações com performance é titulado como “[Utilização do teste *ten vs 10s* para determinar parâmetros anaeróbios na canoagem Slalom e as possíveis relações com desempenho](#)”

O terceiro e último artigo da avaliação do ciclo olímpico, seguindo a estratégia de responder um dos objetivos específicos é intitulado “[Avaliação de parâmetros psicológicos e suas relações com a performance em atletas de elite da canoagem slalom](#)” em que foi verificado o estado do humor de atletas de canoa e caiaque slalom e suas possíveis correlações com o desempenho.

1º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO

Efeito de seis semanas de treinamento de canoístas na variabilidade da frequência cardíaca e desempenho simulado do teste

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar seis semanas de treinamento canoagem slalom de alto nível e as possíveis relações dos parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) com o desempenho em teste de desempenho. Um total de 18 canoístas de elite ($21,6 \pm 2,9$ anos, $68,3 \pm 8,6$ kg, $1,7 \pm 0,1$ m, $9,9 \pm 4,0\%$ de gordura) foram treinados sistematicamente (~ 6 h/dia) e participaram de competições nacionais e internacionais há pelo menos três anos, todos os integrantes eram da equipe permanente do Brasil Slalom canoa, 72% dos atletas participaram do campeonato mundial de canoagem slalom, eles realizaram todas as avaliações e treinamento no ambiente de treinamento diário dos atletas. Os atletas foram avaliados por dois dias antes e após seis semanas de treinamento. No 1º dia, os atletas realizaram uma avaliação para determinar os parâmetros autonômicos, utilizando a VFC, e o intervalo R-R foi capturado durante 20min com os atletas em repouso na posição supina. A VFC foi analisada no domínio tempo e frequência. Posteriormente, foram feitas medições para estimar os dados antropométricos. No 2º dia, foram submetidos a um teste simulado no ambiente de treinamento diário para determinar o desempenho, duas descidas foram realizadas, e foi possível determinar o tempo de esforço e melhor descida (ou seja, considerar penalidades). Durante as próximas seis semanas, as sessões de treinamento foram monitoradas diariamente, no final do período de treinamento, todas as avaliações foram as mesmas que no início. Os resultados mostraram que o treinamento melhorou o desempenho, mas não alterou significativamente a VFC após seis semanas de treinamento. Na situação de

pré-treinamento, observou-se correlação entre os parâmetros da VFC e o desempenho, porém, na situação pós-treinamento, isso não foi observado. Esses achados mostraram que o período de treinamento foi efetivo na melhora do desempenho, embora a VFC não demonstrasse sensibilidade na verificação de alterações após seis semanas de treinamento em atletas de elite da canoagem slalom.

Introdução

A canoagem slalom é um esporte olímpico, onde o atleta desce em rios, ou em encostas artificiais (250 a 400m), tendo que superar obstáculos como pedras e desníveis, passando por "portas", que pode ser a favor (verde e branco) ou contra o fluxo do rio (vermelho e branco). O objetivo é completar a prova no menor tempo possível, com o menor número de penalidades, exigindo demanda de energia específica para os esforços (por exemplo, esforços de alta intensidade) (1-3), assim, o monitoramento dos sistemas biológicos para controlar a prescrição de treinamento é fundamental.

A regulação do sistema nervoso autonômico parece ser sensível a diferentes estímulos de treinamento (4) assim, a verificação da ativação e/ou inibição do sistema nervoso simpático e parassimpático é uma ferramenta interessante na identificação do respostas resultantes de diferentes estímulos de treinamento. Recentemente, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) ganhou destaque nas ciências esportivas como uma ferramenta para monitorar o treinamento para prescrever a carga diária de treinamento (5,6). Além disso, é utilizado para avaliar a adaptação e fadiga ao realizar o treinamento (7). A VFC é uma ferramenta não invasiva e fácil de usar, demonstrando respostas autonômicas.

Evidências científicas demonstram que o tônus vagal cardíaco aumenta após um período de treinamento aeróbio (8,9), levando a uma predominância parassimpática, ligada a isso a alterações morfológicas cardíacas causadas pelo treinamento. Foi encontrado em outra modalidade (por exemplo, natação) que as respostas autonômicas determinadas através da

VFC estão relacionadas com o desempenho (5,10-15), mas nenhuma informação foi encontrada em estudos com este objetivo na modalidade de canoagem slalom.

Apenas um único estudo analisando respostas autonômicas na canoagem de slalom Messias et al. (16), investigou respostas de VFC sobre o efeito do treinamento de sete semanas em atletas de canoagem, apontando para a predominância parassimpática na modulação da frequência cardíaca, sem alterações significativas durante este período, mas apenas avaliaram parâmetros relacionados à atividade parassimpática (RMSSD e PNN50), além de que o número de participantes foi pequeno e não investigou possíveis relações com o desempenho. No entanto, Schäfer et al. (17) concluíram que, independentemente do período de treinamento, a VFC é uma ferramenta útil para monitorar o treinamento de atletas altamente treinados. Assim, o presente estudo tem como hipótese que a VFC pode ser uma ferramenta útil para verificar mudanças após um período de treinamento em atletas de alto nível da modalidade de canoagem slalom e apresentar correlações com o desempenho. O objetivo do presente estudo é investigar seis semanas de treinamento de atletas de alto nível de canoagem slalom e as possíveis relações de VFC com desempenho em atletas de canoagem de alto nível.

Métodos

Participantes

18 canoístas de elites ($21,6 \pm 2,9$ anos; $68,3 \pm 8,6$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $9,9 \pm 4,0\%$ de gordura) que treinam sistematicamente (~ 6 h/dia) e realizaram competições nacionais e internacionais por pelo menos três anos, todos os integrantes da equipe permanente do canoagem slalom brasileiro equipe, 72% dos atletas participaram do Campeonato Mundial de canoagem slalom, realizaram todas as avaliações e treinamentos no ambiente de treinamento

diário dos atletas. As avaliações tiveram uma duração total de seis semanas (ou seja, quatro semanas de período específico e duas de pré-competitivas). Os participantes foram informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordância, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi conduzido observando as recomendações da declaração de Helsinki e antes do início das coletas, todos os procedimentos utilizados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de ética em pesquisa, vinculado à plataforma Brasil (CAAE n ° 61569116.5.0000.5659).

Desenho experimental

Todas as avaliações foram realizadas no ano olímpico em um período específico e pré-competitivo. O período total de avaliação compreendeu seis semanas. Os atletas foram avaliados por dois dias antes e após seis semanas de treinamento. No primeiro dia, os atletas realizaram uma avaliação para determinar os parâmetros autonômicos, através da VFC. Posteriormente, foram feitas medições para estimar os dados antropométricos. No segundo dia, os participantes foram submetidos ao teste de prova simulada de canoagem determinação do desempenho. Durante as próximas seis semanas, as sessões de treinamento foram monitoradas diariamente, no final do período de treinamento todas as avaliações foram as mesmas que no início

Programa de treinamento

Um dos objetivos era não foi influenciar o treinamento de modo que o programa de treinamento durante as seis semanas não tivesse qualquer participação ou intervenção dos pesquisadores, todo o planejamento e descrição do mesmo foi fornecido aos pesquisadores após o treinamento. A avaliação foi realizada em um período de treinamento específico (4

semanas) e período pré-competitivo (2 semanas), o treinamento foi realizado em dois períodos do dia (± 6 horas), seis dias por semana. Quanto ao período de treinamento em que os atletas foram, a maior parte do treinamento foi realizado na água, sendo dividido em técnicas de treinamento, aeróbio, velocidade, regenerativa (i.e. correr, pedalar ou remar no ergômetro), água parada e descidas de livre intensidade. Além disso, houve um período de trabalho psicológico e fisioterapêutico (Figura 1). Durante as seis semanas, foram realizadas 36 sessões de treinamento para o desenvolvimento técnico, 8 sessões de desenvolvimento aeróbio, 50 para velocidade, 6 para treinamento regenerativo e psicológico. Além disso, foram realizadas 9 sessões livres (por exemplo, corrida em esteira, remo ergométrico específico, flexões, Burpee e abdominais).

Tabela 1. Número de sessões de treinamento realizado ao longo de seis semanas. O treinamento foi dividido em 4 semanas de treinamento específico e duas semanas de pré competitivo.

	Específico	Específico	Pré competitivo
Técnica	12	12	12
Potência aeróbia	14	12	6
Potência anaeróbia	4	2	2
Velocidade	4	2	12
Regenerativo	2	2	2
Livre	2	2	2
Complementares	0	0	3
Psicólogo	2	2	2

Determinação de variáveis autonômicas

Anteriormente as avaliações os atletas foram instruídos a manter a nutrição normal e hidratação, evitar a atividade física extenuante, bebidas alcoólicas ou estimulantes, bem como suplementos alimentares.

Vinte minutos, antes de qualquer atividade do dia, a variabilidade da frequência cardíaca foi analisada batimento-a-batimento, para determinar os intervalos R-R realizados pelo sistema de aquisição. (Polar Team System, Polar Electro OY, Kempele, Finlândia). A resposta de frequência cardíaca (FC) foi submetida a uma filtragem digital, realizada pelo software do próprio dispositivo (Polar Precision Performance, version 3.0) foi capaz de

identificar e corrigir algumas batidas ectópicas (irregularidades do ritmo cardíaco), envolvendo extra-sístole e pausa compensatória consecutiva.

Foram incluídas no estudo apenas sessões com mais de 95% de batimentos sinusais (18). Treze períodos, com cerca de 300 batimentos, foram incluídos para o segundo estágio de filtração, caracterizado pela inspeção visual dos intervalos R-R e intervalos anormais que foram eliminados. Finalmente, as batidas que excedem o número mínimo de 256, conforme recomendado pela Task Force (19), também foram excluídas do final da seção selecionada.

A análise da variabilidade da frequência cardíaca foi realizada por métodos lineares, analisados no domínio temporal (SDNN e RMSSD) e frequência (LF, IC e relação LF/HF). Através da análise no domínio temporal, que utiliza métodos estatísticos para os valores a serem obtidos, os índices considerados foram:

RMSSD (raiz quadrada da média quadrada das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em MS), parâmetro vinculado à atividade parassimpática (20).

O SDNN, que reflete a participação de ambos os ramos do sistema nervoso autônomo (82), representa o desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais, expressos em MS (19, 21).

A VFC passa por transformações em componentes oscilatórios fundamentais no domínio da frequência, onde foram analisados os componentes de baixa frequência (LF-0,4 a 0,15 Hz), representando a ação dos componentes vagal e simpático com predominância do simpático no coração (HF-0,15 a 0,4 Hz), representando um indicador do nervo vago agindo no coração, além disso, a relação LF/HF que é caracterizada pelo equilíbrio simpatovagal sobre o coração. A LF e a IC são normalizadas para suavizar o possível ruído causado por artefatos sendo apresentados em LFnu (%) e HFnu (%). A análise espectral foi calculada utilizando-se a transformada rápida de Fourier (19, 22).

Desempenho em prova simulada de canoagem

Para determinar o desempenho dos atletas, realizou-se no ambiente de treinamento diário e onde realizaram competições nacionais e internacionais) (Itaipu, PR, Brasil), que foi projetada pela equipe técnica da canoagem. Em ambas as avaliações, a projeção da pista foi exatamente a mesma (mesmo tamanho, número de portas a serem perfuradas e volume de água).

Os atletas realizaram um aquecimento prévio que consistia em fazer alongamento articular e remando em baixa intensidade determinada pelo próprio canoísta por aproximadamente 10 minutos em um lago. Depois na prova simulada o objetivo era completar o curso no menor tempo possível, tendo o menor número de penalidades que foram: ao passar na direção correta e tocando um ou ambos do caso "porta" se isso ocorreu 2 segundos foram adicionados ao tempo final e 50 segundos foram adicionados à hora de término da prova, no caso de o atleta fez a passagem errada através da "porta" ou se deixou de passar por alguma porta. O curso do rio a ser negociado consistiu em 24 portas (isto é. 18 no sentido 6 de contra à corrente). Cada canoísta usou seu próprio equipamento de treinamento diário (ou seja, barcos, pás de remo ou remo único e roupas) e todos estavam de acordo com os regulamentos da Confederação Internacional de canoa (ICF) (ou seja, modelo, peso, largura e massa). Os atletas fizeram duas descidas, sendo determinado como desempenho o melhor tempo das duas descidas com e sem penalidades que foram contados pela equipe técnica ao longo do curso da raça:

Tempo de esforço (TE) = tempo de esforço referente à melhor descida sem considerar as penalidades.

Melhor descida (BD) = tempo de esforço do melhor de duas descidas tendo em conta as penalidades.

Análise do lactato sanguíneo

Antes (em repouso) e imediatamente após o término dos esforços (± 60 s), coletas sanguíneas dos lóbulos foram realizadas para medir as concentrações de lactato sanguíneo [Lac]. 25 μ l foram coletados em tubos capilares, previamente calibrados e heparinizados aproximadamente um minuto após o término do esforço (ou seja, tempo necessário até que o atleta chegasse à beira do rio com o barco). As amostras foram analisadas imediatamente no lactímetro portátil Accutrend® Plus.

Análises estatísticas

A análise estatística dos resultados foi obtida por meio do software estatístico versão 17,0 (SPSS Inc, Chicago, IL, EUA). Os resultados são apresentados em mediana $\pm$ intervalo interquartil. Para todas as análises, o nível de significância foi de $p < 0,05$. A normalidade dos dados foi confirmada com o Shapiro-Wilk. As variáveis que não apresentaram normalidade foram transformadas para Log10 e raiz. As possíveis diferenças entre as situações antes e após seis semanas de treinamento foram testadas pelo teste t de Student para amostras dependentes. Os efeitos das seis semanas de treinamento foram analisados com base no tamanho do efeito de magnitude (ES), que foram classificados como negligenciáveis ($< 0,2$), pequenos (0,21-0,5), moderados (0,51-0,8) e grandes ($> 0,81$). Além disso, as alterações foram graduadas qualitativamente, dependendo das chances de o treinamento induzir efeitos positivos, triviais, negativos ou incertos (ou seja, quando os efeitos positivos e negativos foram $> 5\%$). As inferências baseadas na magnitude foram realizadas de acordo com os procedimentos propostos por Hopkins e Marshall (23). As possíveis correlações entre o Delta dos parâmetros VFC e o Delta de desempenho foram observadas por meio do teste de correlação de Spearman.

Resultados

A tabela 1 apresenta os parâmetros da VFC no pré e pós-treinamento. Não foram observadas alterações nos parâmetros autonômicos após seis semanas de treinamento de canoagem slalom. No entanto, [Lac] foi significativamente diferente ($8,9 \pm 3,5$ mM, $12,3 \pm 3,8$ mM $p = 0, 1$) antes e após o treinamento, respectivamente. Em relação ao desempenho, observaram-se diferenças significativas no TE ($94,9 \pm 16,8$ s, $92,8 \pm 13,55$ s, $p = 0, 8$), BD ($95,9 \pm 18,1$ s, $93,6 \pm 11,84$ s $p = 0, 27$) (Figura 2).

A tabela 2 apresenta as correlações obtidas entre as variáveis da variabilidade da frequência cardíaca com o tempo de esforço, melhor descida e lactato, foram observadas apenas correlação na situação pré-treinamento.

Pequenas alterações após o treinamento para as variáveis autonômicas foram observadas e não foi possível fazer inferência em relação à HF. Apenas o SDNN apresentou alteração moderada, possivelmente negativa. Também foram observadas alterações no desempenho e [Lac] sendo estas possivelmente negativas e positivas, respectivamente. Os valores absolutos de ES e inferências qualitativas (Figura 3).

Correlações significativas foram encontradas entre os parâmetros da VFC e o desempenho apenas na situação de pré-treinamento. O parâmetro correlacionado com a atividade parassimpática (i.e. HFnu) mostrou uma correlação negativa com o desempenho (isto é, TE e BD), indicando que para melhor desempenho está correlacionado com maior HFnu. Em contrapartida, o LFnu mostrou correlação com o desempenho, indicando que quanto maior o desempenho do LFnu e de forma semelhante, o LFHF apresentou correlações com TE e BD.

Tabela 1. Mediana $\pm$ (intervalo interquartil) dos parâmetros determinados pela variabilidade da frequência cardíaca antes e após o treinamento de seis semanas (pré e pós), respectivamente.

	Pre	Pos	p-value
SDNN (39)	98.9 $\pm$ 61.5	87.2 $\pm$ 26.3	0.06
RMSSD (39)	55.7 $\pm$ 33.6	52.3 $\pm$ 32.3	0.31
LF (Hz)	2441.0 $\pm$ 1820.8	1889.0 $\pm$ 1060.3	0.15
HF (Hz)	5164.5 $\pm$ 5372.3	4534.0 $\pm$ 5737.8	0.64
LFnu (%)	37.0 $\pm$ 32.7	34.1 $\pm$ 24.7	0.32
HFnu (%)	62.7 $\pm$ 32.7	65.5 $\pm$ 24.85	0.32
LFHF (%)	0.6 $\pm$ 1.0	0.5 $\pm$ 0.6	0.29

RMSSD: intervalos RR normais em um determinado intervalo de tempo em milissegundos, e o SDNN representa o desvio padrão de intervalos RR normais a normais em milissegundos; SDNN: desvio padrão de intervalos RR normais a normais em milissegundos; LF: componente de baixa frequência; HF: componente de alta frequência; LFHF: relação entre componente de baixa frequência de alta frequência.

Tabela 2. Correlação de Spearman (r) obtida entre as variáveis de variabilidade da frequência cardíaca com tempo de exercício (TE) e melhores concentrações de inclinação e lactato.

	Pre			Pos			DV		
	TE (s)	BD (s)	Lac (13)	TE (s)	BD (s)	Lac (13)	TE (s)	BD (s)	Lac (13)
SDNN (39)	0.02	0.06	-0.24	0.10	-0.30	0.40	-0.004	0.15	0.04
RMSSD (39)	-0.08	-0.08	-0.22	0.24	0.25	-0.39	-0.18	-0.26	0.20
LF (Hz)	0.06	0.14	-0.21	0.17	0.08	-0.16	0.20	0.05	0.18
HF (Hz)	-0.25	-0.26	-0.29	0.23	0.28	-0.39	-0.23	-0.36	0.18
LFnu (%)	0.46	0.49*	0.32	-0.18	-0.30	0.21	0.37	0.26	0.007
HFnu (%)	-0.47*	-0.51*	-0.30	0.18	0.30	-0.21	-0.36	-0.31	-0.24
LFHF (%)	0.46*	0.50*	0.31	-0.18	-0.30	-0.21	0.41	0.35	0.02

RMSSD: intervalos RR normais em um determinado intervalo de tempo em milissegundos, e o SDNN representa o desvio padrão de intervalos RR normais a normais em milissegundos; SDNN: desvio padrão de intervalos RR normais a normais em milissegundos; LF: componente de baixa frequência; HF: componente de alta frequência; LFHF: relação entre componente de baixa frequência de alta frequência. TE: tempo de esforço.

Figura 1. Mediana $\pm$ (intervalo interquartil) de performances no teste simulado de canoagem slalom. TE: tempo de esforço referente à melhor descida sem levar em consideração como penalidades; BD: tempo da melhor de duas descidas levando em conta as penalidades; * Diferença significativa

Figura 2. Valores de tamanho de efeito (intervalo de confiança de $\pm 90\%$) e inferências qualitativas relacionadas às variáveis determinadas pela variabilidade da frequência cardíaca observadas entre os períodos pré e pós-treino de seis semanas. Pos. + Ivo: possivelmente positivo; M.P. + Ivo: mais provável positivo; Pos.-possivelmente negativo. RMSSD: raiz quadrada da média quadrada das diferenças entre os intervalos R-R normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em MS; SDNN: desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais; LF: componente de baixa frequência; HF: componente de alta frequência; LFHF: relação entre componente de baixa frequência da alta frequência; TE: tempo de esforço referente à melhor descida sem levar em conta as penalidades; BD: tempo de esforço do melhor de duas descidas tendo em conta as sanções; Lac: concentração de lactato referente à melhor descida

Discussão

Os principais achados do presente estudo revelaram que o treinamento de seis semanas induziu adaptações positivas em relação ao desempenho e [Lac], no entanto, não houve alterações significativas nos parâmetros autonômicos, além disso, é possível observar que durante o período de análise a maior parte dos esforços foram anaeróbios. A nosso conhecimento este é o primeiro estudo que analisou as possíveis relações do desempenho e dos parâmetros autonômicos na modalidade de canoagem slalom (canoas).

Em relação as respostas autonômicas existem muitas controvérsias dos resultados observados após um período de treinamento (9, 17, 24-29), devido à alta variedade em termos de nível de participantes, período de treinamento, distribuição de treinamento e modalidade de estudo. Na canoagem slalom foi encontrado um estudo único analisando a VFC longitudinalmente (ou seja, sete semanas), não encontraram alterações significativas, mas apontaram para uma predominância parassimpática (16), porém apenas avaliaram variáveis relacionadas à atividade parassimpática.

No presente estudo, com exceção do HFnu (ou seja, parâmetro vinculado à atividade parassimpática), todas as demais variáveis apresentaram pequenas alterações não significantes (tabela 1) diminuindo seus valores após o período de treinamento, Schäfer et al. (17) em um estudo de esquiadores de elite demonstrou que, devido ao alto nível dos participantes e ao histórico de treinamento com mudanças acumulativas de carga de treinamento não foram observadas alterações nos parâmetros da VFC, sendo esta uma possível explicação no caso do canoísta de elite. Especulou-se que esses atletas atingiram os marcadores máximos de atividade vagal, conhecida como potencial saturação de receptores vagais (16, 17, 30). Além disso, outros autores relataram a ausência de variações nos parâmetros da VFC após um período de treinamento (10, 31-33).

Por ser o primeiro estudo a verificar a correlação dos parâmetros de VFC com o desempenho na canoagem slalom não é possível fazer comparações com a mesma modalidade, porém em outras modalidades (natação) uma relação entre os parâmetros da VFC e desempenho tem sido observado tanto em curto e longo prazo (5, 10-15). A correlação encontrada no pré-treinamento sugere que quanto maior a ativação parassimpática (ou seja, HFnu) melhor o desempenho corroborando com outros autores (10, 14, 27) e os achados contraditórios que apontam para maior ativação simpática para melhorar o desempenho (15). No entanto pós-treinamento, apesar do fato de os atletas terem apresentado melhora no desempenho, não foi observada correlação entre os parâmetros da VFC e o desempenho, uma possibilidade é que, após o treinamento, o grupo de atletas se tornou mais homogêneo (i.e. figura 2) dificultando a correlação.

Finalmente, conclui-se que a treinamento de canoagem slalom foi eficaz para melhorar o desempenho e [Lac], mas os parâmetros HRV não mudou significativamente. As correlações com o desempenho foram observadas apenas na situação de pré-treinamento e devem ser usadas com cautela na canoagem slalom exigindo posterior investigação. Além disso, foi possível verificar que, nos períodos específicos e pré-competitivos, a maioria dos esforços foi anaeróbio (45, 87%) e exigem mais pesquisas sobre esses tipos de esforços.

Referencias

1. Ferrari HG, Messias LH, Reis IG, Gobatto CA, Sousa FA, Serra CC, et al. Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using Tethered Canoe System: A New Proposal. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Dec 05:1-25. PubMed PMID: 27918656. Epub 2016/12/06. eng.

2. Messias LH, Ferrari HG, Sousa FA, Dos Reis IG, Serra CC, Gobatto CA, et al. All-out Test in Tethered Canoe System can Determine Anaerobic Parameters of Elite Kayakers. *Int J Sports Med.* 2015 Oct;36(10):803-8. PubMed PMID: 26038882. Epub 2015/06/04. eng.
3. Zamparo P, Tomadini S, Didone F, Grazzina F, Rejc E, Capelli C. Bioenergetics of a slalom kayak (k1) competition. *Int J Sports Med.* 2006 Jul;27(7):546-52. PubMed PMID: 16802250. Epub 2006/06/28. eng.
4. Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. *Med Sci Sports Exerc.* 2007 Aug;39(8):1366-73. PubMed PMID: 17762370. Epub 2007/09/01. eng.
5. Botek M, McKune AJ, Krejci J, Stejskal P, Gaba A. Change in performance in response to training load adjustment based on autonomic activity. *Int J Sports Med.* 2014 Jun;35(6):482-8. PubMed PMID: 24129989. Epub 2013/10/17. eng.
6. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Kinnunen H, Nissila J, Virtanen P, Karjalainen J, et al. Daily exercise prescription on the basis of HR variability among men and women. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 Jul;42(7):1355-63. PubMed PMID: 20575165. Epub 2010/06/25. eng.
7. Heffernan KS, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Heart rate recovery and heart rate complexity following resistance exercise training and detraining in young men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007 Nov;293(5):H3180-6. PubMed PMID: 17890428. Epub 2007/09/25. eng.
8. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33(12):889-919. PubMed PMID: 12974657. Epub 2003/09/17. eng.

9. Nummela A, Hynynen E, Kaikkonen P, Rusko H. Endurance performance and nocturnal HRV indices. *Int J Sports Med.* 2010 Mar;31(3):154-9. PubMed PMID: 20221995.
10. Atlaoui D, Pichot V, Lacoste L, Barale F, Lacour JR, Chatard JC. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *Int J Sports Med.* 2007 May;28(5):394-400. PubMed PMID: 17111320. Epub 2006/11/18. eng.
11. Schmitt L, Hellard P, Millet GP, Roels B, Richalet JP, Fouillot JP. Heart rate variability and performance at two different altitudes in well-trained swimmers. *Int J Sports Med.* 2006 Mar;27(3):226-31. PubMed PMID: 16541379. Epub 2006/03/17. eng.
12. Paul M, Garg K. The effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2012 Jun;37(2):131-44. PubMed PMID: 22402913.
13. Chalencon S, Busso T, Lacour JR, Garet M, Pichot V, Connes P, et al. A model for the training effects in swimming demonstrates a strong relationship between parasympathetic activity, performance and index of fatigue. *PLoS One.* 2012;7(12):e52636. PubMed PMID: 23285121. Pubmed Central PMCID: Pmc3527593. Epub 2013/01/04. eng.
14. Garet M, Tournaire N, Roche F, Laurent R, Lacour JR, Barthelemy JC, et al. Individual Interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2004 Dec;36(12):2112-8. PubMed PMID: 15570148. Epub 2004/12/01. eng.
15. Merati G, Maggioni MA, Invernizzi PL, Ciapparelli C, Agnello L, Veicsteinas A, et al. Autonomic modulations of heart rate variability and performances in short-

distance elite swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Apr;115(4):825-35. PubMed PMID: 25471271. Epub 2014/12/05. eng.

16. Messias LHD, Moreno MA, Vieira NA, Terezani DR, Bom DP, Gobatto FdBM. Efeitos do treinamento físico específico e monitorado sobre a variabilidade da frequência cardíaca de canoístas slalom. *Conexões*. 2013;11(1):16-28.

17. Schafer D, Gjerdalen GF, Solberg EE, Khokhlova M, Badtieva V, Herzig D, et al. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol*. 2015 Oct;115(10):2107-14. PubMed PMID: 26002403. Epub 2015/05/24. eng.

18. Javorka M, Zila I, Balharek T, Javorka K. Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*. 2002 Aug;35(8):991-1000. PubMed PMID: 12185393. Epub 2002/08/20. eng.

19. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Eur Heart J*. 1996 Mar;17(3):354-81. PubMed PMID: 8737210. Epub 1996/03/01. eng.

20. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, de Carvalho TD, de Godoy MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular/Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery*. 2009;24(2):205-17.

21. Godoy MFT, I. T.; Correa, P. R. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e

mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arquivo de Ciência da Saúde*. 2005;12(4):167-71. PubMed PMID: 12974657. eng.

22. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol*. 2001 Mar;21(2):238-45. PubMed PMID: 11318832. Epub 2001/04/25. eng.

23. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sports Exerc*. 2009 Jan;41(1):3-13. PubMed PMID: 19092709. Epub 2008/12/19. eng.

24. Mazon J, Gastaldi A, Di Sacco T, Cozza I, Dutra S, Souza H. Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scand J Med Sci Sports*. 2013 Feb;23(1):114-20. PubMed PMID: 21812826.

25. Iellamo F, Legramante JM, Pigozzi F, Spataro A, Norbiato G, Lucini D, et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. *Circulation*. 2002 Jun 11;105(23):2719-24. PubMed PMID: 12057984. Epub 2002/06/12. eng.

26. Manzi V, Castagna C, Padua E, Lombardo M, D'Ottavio S, Massaro M, et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2009 Jun;296(6):H1733-40. PubMed PMID: 19329770. Epub 2009/03/31. eng.

27. Boulosa DA, Tuimil JL, Leicht AS, Crespo-Salgado JJ. Parasympathetic modulation and running performance in distance runners. *J Strength Cond Res*. 2009 Mar;23(2):626-31. PubMed PMID: 19209085. Epub 2009/02/12. eng.

28. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Makikallio TH, Seppanen T, Huikuri HV, Tulppo MP. Cardiac vagal outflow after aerobic training by analysis of high-frequency oscillation of the R-R interval. *Eur J Appl Physiol.* 2006 Apr;96(6):686-92. PubMed PMID: 16416318.

29. Buchheit M, Al Haddad H, Laursen PB, Ahmaidi S. Effect of body posture on postexercise parasympathetic reactivation in men. *Exp Physiol.* 2009 Jul;94(7):795-804. PubMed PMID: 19395660. Epub 2009/04/28. eng.

30. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Seppanen T, Makikallio TH, Huikuri HV, Tulppo MP. Saturation of high-frequency oscillations of R-R intervals in healthy subjects and patients after acute myocardial infarction during ambulatory conditions. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004 Nov;287(5):H1921-7. PubMed PMID: 15242837. Epub 2004/07/10. eng.

31. Hynynen E, Uusitalo A, Kontinen N, Rusko H. Cardiac autonomic responses to standing up and cognitive task in overtrained athletes. *Int J Sports Med.* 2008 Jul;29(7):552-8. PubMed PMID: 18050058.

32. Loimaala A, Huikuri H, Oja P, Pasanen M, Vuori I. Controlled 5-mo aerobic training improves heart rate but not heart rate variability or baroreflex sensitivity. *J Appl Physiol (1985).* 2000 Nov;89(5):1825-9. PubMed PMID: 11053332. Epub 2000/10/29. eng.

33. Bosquet L, Papelier Y, Leger L, Legros P. Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003 Dec;43(4):506-12. PubMed PMID: 14767413. Epub 2004/02/10. eng.

[\(Voltar a análise dos resultados\)](#)

2º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO

Utilização do teste *ten* vs 10s para determinar parâmetros anaeróbios na canoagem Slalom e as possíveis relações com o desempenho

Resumo

Os objetivos deste estudo foram analisar e caracterizar o teste *ten* vs 10s e verificar a correlação de seus parâmetros com o desempenho dos canoístas de slalom, considerando ou não penalidades. Vinte canoístas de slalom de elite da seleção brasileira ($23,3 \pm 2,8$ anos; $68,6 \pm 8,2$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $12,1 \pm 6,6\%$ de gordura) participaram deste estudo que treinam sistematicamente (~ 6 h/dia) e realizaram competições nacionais e internacionais por pelo menos três anos, 72% dos atletas participaram do Campeonato Mundial de canoagem slalom. Todos os atletas foram submetidos a 2 sessões de avaliação, distribuídas ao longo de 2 dias. Os testes foram realizados no ambiente de treinamento diário dos atletas. No primeiro dia, os atletas realizaram testes antropométricos, seguidos de um teste de *ten* x 10s realizado em um ergômetro específico do esporte, com o qual os atletas estavam familiarizados, pois rotineiramente usam o mesmo. Aproximadamente 24 horas mais tarde o teste simulado na canoagem slalom foi realizado para determinar o desempenho. Foram obtidas correlações significativas entre o desempenho e a distância ($r = -0,58$), a frequência da remada ($r = -0,78$), a potência de pico ($Rho = -0,63$), quando as penalidades não foram consideradas, a velocidade ($r = -0,84$) e a potência média ($r = -0,87$) mostraram uma forte correlação. Embora ainda haja relação quando se considera as penalidades, velocidade ($Rho = -0,63$), frequência de remada ($Rho = -0,64$), potência média ($Rho = -0,68$) e pico de potência ($Rho = -0,61$), as correlações encontradas foram moderadas. Em síntese, os

resultados obtidos neste estudo demonstraram que o teste de *ten* vs 10s é uma ferramenta de avaliação anaeróbia, além disso o teste apresentou relações com o desempenho da elite do atleta em canoagem slalom.

Introdução

Em diferentes modalidades esportivas há uma busca por ferramentas e testes que podem prever o desempenho a fim de selecionar talentos esportivos e melhorar as condições de treinamento (1-6).

Índices, aeróbios e testes anaeróbios como o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), velocidade máxima de VO_2 , economia em movimento, limiar anaeróbio, máxima fase estado de lactato, velocidade crítica, teste de Wingate, capacidade de trabalho anaeróbio, pico de força e são alguns dos parâmetros utilizados como indicadores de desempenho em diferentes modalidades esportivas (1, 3, 7-10).

Na canoagem, os estudos concentram-se principalmente na modalidade velocidade de canoagem, utilizando características antropométricas e físicas através de testes como forma de indicar o desempenho (5, 11-15). Sendo o $\text{VO}_{2\text{Max}}$ comumente usado como um fator importante no desempenho de canoístas de longa distância (16).

No entanto, na canoagem slalom há uma escassez de estudos (17) que indicam relações com o desempenho, Messias et al. (9) foi o primeiro estudo a utilizar o sistema de canoa atada e através de testes anaeróbicos all out de 30s demonstraram relações entre os parâmetros anaeróbicos com o desempenho. Ferrari (18) utilizou o mesmo sistema demonstrou que a velocidade crítica determinada pelo modelo matemático hiperbólico mostrou uma correlação com a máxima fase estável de lactato, sugerindo

que este teste pode ser usado como um teste de baixo custo, não invasivo e confiável para avaliar e prescrever treinamento aeróbio além de terem obtido desempenho de relações.

A fim de simular um teste de canoagem slalom, Dohrmann, Marsha (19) propôs um teste de *ten x 10s*. Considerando que, durante as competições de canoagem slalom, nem todas as remadas são consideradas propulsivas (20), neste sentido, o teste de *ten x 10s* é adequado, uma vez que consiste em esforços repetitivos (remada), com intervalos passivos, além disso, de acordo com Messias et al. (9) os primeiros 6s de esforço máximo (all out) são esforços importantes para negociar "portas", especialmente rio abaixo. Este teste tem sido utilizado na rotina dos atletas, pois é um teste simples, não invasivo e de fácil aplicação, mas não foram encontrados estudos que revelem relação com o desempenho na canoagem slalom.

Assim, o objetivo do presente estudo é determinar o teste de *ten x 10s* e verificar as possíveis relações com o desempenho no teste simulado de canoagem slalom.

Métodos

Participantes

Vinte canoístas de slalom de elite da seleção brasileira ($23,3 \pm 2,8$ anos; $68,6 \pm 8,2$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $12,1 \pm 6,6\%$ de gordura) participaram deste estudo que treinaram sistematicamente (~ 6 h/dia) e realizaram competições nacionais e internacionais por pelo menos três anos, 72% dos atletas participaram do Campeonato Mundial de canoagem slalom, realizaram todas as avaliações e treinamentos no ambiente de treinamento diário dos atletas. Os participantes foram informados sobre os

procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordância, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi conduzido observando as recomendações da declaração de Helsinki e antes do início das coletas, todos os procedimentos utilizados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de ética em pesquisa, vinculado à plataforma Brasil (CAAE n ° 61569116.5.0000.5659).

Procedimentos experimentais

Todos os atletas foram submetidos a 2 sessões de avaliação, distribuídas ao longo de 2 dias. As sessões de avaliação tiveram um intervalo de 24h. As avaliações foram realizadas aproximadamente na mesma hora do dia (1h). Todos os atletas estavam treinando regularmente, e estavam em um período específico de treinamento, todos foram aconselhados a evitar exercícios estressantes, bem como evitar a ingestão de cafeína, mantendo sua dieta regular nos dias que antecederam as avaliações. Os testes foram realizados no ambiente de treinamento diário dos atletas. Durante os testes de desempenho simulados de caiaque slalom, para preservar a especificidade, cada atleta usou seu próprio equipamento, como barco, remos, bem como equipamentos de segurança. No primeiro dia, os atletas realizaram testes antropométricos, seguidos de um teste de *ten x 10s* realizado em um ergômetro específico do esporte, com o qual os atletas estavam familiarizados, pois rotineiramente usam o mesmo. Aproximadamente 24 horas mais tarde o teste simulado na canoagem slalom foi realizado para determinar o desempenho

Teste *ten x 10s*

O teste de *ten x 10s* foi realizado no caiaque ergômetro (Dansprint®, Dansprint ApS, Dinamarca) os dados foram coletados no próprio ergômetro e posteriormente

encaminhados ao computador. Os atletas realizaram inicialmente aquecimento articular livre, com duração de cinco minutos, seguido de aquecimento no ergômetro específico para canoagem com duração de 2min a intensidade de 40W. No ergômetro, uma carenagem do barco foi acoplada, simulando a situação que o atleta encontra para remar na água. Subsequentemente, executaram dez esforços máximos de 10s com um intervalo passivo de dez segundos entre cada esforço. Foi possível determinar a potência de pico (PP), a potência média (PM) e o índice de fadiga (IF). PM foi a média de potência durante todos os esforços, PP foi o maior poder alcançado durante os esforços máximos e o IF foi a porcentagem do PP referindo-se ao PM.

Prova simulada

Para determinar o desempenho dos atletas, realizou-se uma prova simulada (ambiente de treinamento diário e onde realizaram competições nacionais e internacionais) (Itaipu, PR, Brasil), que foi projetada pela equipe técnica da canoagem.

Os atletas realizaram um aquecimento prévio que consistia em fazer alongamento articular e remando em baixa intensidade determinada pelo próprio canoísta por aproximadamente 10 minutos em um lago. Depois na prova simulada o objetivo era completar o curso no menor tempo possível, tendo o menor número de penalidades que foram: ao passar na direção correta e tocando um ou ambos do caso "porta" se isso ocorreu 2 segundos foram adicionados ao tempo final e 50 segundos foram adicionados no término do evento, no caso de o atleta fez a passagem errada através da "porta" com por alguma porta. O curso do rio a ser negociado consistiu em 24 portas (isto é. 18 no sentido 6 de contra à corrente). Cada canoísta usou seu próprio equipamento de treinamento diário (ou seja, barcos, pás de remo ou remo único e roupas) e todos

estavam de acordo com os regulamentos da Confederação Internacional de canoa (ICF) (ou seja, modelo, peso, largura e massa). Os atletas fizeram duas descidas com aproximadamente 2h o intervalo, sendo determinado como desempenho o melhor tempo das duas descidas com e sem penalidades que foram contados pela equipe técnica ao longo do curso de corrida:

Tempo de esforço (TE) = tempo de esforço referente à melhor descida sem considerar as penalidades.

Melhor descida (BD) = tempo de esforço do melhor de duas descidas tendo em conta as penalidades.

Análise do lactato sanguíneo

Antes (em repouso) e imediatamente após o término dos esforços ($\pm 60s$), coletas sanguíneas dos lóbulos foram realizadas para medir as concentrações de lactato sanguíneo [Lac], 25 μ l foram coletados em tubos capilares, previamente calibrados e heparinizados aproximadamente um minuto após o término do esforço (ou seja, tempo necessário até que o atleta chegasse à beira do rio com o barco). As amostras foram analisadas imediatamente no lactímetro portátil Accutrend® Plus.

Análise estatística

Os resultados são mostrados no desvio padrão médio e 95% do intervalo de confiança (95% CL) para cada variável de desempenho e parâmetros fisiológicos. A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Shapiro Wilks. As relações entre os parâmetros obtidos no teste *ten* vs 10s (distância, velocidade, PM, PP, frequência de remada e IF) e desempenho (TE, BT) foram avaliadas com os coeficientes de correlação

de Pearson ou de Spearman (r ou Rho), dependendo da distribuição dos dados. Ao interpretar os resultados do teste de correlação, além da significância ($p > 0,5$), os coeficientes de correlação (r) também foram classificados como muito fracos ($0,0 - 0,2$), fracos ($0,2 - 0,4$), moderados ($0,4 - 0,7$), fortes ($0,7 - 0,9$), ou muito fortes ($0,9 - 1,0$).

Resultados

A tabela 1 mostra os valores médios e o desvio padrão dos parâmetros obtidos através do teste de *ten x 10s* e também os valores de desempenho que foram analisados considerando (BD) e não (TE) as penalidades de canoagem slalom.

A tabela 2 mostra as correlações de Pearson e Spearman entre os parâmetros obtidos no teste de *ten x 10s* e o desempenho. Quando as penalidades não foram consideradas, a distância, a frequência da remada e a PP apresentaram correlação moderada com o desempenho, enquanto a velocidade e a PM mostraram forte correlação. Embora ainda haja relação quando se considera as penalidades, velocidade, frequência de remada, PM e PP, as correlações encontradas foram moderadas e nenhuma variável tem forte correlação.

Tabela 1. Média e desvio padrão (SD) do teste de *ten* x 10s e desempenho, além disso é apresentado o intervalo de confiança 95%.

	Média	SD	95% CI
Dist (m)	198,20	39,34	179,78 – 216,60
Velocidade (km/h)	12,30	1,95	11,39 – 13,21
PM (W)	198,20	39,34	179,78 – 216,60
Freq remada(rem/min)	12,30	1,95	11,39 – 13,21
PP (W)	176,76	77,77	140,36 – 213,15
IF (%)	112,28	21,61	102,16-122,39
Lactato	254,20	106,72	204,25 – 304,14
TE (s)	45,14	7,93	0,41-0,48
BD (s)	10,92	2,62	9,68 – 12,14

Dist = Distância; Veloc = Velocidade; PM = potência média; Freq remada= frequência de remada; PP = Potência pico; IF = Índice de fadiga; TE = tempo de esforço sem considerar as penalidades; BD = tempo da melhor descida considerando as penalidades

Tabela 2. Correlação entre o tempo de esforço (TE) e melhor descida (BD) e os parâmetros de teste de *ten* x 10s. (Rho de Spearman).

	Dist	Dist esforço	Veloc	PM	Freq remada	IF	PP	Lactato
TE	r = -0,58*	Rho = -0,35	r = -0,84 *	r = -0,87 *	r = -0,78 *	r = -0,49	Rho = -0,63*	r = -0,29
BD	Rho = -0,33	Rho = -0,28	Rho = -0,63*	Rho = -0,68*	Rho = -0,64 *	Rho = -0,5	Rho = -0,61*	Rho = 0,22

Dist = distância; Dist de esforço = distância do esforço Veloc = velocidade; PM = potência média; freq de remada = frequência da remada; PP = pico de potência; IF = índice de fadiga; TE = tempo de esforço sem penalidades; BD = melhor descida considerando as penalidades

* Correlação significativa entre variáveis ($p \leq 0,05$)

Discussão

O principal achado foi as correlações significativas do teste *ten* vs 10s com o desempenho e ao considerar as penalidades que essas relações enfraquecem, reforçando a necessidade de considerar fatores multidisciplinares para alcançar melhor desempenho (23). No slalom são escassas investigações de desempenho com penalidades, Hunter et al. (20) não conseguiram estabilizar uma relação direta entre esses dois parâmetros, pois o número de infrações foi consideravelmente baixo, no entanto, isso é determinante para o sucesso ou fracasso, pois ao cometer infrações os atletas são penalizados com um aumento no tempo (17).

Os resultados da prova simulada considerando a distância percorrida e o tempo de desempenho estão de acordo com a literatura (17, 18). Estudos revelaram que mais de 50% do suprimento energético provém de fontes anaeróbias (24) e nossos valores de

lactato ($10,92 \pm 2,62$ mm) após o teste simulado foram semelhantes aos valores encontrados na literatura após teste simulado (8,3 mM)(18), 8,1 mM(24) e 9,1 mM(25) reforçando a participação do metabolismo anaeróbio na provisão de energia durante um slalom de teste de caiaque (18).

Uma ferramenta válida para avaliação do slalom de canoagem é o ergômetro específico para a modalidade (26), embora, estudos mostrem que a remada no ergômetro e na água não são perfeitamente compatíveis (27). Da mesma forma que Messias et al.(9) nossos resultados também não sugerem similaridade entre o ergômetro e o remo na água, mas as variáveis obtidas através do teste *ten* vs 10s mostraram relevância para o desempenho, apoiada por resultados que mostraram correlação inversa significativa (PM, PP, velocidade) independentemente das penalidades, revelando as características anaeróbias do teste.

A frequência da remada mostrou correlação inversa significativa com o desempenho, diferentemente dos achados de Hunter et al.(20) que não encontraram, dirigindo-se a diferenças técnicas e estratégias para transpor as "portas" ao longo do caminho, uma limitação do uso do ergômetro é que essas variáveis técnicas não são consideradas, no entanto, quando se utiliza o ergômetro como forma de avaliação e a frequência de remada deve ser considerada relevante para o desempenho.

Apesar da importância, estudos com objetivo de estudar o poder das remadas e variáveis fisiológicas envolvendo características anaeróbias (9) e nossos resultados mostram que o teste de *ten* vs 10s pode ser usado na prática para direcionar o treinamento, bem como uma maneira de prever o desempenho ou de condição de treino.

A PM mostrou correlação com o desempenho em outras modalidades como natação (28-30) e foi assumida como um índice anaeróbio de nadadores (30), nossos

resultados demonstraram que o PM obtido no teste *ten* vs 10s foi o mais relevante parâmetro para prever o desempenho em atletas de elite em canoagem slalom. Ainda neste sentido, Messias et al.(9) observou-se que a potência média dos canoístas de slalom foi inversamente correlacionada com o tempo de teste, corroborando nossos achados e esses autores reforçam esse parâmetro como um índice anaeróbio.

Em conclusão, visando agregar estudos científicos na modalidade de canoagem slalom, com cautela na utilização do ergômetro específico da modalidade (especificidade), demonstramos que o teste *ten* vs 10s é uma ferramenta de avaliação anaeróbia, além do teste apresentou relações com o desempenho da elite do atleta em canoagem slalom.

Referências

1. Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P, Carre F. Gender effect on the relationship of time limit at 100% VO₂max with other bioenergetic characteristics. *Medicine and science in sports and exercise*. 1996;28(8):1049-55.
2. Tanaka K, Matsuura Y, Matsuzaka A, Hirakoba K, Kumagai S, Sun SO, et al. A longitudinal assessment of anaerobic threshold and distance-running performance. *Medicine and science in sports and exercise*. 1984;16(3):278-82.
3. Papoti M, Zagatto AM, Mendes OC, Gobatto CA. Utilização de métodos invasivo e não invasivo na predição das performances aeróbia e anaeróbia em nadadores de nível nacional. *revista portuguesa de ciências do desporto*. 2005;5(1):07-14.
4. Silva FBMd, Brito JPRGM, Reis VM. Prediction of performance from anthropometric, physiological and strength components in rowing *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2017;23(6):446-9.

5. Lopez-Plaza D, Alacid F, Muyor JM, Lopez-Minarro PA. Sprint kayaking and canoeing performance prediction based on the relationship between maturity status, anthropometry and physical fitness in young elite paddlers. *Journal of sports sciences*. 2017;35(11):1083-90.
6. Etxegarai U, Insunza A, Larruskain J, Santos-Concejero J, Gil SM, Portillo E, et al. Prediction of performance by heart rate-derived parameters in recreational runners. *Journal of sports sciences*. 2018;36(18):2129-37.
7. Grant S, Craig I, Wilson J, Aitchison T. The relationship between 3 km running performance and selected physiological variables. *Journal of sports sciences*. 1997;15(4):403-10.
8. Denadai BS, Ortiz MJ, Mello Md. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;10(5):401-4.
9. Messias LH, Ferrari HG, Sousa FA, Dos Reis IG, Serra CC, Gobatto CA, et al. All-out Test in Tethered Canoe System can Determine Anaerobic Parameters of Elite Kayakers. *Int J Sports Med*. 2015;36(10):803-8.
10. Hill A, Lupton H. Muscular exercise, lactic acid, and the supply and utilization of oxygen. *QJM: Quarterly Journal of Medicine*. 1923(62):135-71.
11. Ackland TR, Ong KB, Kerr DA, Ridge B. Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of science and medicine in sport*. 2003;6(3):285-94.
12. van Someren KA, Palmer GS. Prediction of 200-m sprint kayaking performance. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*. 2003;28(4):505-17.

13. van Someren KA, Howatson G. Prediction of flatwater kayaking performance. *International journal of sports physiology and performance*. 2008;3(2):207-18.
14. Fry RW, Morton AR. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine and science in sports and exercise*. 1991;23(11):1297-301.
15. Pickett CW, Nosaka K, Zois J, Hopkins WG, J A, Blazeovich. Maximal Upper Body Strength and Oxygen Uptake are Associated with Performance in High-Level 200-M Sprint Kayakers. *Journal of strength and conditioning research*. 2017.
16. Paquette M, Bieuzen F, Billaut F. Muscle Oxygenation Rather Than VO₂max is a Strong Predictor of Performance in Sprint Canoe-Kayak. *International journal of sports physiology and performance*. 2018:1-25.
17. Messias LHD, dos Reis IGM, Ferrari HG, de Barros Manchado-Gobatto F. Physiological, psychological and biomechanical parameters applied in canoe slalom training: a review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2014;14(1):24-41.
18. Ferrari HG, Messias LHD, Reis IGM, Gobatto CA, Sousa FAB, Serra CCS, et al. Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using a Tethered Canoe System: A New Proposal. *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(7):864-71.
19. Garrett WE, Kirkendall DT. *Exercise and sport science*: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
20. Hunter A, Cochrane J, Sachlikidis A. Canoe slalom--competition analysis reliability. *Sports biomechanics*. 2007;6(2):155-70.
21. Hunter A, Cochrane J, Sachlikidis A. Canoe slalom - competition analysis reliability. *Sport Biomech*. 2007;6(2):155-70.

22. Celedon-Pattichis S, Peters SA, Borden LL, Males JR, Pape SJ, Chapman O, et al. Asset-Based Approaches to Equitable Mathematics Education Research and Practice. *J Res Math Educ.* 2018;49(4):373-89.
23. Messias LHD, Ferrari HG, Pesquero JB, Milanski M, Esteves AM, Rojas MF, et al. Can the elite slalom kayaker's performance be correlated with anthropometric, nutritional, genetic, psychological as sleep traits? *Motriz: Revista de Educação Física.* 2018;24(2).
24. Zamparo P, Tomadini S, Didone F, Grazzina F, Rejc E, Capelli C. Bioenergetics of a slalom kayak (k1) competition. *International journal of sports medicine.* 2006;27(7):546-52.
25. Pendergast DR, Bushnell D, Wilson DW, Cerretelli P. Energetics of kayaking. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 1989;59(5):342-50.
26. van Someren KA, Phillips GR, Palmer GS. Comparison of physiological responses to open water kayaking and kayak ergometry. *International journal of sports medicine.* 2000;21(3):200-4.
27. Fleming N, Donne B, Fletcher D, Mahony N. A biomechanical assessment of ergometer task specificity in elite flatwater kayakers. *Journal of sports science & medicine.* 2012;11(1):16-25.
28. Costill D. A computer based system for measurement of force and power during front crawl swimming. *J Swim Res.* 1986;2:16-9.
29. Guilherme L, Guglielmo A, Denadai BS. Assessment of anaerobic power of swimmers: the correlation of laboratory tests on an arm ergometer with field tests in a swimming pool. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2000;14(4):395-8.

30. Papoti M, Da Silva A, Araujo G, Santiago V, Martins L, Cunha S, et al. Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. International journal of sports medicine. 2013.

([Voltar a análise dos resultados](#))

3º ARTIGO REFERENTE AO CICLO OLÍMPICO

Avaliação de parâmetros psicológicos e suas relações com a performance em atletas de elite da canoagem slalom

Resumo

Os objetivos deste estudo foram examinar possíveis relações do estado de humor de atletas de slalom de elite [caiaque e canoa] utilizando uma versão traduzida e validada para a população brasileira com desempenho em teste simulado, considerando ou não penalidades. Vinte e um canoístas slalom de elite da seleção brasileira foram separados em atletas de caiaque e canoa [$26,3 \pm 1,3$ anos; $68,6 \pm 7,4$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $12,3 \pm 7,1\%$ de gordura] [$25,1 \pm 1,8$ anos; $69,9 \pm 9,3$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $8,9 \pm 2,0\%$ de gordura] participaram deste estudo que treina sistematicamente (~ 6 h/dia) e realizaram competições nacionais e internacionais por pelo menos três anos, 78% dos atletas participaram do Campeonato Mundial de canoagem slalom. Todos os atletas foram submetidos a 2 sessões de avaliação. Os testes foram realizados no ambiente de treinamento diário dos atletas. Os atletas responderam ao questionário para avaliar o estado de humor na primeira atividade do dia e posteriormente o teste simulado em canoagem slalom foi realizado para determinar o desempenho. Não há diferenças significativas entre canoa e caiaque para variáveis psicológicas e nenhuma diferença significativa atletas de caiaque mostrou melhor desempenho. Apenas correlações foram obtidas entre o vigor do parâmetro e o desempenho ($Rho = -0,66$ e $0,74$) e não e considerando as penalidades, respectivamente, em canoa, os resultados fornecidos por este estudo, revelando os principais aspectos do estado de humor com o desempenho,

são altos valores de vigor na modalidade de canoa e considerar ou não penalidades não observamos diferença significativa para o desempenho ou estado de humor.

Introdução

Canoagem slalom é um esporte olímpico realizado em rios naturais e artificiais, com o objetivo de percorrer o curso no menor tempo possível evitando penalidades em que os atletas devem negociar portas a favor e contra a correnteza do rio, sendo um esporte com características multidisciplinares (1).

Em relação ao desempenho, vários parâmetros são considerados determinantes e estudos relacionando-os a aspectos psicológicos ganharam notoriedade, em uma revisão de literatura Messias et al. (2) mostraram que 29% das publicações de canoagem slalom são relacionados a parâmetros psicológicos. Embora seja evidente que os fatores psicológicos podem reduzir o desempenho dos atletas, a inserção dessa forma de treinamento durante a periodização é mínima (3), além disso, a incapacidade de enfrentar eventos esportivos, essencialmente como pré competição pode causar no fracasso desportivo (4, 5).

White e Hardy (6) mostraram a relevância do conhecimento imaginário pós-treinamento do percurso da prova, uma vez que atletas de canoagem slalom não têm a oportunidade de praticar no percurso, de modo que o controle da ansiedade e dos nervos através da visualização são interessantes para complementar a preparação (7). De acordo com o Beedie et al.(8) o estado de humor tem um perfil de "iceberg", quando o ideal para o melhor desempenho é o alto vigor e níveis inferiores de tensão, depressão, raiva, fadiga e confusão.

De acordo com as características da modalidade Slalom, o estado de humor e ansiedade têm sido considerados fatores importantes que podem melhorar o

desempenho, no entanto, em um estudo com canoístas não há relações do perfil dos Estados de humor [POMS] com o desempenho (1). Por outro lado, os transtornos de humor mostraram relação com o desempenho diminuído, bem como alterações biológicas como a imunossupressão (9). Além disso, é possível que o ambiente competitivo como uma rota desconhecida ou mesmo as preocupações com os concorrentes pode mudar o humor dos atletas (10).

Várias versões abreviadas de POMS têm sido utilizadas (11-14), uma delas é a escala de humor de Brunel [BRUMS] (15) uma versão utilizada como uma forma de avaliação de adolescentes e adultos (16), sendo importante examinar as possíveis relações do estado de humor de atletas de slalom de elite [caiaque e canoa] usando uma versão traduzida e validada para a população brasileira com desempenho simulado de teste, considerando ou não penalidades.

Métodos

Participantes

Vinte e um atletas de elite da canoagem slalom da seleção brasileira separada em atletas de caiaque e canoa [$26,3 \pm 1,3$ anos; $68,6 \pm 7,4$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $12,3 \pm 7,1\%$ de gordura] [$25,1 \pm 1,8$ anos; $69,9 \pm 9,3$ kg; $1,7 \pm 0,1$ m; $8,9 \pm 2,0\%$ de gordura] participaram, respectivamente, deste estudo. Todos os canoístas slalom treinam e competem em eventos nacionais e internacionais. Eles que treinam sistematicamente [~ 6 h/dia], 78% dos atletas participaram do Campeonato Mundial de canoagem slalom, realizaram todas as avaliações e treinamentos no ambiente de treinamento diário dos atletas. Os participantes foram informados sobre os procedimentos e objetivos deste estudo e, após concordância, assinaram termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi conduzido observando as recomendações da declaração de Helsinki e antes

do início das coletas, todos os procedimentos utilizados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de ética em pesquisa, vinculado à plataforma Brasil [CAAE n ° 61569116.5.0000.5659].

Desenho experimental

Os atletas que participaram do estudo, estavam no meio da temporada de treinamento, no período específico de treinamento, todos foram aconselhados a evitar exercícios estressantes, bem como evitar o consumo de cafeína, mantendo sua dieta regular nos dias que precedem a avaliações. Os testes foram realizados no ambiente de treinamento diário dos atletas. Para avaliação psicológica, utilizou-se uma versão brasileira e adaptada do questionário POMS, denominado questionário de BRUMS para avaliação do estado de humor. A avaliação de desempenho foi realizada em água branca, um local de treinamento diário contendo 24 "portas", para preservar a especificidade, cada atleta utilizou seu próprio equipamento como barco, remo, bem como equipamentos de segurança. As variáveis psicológicas foram correlacionadas com o desempenho considerando e não as penalidades para avaliar as relações entre ambos.

Variáveis psicológicas

Utilizou-se uma adaptação do POMS, traduzida para o português e validada para o questionário brasileiro de Brunel [BRUMS] (17), composto por 24 questões dirigidas a seis domínios de humor [tensão, depressão, vigor, fadiga, confusão mental e raiva]. Os atletas foram instruídos a responder o questionário utilizando uma escala composta por 5 opções sendo: [0] nada; [1] pouco; [2] moderadamente; [3] razoavelmente e [4] extremamente. Na avaliação geral da escala, com a soma das respostas provenientes das questões relativas a cada construto, é obtido um escore que varia de 0 a 16 para cada Estado de humor (18).

Desempenho

Para determinar o desempenho dos atletas, realizou-se em prova simulada [ambiente de treinamento diário e onde realizaram competições nacionais e internacionais] [Itaipu, PR, Brasil], que foi projetada pela equipe técnica da canoagem.

Os atletas realizaram um aquecimento prévio que consistia em fazer alongamento articular e remando em baixa intensidade determinada pelo próprio canoísta por aproximadamente 10 minutos em um lago. O tempo de curso foi considerado como a variável relacionada ao desempenho com e sem penalidades, que foram contabilizadas pela equipe técnica ao longo do curso de corrida:

Tempo de esforço [TE] = tempo de esforço referente à melhor descida sem considerar as penalidades.

Melhor descida [BD] = tempo de esforço do melhor de duas descidas tendo em conta as penalidades.

O objetivo era completar o curso no menor tempo possível, tendo o menor número de penalidades que foram: ao passar na direção correta e tocando na "porta" se isso ocorreu 2 segundos foram adicionados ao tempo final e 50 segundos foram adicionados a tempo final, caso o atleta fizesse a passagem errada através da "porta" ou deixassem atravessar alguma porta. O curso do rio a ser negociado consistiu em 24 portas [isto é. 18 no sentido 6 de encontro à corrente]. Cada canoísta usou seu próprio equipamento de treinamento diário [ou seja, barcos, pás ou remo único e roupas] e todos estavam de acordo com a Confederação Internacional de canoa [ICF] regulamentos [ou seja, modelo, peso, largura e massa]. Os atletas fizeram duas descidas com aproximadamente 2h de intervalo.

Estatística

Análise estatística foi realizada através de um pacote estatístico de software [SPSS 17 Chicago, IL, EUA]. Considerando pequeno tamanho amostral utilizado neste estudo, a distribuição não-normal de algumas variáveis e a correção por meio da transformação logarítmica foi ineficiente, todos os valores foram demonstrados como mediana [intervalo interquartil]. As diferenças entre o caiaque e a canoa foram evidenciadas por meio do teste de Mann-Whitney, e o nível de significância adotado foi de $p < 0,05$. Os coeficientes de correlação de Spearman foram utilizados para as relações entre os parâmetros estado de humor e desempenho

Resultados

Os resultados do questionário de humor e desempenho considerando ou não as penalidades são apresentadas na tabela 1, não houve diferenças significativas entre os atletas de caiaque e canoa. Os valores mais pronunciados são o vigor para ambos [caiaque e canoa]. Embora não tenha havido diferença significativa, os atletas de caiaque mostraram melhor desempenho em comparação com a canoa. A tabela 2 mostra os valores de correlação entre o questionário de humor e o desempenho, apenas na canoa houve correlação significativa do parâmetro vigor [$Rho = 0,74$ e $0,66$] com desempenho considerando ou não as penalidades na simulação corrida de canoagem slalom, respectivamente. Os resultados do lactato após o teste médio simulado e o desvio padrão [7.71 ± 2.15 e 9.95 ± 3.42] para o caiaque e a canoa respectivamente.

Tabela 1. Mediana e intervalo interquartil do questionário de humor e o desempenho de atletas de caiaque e canoagem slalom. Depressão, vigor, fadiga, confusão mental e raiva

	Caiaque		Canoa	
	Mediana	interquartil	Mediana	interquartil
Estado de humor				
Tensão	2,50	5,0	4,0	3,0
Depressão	0, 0	1,0	0, 0	2,0
Vigor	10,50	9,0	7,0	2,0
Fadiga	1,50	4,0	4,0	5,0
Confusão mental	0, 0	1,0	2,0	1,0
Raiva	0, 0	1,0	0, 0	1,0
Desempenho				
TE [s]	84,77	24,13	99,98	7,26
BD [s]	88,22	32,37	104,11	10,87

TE = tempo de esforço sem penalidades; BD = melhor descida considerando as penalidades

Tabela 1. Correlação entre o tempo de esforço [TE] e a melhor descida [BD] e os parâmetros do questionário de estado de humor. [Rho de Spearman] de atletas de canoagem slalom caiaque e de canoa.

Tensão	Depressão	Força	Fadiga	Confusão mental	Raiva
Caiaque					

TE	Rho = -0,17	Rho = 0,04	Rho = -0,22	Rho = -0,19	Rho = -0,12	Rho = 0,17
BD	Rho = -0,28	Rho = -0,26	Rho = 0,25	Rho = -0,52	Rho = -0,25	Rho = 0,10
Canoa						
TE	Rho = -0,15	Rho = -0,27	Rho = 0,66 *	Rho = -0,19	Rho = -0,42	Rho = -0,13
BD	Rho = 0,11	Rho = -0,21	Rho = 0,74 *	Rho = -0,32	Rho = -0,52	Rho = -0,24

TE = tempo de esforço sem penalidades; BD = Melhor descida considerando as penalidades * Significativa correlação entre variáveis ($p \leq 0,05$)

Discussão

O presente estudo aborda as possíveis relações entre o estado de humor e o desempenho em prova simulada de canoagem e as possíveis diferenças entre o caiaque e a canoa, apenas na canoa o parâmetro vigor mostrou uma relação significativa com o desempenho independente de considerar ou não as penalidades, além disso, não observamos diferenças significativas entre caiaque e canoa em humor e desempenho. Vários estudos estudaram a influência do estado de humor e do desempenho em diferentes modalidades (1, 8, 14, 16, 17, 19), demonstrando a importância dele principalmente em situações pré-competitivas (6-8, 14).

Os resultados de desempenho de nossos atletas foram superiores aos encontrados na literatura independente de se considerar ou não a penalidade e também o tipo de barco (1, 20, 21), corroborando com os resultados de Hunter et al.(22) que não encontrou diferenças significativas entre o desempenho de caiaque e remadores de canoa, apesar disso Hunter et al.(23) revelam estratégias semelhantes para negociar

todos as "portas", em certos obstáculos há uma diferença na técnica e isso pode levar a diferentes performances no final da corrida.

Na maioria dos estudos examinando desempenho, poucos tentam constatar as penalidades incorridas por atletas de slalom, apesar de sua importância, uma vez que é um fator determinante entre o sucesso ou fracasso da modalidade, nossos resultados não revelaram diferenças significativas entre considerar ou não as penalidades, mesmo nesse sentido, atletas de alto nível têm apresentado um baixo número de penalidades [menos de 1%] dificultando o estabelecimento de relações (22).

A literatura demonstrou que alguns parâmetros psicológicos são determinantes no desempenho (5). O vigor é o parâmetro com a maioria das evidências, estudos prévios revelaram correlação entre vigor e desempenho (24, 25), enquanto outros não encontram essa relação (1), além disso, também raiva e tensão que têm um "u"-invertido forma característica do desempenho (25, 26). De acordo com o Brandt et al.(14) em relação ao estado de humor os atletas devem manter altos níveis de vigor, uma vez que os baixos níveis estão associados a uma menor chance de sucesso. Apesar do menor valor de vigor dos atletas de canoa comparados aos caiaques, ambos seguiram o padrão "iceberg" como já mencionado na literatura (5, 27), além disso, observaram uma relação significativa entre vigor e desempenho para atletas de canoa, sugerindo que atletas com maiores valores de vigor foram os atletas que apresentaram melhor desempenho.

Este estudo trouxe resultados sobre a relação entre o questionário de humor e o desempenho de atletas de caiaque slalom [caiaque e canoa], revelando os principais aspectos com relação com o desempenho [vigor]. Apesar da importância da contabilização de penalidades, não observamos diferença significativa, mais estudos devem apontar esse tipo de abordagem para futuras comparações. O uso de ferramentas

simples, econômicas e fáceis de aplicar para avaliar os atletas como um questionário provou ser uma estratégia interessante, reforçando a ideia de que a canoagem slalom é um esporte multidisciplinar, onde diferentes fatores podem influenciar o desempenho, e diferentes profissionais podem estar envolvidos.

Referências

1. Messias LHD, Ferrari HG, Pesquero JB, Milanski M, Esteves AM, Rojas MF, et al. Can the elite slalom kayaker's performance be correlated with anthropometric, nutritional, genetic, psychological as sleep traits? Motriz: Revista de Educação Física. 2018;24(2).
2. Messias LHD, dos Reis IGM, Ferrari HG, de Barros Manchado-Gobatto F. Physiological, psychological and biomechanical parameters applied in canoe slalom training: a review. International Journal of Performance Analysis in Sport. 2014;14(1):24-41.
3. Carr CM. Sport psychology: psychologic issues and applications. Physical Medicine and Rehabilitation Clinics. 2006;17(3):519-35.
4. Samulski DM. Psicologia do esporte: manual para a educação física, psicologia e fisioterapia: Manole; 2002.
5. Prapavessis H. The POMS and sports performance: A review. Journal of applied sport psychology. 2000;12(1):34-48.
6. White A, Hardy L. An in-depth analysis of the uses of imagery by high-level slalom canoeists and artistic gymnasts. The Sport Psychologist. 1998;12(4):387-403.
7. Males JR, Kerr JH, Gerkovich MM. Metamotivational states during canoe slalom competition: A qualitative analysis using reversal theory. Journal of Applied Sport Psychology. 1998;10(2):185-200.

8. Beedie CJ, Terry PC, Lane AM. The profile of mood states and athletic performance: Two meta-analyses. *Journal of applied sport psychology*. 2000;12(1):49-68.
9. Fry R, Grove J, Morton A, Zeroni P, Gaudieri S, Keast D. Psychological and immunological correlates of acute overtraining. *British Journal of Sports Medicine*. 1994;28(4):241-6.
10. Cerin E, Barnett A. Predictors of pre-and post-competition affective states in male martial artists: a multilevel interactional approach. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011;21(1):137-50.
11. Grove JR, Prapavessis H. Preliminary evidence for the reliability and validity of an abbreviated profile of mood states. *International Journal of Sport Psychology*. 1992.
12. Shacham S. A shortened version of the Profile of Mood States. *Journal of personality assessment*. 1983;47(3):305-6.
13. Terry PC, Lane AM, Lane HJ, Keohane L. Development and validation of a mood measure for adolescents. *Journal of sports sciences*. 1999;17(11):861-72.
14. Brandt R, Bevilacqua GG, Andrade A. Perceived sleep quality, mood states, and their relationship with performance among Brazilian elite athletes during a competitive period. *Journal of strength and conditioning research*. 2017;31(4):1033-9.
15. Terry PC, Lane AM, Fogarty GJ. Construct validity of the Profile of Mood States—Adolescents for use with adults. *Psychology of sport and exercise*. 2003;4(2):125-39.
16. de Miranda Rohlfs ICP, de Carvalho T, Rotta TM, Krebs RJ. Aplicação de instrumentos de avaliação de estados de humor na detecção da síndrome do excesso de treinamento. 2004.
17. Brandt R, Herrero D, Massetti T, Crocetta TB, Guarnieri R, de Mello Monteiro CB, et al. The Brunel Mood Scale Rating in mental health for physically active and apparently healthy populations. *Health*. 2016;8(02):125.

18. Rohlfs ICPdM, Rotta TM, Luft CDB, Andrade A, Krebs RJ, Carvalho Td. A Escala de Humor de Brunel (Brums): instrumento para detecção precoce da síndrome do excesso de treinamento. *Rev bras med esporte*. 2008;176-81.
19. McNair D, Lorr M, Droppleman L. Profile of mood states, Educational and Industrial Testing Service. San Diego, CA. 1971.
20. Messias L, Ferrari H, Sousa F, dos Reis I, Serra C, Gobatto C, et al. All-out test in tethered canoe system can determine anaerobic parameters of elite kayakers. *International journal of sports medicine*. 2015;94(10):803-8.
21. Ferrari HG, Messias LH, Reis IG, Gobatto CA, Sousa FA, Serra CC, et al. Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using a Tethered Canoe System: A New Proposal. *International journal of sports physiology and performance*. 2017;12(7):864-71.
22. Hunter A, Cochrane J, Sachlikidis A. Canoe slalom competition analysis. *Sports biomechanics*. 2008;7(1):24-37.
23. Hunter A. Canoe slalom boat trajectory while negotiating an upstream gate. *Sports biomechanics*. 2009;8(2):105-13.
24. Cockerill IM, Nevill AM, Lyons N. Modelling mood states in athletic performance. *Journal of Sports Sciences*. 1991;9(2):205-12.
25. Lane AM, Terry PC. The nature of mood: Development of a conceptual model with a focus on depression. *Journal of applied sport psychology*. 2000;12(1):16-33.
26. Ruiz MC, Hanin YL. Perceived impact of anger on performance of skilled karate athletes. *Psychology of Sport and Exercise*. 2011;12(3):242-9.
27. Leunes A, Burger J. Profile of mood states research in sport and exercise psychology: Past, present, and future. *Journal of applied sport psychology*. 2000;12(1):5-15.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE ATLETAS SUBMETIDOS A ESTRESSE AMBIENTAL (ALTITUDE)

Este capítulo tem o objetivo de demonstrar como alteração no ambiente (nível do mar vs altitude) pode influenciar na performance bem como a utilização de eritropoietina (rHuEPO). Todos os procedimentos demonstrados a partir deste capítulo foram aprovados pelo departamento de esporte e nutrição da Universidade de Copenhague n° 2015-57-0117

Neste capítulo nos remetemos a pergunta central do nosso estudo, lembrando que este fragmento do estudo foi desenvolvido com a conquista de uma bolsa FAPESP de estágio no exterior (Dinamarca), os resultados apresentados são preliminares tendo em vista que os dados ainda se encontram em análise em parceria com Universidade de Copenhague na Dinamarca. Neste capítulo foi investigado a performance de atletas de elite da Dinamarca, sobre marcadores biológicos na exposição a altitude e nível do mar bem como os efeitos da suplementação de rHuEPO uma justificativa desta investigação. ([Documento auxiliar V - justificativa](#)).

Objetivos

- ✓ Analisar os metabólicos e proteômicos que podem identificar biomarcadores sensíveis à exposição a altitude e a suplementação da eritropoietina humana recombinante.
- ✓ Verificar as possíveis flutuações da performance ao longo da investigação.

Materiais e métodos

Crítérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos 20 homens dinamarqueses e 20 mulheres dinamarquesas com idade entre 18-35 anos. Os critérios de inclusão são um consumo máximo de oxigênio

(VO₂máx) > 48 ml/kg/min para homens e > 43 ml/kg/min para as mulheres. Todos os participantes devem ter > 2 anos de história no exercício regular, incluindo a execução (> 2 vezes por semana; > 30 min por sessão) e capaz de executar 5 km executado em 22 min para homens e 25 min para as mulheres no nível do mar em uma superfície nivelada em condições secas e uma temperatura entre 10 e 20 graus C. Além disso, os participantes não devem ter lesões relacionadas nos últimos dois anos. Os participantes foram examinados para os parâmetros bem como os seguintes critérios de inclusão: pressão arterial (pressão diastólica/sistólica < 130/90 mmHg), hemoglobina clicada (< 40 mmol/mole), lipoproteínas de alta densidade (> 1 Mm), lipoproteínas de baixa densidade < 3,0 Mm), hemoglobina (7-10,5 Mm), ferro (9-34 Mm), transferrina (24-41 Mm), contagem de glóbulos vermelhos (mulheres 3,94-4, 25x 10¹²/L, homens 5.71 x 10¹²/L) e eletrocardiograma (normal). Além disso, os participantes devem ser saudáveis não podem ser fumantes e não devem ter doado sangue durante pelo menos 3 meses antes do início do estudo e não deve doar sangue para outros fins durante o período de Estudo. Parte do experimento foi realizado na Espanha sob o abrigo da lei espanhola. Os protocolos conduzidos na Espanha são notificados pelas autoridades espanholas, e é critério de inclusão que o participante está disposto a participar nesta parte do experimento também.

Plano de trabalho e delineamento experimental

O delineamento consistiu em dois períodos experimentais, sendo que ambos devem ser realizados por todos os participantes. Ambos os períodos tiveram um período basal de quatro semanas seguidos por quatro semanas de treinamento e quatro semanas de acompanhamento. O campo de treinamento no primeiro período de experimentos foi

realizado no nível do mar, enquanto o campo de treinamento no segundo período foi realizado em 2320 m acima do nível do mar (Espanha). Cada período foi separado por um mínimo de dois meses para garantir que os participantes retornem aos valores basais. ([Documento auxiliar VI– registros do período experimental](#)).

Período de teste 1

Semana 1- 4 (linha de base) - durante este período, os participantes seguiram programas de treinamento individuais no nível do mar e participaram das medições descritas semanalmente.

Semana 5-8 (intervenção) – os participantes seguiram um programa de treinamento individual que atende ao treinamento de quatro semanas ao nível do mar na Dinamarca. Os participantes ficaram em um lugar onde eles viveram durante o tempo de treinamento de campo. Além disso, foi oferecido pensão completa. Os participantes participaram das medições descritas realizadas semanalmente e do treinamento descrito.

Semana 9-12 (follow-up) - durante este período, os participantes seguiram programas de treinamento individuais no nível do mar e participaram das medições realizadas semanalmente.

Período de teste 2

Semana 1- 4 (linha de base) - durante este período, os participantes seguiram programas de treinamento individuais no nível do mar e participam das medições descritas semanalmente.

Semana 5-8 (intervenção) – os participantes seguiram programas de treinamento individuais, frequentaram um campo de treinamento de quatro semanas em 2320 m acima do nível do mar em Sierra Nevada, Espanha. Os participantes foram hospedados no Centro de Alto Rendimiento (C.A. R) em Sierra Nevada, onde há instalações de formação de altitude, incluindo alojamento, instalações de formação e instalações médicas (<http://www.carsierranevada.com/>). A semana de exposição a altitude foi escolhida para garantir uma resposta hematológica completa, uma vez que três semanas estão próximas do limite de adaptação fisiológica, mesmo a 3.400 m de altura (33). Os participantes participaram das medições descritas realizadas semanalmente e do treinamento descrito e não deviam viajar para baixo da montanha por mais de 5-6 horas um dia por semana para garantir a exposição de hipóxia adequada.

Semana 9-12 (follow-up) - durante este período, os participantes seguem programas de treinamento individuais no nível do mar e participam das medições realizadas semanalmente

Suplementação de rHuEPO

Para investigar se os métodos descritos podem identificar biomarcadores sensíveis para a resposta fisiológica devido ao tratamento com rHuEPO, os participantes foram suplementados com rHuEPO. Foram divididos aleatoriamente em quatro grupos, conforme ilustrado na tabela abaixo. A tabela 1 mostra quando e quais grupos serão tratados com rHuEPO e placebo. A distribuição dos participantes permite o seguinte: -28 participantes receberam rHuEPO no nível do mar, identificando assim os biomarcadores sensíveis para uso de rHuEPO -28 participantes recebem placebo a exposição da altitude, por meio de que os biomarcadores sensíveis à exposição da altitude podem ser identificados -12 os participantes receberam o placebo no nível do mar, por meio de que

flutuações aleatórias dos biomarcadores identificados -12 participantes receberam rHuEPO na exposição à altitude, com biomarcadores identificados de rHuEPO para que pudessem separar indivíduos que receberam rHuEPO de indivíduos receberam placebo - 8 participantes receberam placebo a nível do mar e exposição à altitude, através do qual as flutuações individuais naturais e aleatórias podem ser determinadas durante um período mais longo (> 6 meses). Uma vez que flutuações individuais aleatórias podem ser determinadas em $n = 1$, $n = 8$ foi suficiente para determinar isso. As doses clínicas normais de rHuEPO utilizadas neste estudo foram 50 unidades internacionais (UI)/kg de peso corporal três vezes por semana. Os participantes tratados com rHuEPO durante o período de intervenção neste projeto de pesquisa receberam rHuEPO durante as primeiras 3 semanas do período de intervenção em doses subclínicas através de injeções intravenosas de 20 UI/kg de peso corporal Eprex (34) todos os dias durante três semanas, o que é esperado para ser suficiente para garantir uma resposta fisiológica suficiente. No tratamento com placebo, ao mesmo tempo que as injeções de rHuEPO recebem uma injeção intravenosa de 0,9% de cloreto de sódio em quantidades correspondentes às injeções de eprex. Ele será cego para o participante do julgamento se rHuEPO ou soro fisiológico é administrado.

Tabela 1. A distribuição do tratamento com rHuEPO e placebo nos dois períodos experimentais.

	N	Tratamento no nível do mar	Tratamento na altitude
Grupo A	20	rHuEPO	Placebo
Grupo B	8	rHuEPO	rHuEPO
Grupo C	8	Placebo	Placebo
Grupo D	4	Placebo	rHuEPO

Nutrição e suplementos alimentares

É conhecido que exposição a altitude aumenta a vazão simpática (35) que estimula o metabolismo básico, bem como a lipólise (36). Tem sido demonstrado anteriormente que o treinamento em ~ 2, 200m pode causar perda de gordura corporal em atletas olímpicos (37). Portanto, é importante monitorar a composição corporal do atleta durante o período de intervenção e garantir um peso corporal estável através da orientação dietética. Isto é conseguido através da avaliação semanal da composição corporal com a máquina InBody 570 de acompanhamento individual. Além disso, as concentrações de ferritina dos participantes foram mensuradas semanalmente e os participantes devem tomar 100 mg de ferro (Ferrosulfato) diariamente durante os dois períodos experimentais para garantir depósitos de ferro adequados ao aumento eritropoiese resultantes da suplementação de rHuEPO.

Treinamento

Os participantes seguiram o programa da agenda de treinamento em todo o período do estudo. O programa de treinamento foi adaptado ao indivíduo, incluindo uma combinação de corrida e força de 1-2 horas por dia. Todos os participantes foram equipados com um monitor de frequência cardíaca que detecta com precisão a exposição a altitude, velocidade de funcionamento e atividade diária. A intensidade do exercício foi analisada com base na taxa do tempo gasto em diferentes velocidades e trabalho: relação de repouso.

Volume sanguíneo

A mensuração do volume sanguíneo, da massa total de hemoglobina e do volume plasmático foi realizada semanalmente durante os dois ciclos experimentais pela inalação de uma pequena quantidade de monóxido de carbono misturado com 100% de oxigênio. A hemoglobina coligada, a concentração de hemoglobina e o hematócrito são analisados no radiômetro ABL 800 antes e após a inalação através de um exame de sangue. A amostra de sangue é coletada da ponta do dedo (em capilar) ou pela inserção de um "venflon" (mangueira plástica pequena) em uma veia do braço.

Performance

A performance dos participantes foi analisada semanalmente durante os dois ciclos experimentais, envolvendo testes em intensidades submáximas e máximas para fadiga. Durante estes testes, o sangue será recolhido através do venflon localizado no braço ou por uma por amostra sanguínea coletada da ponta do dedo. (Um registro em

formato de vídeo mostrando teste de performance bem como coletas de sangue da ponta do dedo (<https://www.facebook.com/altitudestudy/videos/1791058744274910/>). O objetivo das análises sanguíneas foi verificar as concentrações de metabólitos relacionadas à intensidade do trabalho, como o lactato. Ao mesmo tempo, vários parâmetros fisiológicos (pulso, pressão arterial, absorção de oxigênio, etc.) foram medidos com técnicas não invasivas.

Amostras de sangue e urina

Todas as amostras de sangue e urina foram coletadas de acordo com as diretrizes da Agência Mundial anti-doping. Amostras de sangue e urina foram coletadas semanalmente durante os dois ciclos experimentais. Durante o período experimental, a quantidade de sangue tomado correspondeu a menos de 25 ml por semana. Durante o período experimental, a quantidade de urina coletada correspondeu a menos de 100 ml por semana. O objetivo dos exames de sangue e urina foi identificar novos marcadores sensíveis a altitude e/ou a suplementação de rHuEPO.

Análises

O sangue total foi coletado em vacutainers separados em plasma e glóbulos brancos/vermelhos por centrifugação. O plasma é armazenado imediatamente a -80 ° C para posterior análise de biomarcadores relacionados ao metabolismo do ferro (Ex. hepcidina e eritroferrona).

Para a análise do Metabólica, as plaquetas (< 100 Ml) foram recolhidas em papel de filtro seco, que é o ar seco e armazenado no refrigerador. Além disso, o sangue total é coletado para a análise do Metabólica e do proteômica. O sangue é separado em plasma e glóbulos vermelhos/glóbulos brancos por centrifugação. Os glóbulos

vermelhos e plasmáticos são armazenados imediatamente a -80°C para posterior análise. Além disso, as amostras de urina são coletadas em copos estéreis. A densidade da urina é determinada por um refratômetro armazenado em -80°C . O objetivo dos testes foi identificar os biomarcadores sensíveis à exposição a altitude e/ou suplementação de rHuEPO.

Finalmente, sangue total e urina foram recolhidos para futuras pesquisas não especificadas. A amostra de sangue é separada em plasma e glóbulos brancos/vermelhos por centrifugação. O plasma é armazenado imediatamente a -80°C .

Todas as amostras recolhidas na Espanha foram enviadas para Copenhague, Dinamarca, com a finalidade de armazenamento no biobanco investigação estabelecida até a análise ou posterior expedição. Todos os riscos e desvantagens da pesquisa bem como seguro de viagens e coberturas estão no documento auxiliar ([Documento auxiliar VII – riscos e desvantagens](#)).

Estatística

Estudos anteriores do Instituto da Universidade de Copenhague demonstraram que com 8-12 participantes experimentais seria possível detectar pequenas mudanças, como por exemplo, pela ingestão de proteína de soro de leite (38). Portanto, $n = 28$ recebeu placebo a exposição a altitude e $n = 28$ recebeu rHuEPO durante nível do mar sendo suficiente para identificar biomarcadores de alta sensibilidade contra essas exposições.

Além disso, os biomarcadores identificados são validados por grupos menores ($n = 12$), ou seja, foi investigado se os biomarcadores podem ser usados para distinguir exposição a altitude de exposição altitude combinado com suplementação de rHuEPO.

Em última análise, o objetivo foi identificar marcadores para o uso indevido de rHuEPO ao nível do mar ou em combinação com o treinamento na altitude. Portanto, também é necessário, a nível individual, conhecer a flutuação normal a longo prazo. Isso foi investigado com $n = 8$ recebendo placebo no nível do mar e a exposição a altitude.

Uma perda amostral, no máximo, 25% dos participantes (correspondendo a $n = 10$) vai sair fora do experimento ao longo do caminho. Como já foi possível detectar pequenas alterações com os métodos usados em 8-12 participantes do teste, uma parcela de 10 participantes não terá um impacto significativo sobre o objetivo principal do estudo.

Resultados em análise

Os resultados apresentados estão relacionados ao acompanhamento e análise de 24 semanas de treinamento. Ressaltamos que o período de treinamento em altitude (Sierra Nevada - Espanha) os testes realizados foram os mesmos, realizados ao nível do mar. Não são todos os resultados que foram processados e analisados, ainda há dados que estão sendo analisados na Dinamarca e aqui no Brasil, ambos em conjunto.

Na figura 1 é possível observar que após o primeiro período de treinamento os avaliados diminuíram o peso, embora tenha havido uma diferença significativa entre os períodos, o objetivo foi verificar se as intervenções influenciaram no peso das atletas e não houve diferenças significativas observadas entre o nível do mar e a altitude.

Na figura 2 observamos uma queda nos valores de consumo de oxigênio após o primeiro período de intervenção, mas não houve diferença significativa após a intervenção (nível do mar), considerando que os participantes passaram dois meses totalmente sem atividades entre os períodos de avaliação. É possível observar que os

valores aumentaram consideravelmente após o período de treinamento em altitude revelando diferença significativa nas semanas 21 ($p = 0,0001$) e 23 ($p = 0,004$) em relação às semanas anteriores.

A Figura 3 mostra os valores individuais e médios do limiar anaeróbio (LAn) dos atletas, estes dados não estão totalmente processados, porém é interessante mostrar que ao final da intervenção do primeiro período houve uma diferença significativa em relação ao início do estudo e também com as 4 semanas de treinamento.

A figura 4 mostra os valores médios e desvio padrão do lactato semanalmente durante o treinamento e também mostram os valores médios do primeiro e segundo período de treinamento, os valores médios foram muito semelhantes, não foi encontrada diferença significativa após as intervenções.

Figura 1. Medidas médias de massa durante vinte e quatro semanas. Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro plano a nível do mar e segundo em altitude na Espanha

Figura 2. Valores médios do consumo máximo de oxigênio (VO_2) durante vinte e quatro semanas. Linhas pontilhadas é a média do grupo para cada período de 12 semanas. O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro a nível do mar e o segundo na altitude. Diferença significativa em relação às semanas anteriores. (p-valor < 0,05)

Figura 3. Medidas individuais do limiar anaeróbio (LAn) durante onze vezes (semanas) representadas por círculo e linha completa. Valores médios do grupo representado por linhas quadradas e pontilhadas. O LAn foi determinado com modelo de lactato fixo do modelo 4mM diferença significativa da semana 4. # diferença significativa da semana 1. (p-valor < 0,05)

Figura 4. Medidas médias de lactato (Lac) durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (ou seja, doze semanas). Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro a nível do mar e segundo na altitude.

A Tabela 2, Figuras 5 e 6, está relacionada aos hematócritos. A tabela mostra as possíveis correlações entre o LAn e o hematócrito, sendo possível observar uma única correlação e na figura 5 a relação entre essas duas variáveis é mostrada. Na figura 6 é possível observar o comportamento dos hematócritos durante os dois períodos de treinamento (24 semanas), sem diferenças significativas após as intervenções.

Tabela 2. Correlação entre limiar anaeróbio (LAn) e hematócrito (Hct)

	Hct_4	Hct_5	Hct_6	Hct_8	Hct_9	Hct_10	Hct_11	Hct_12
LAn_1	,914*	-,685	,417	,479	,265	,085	,134	,134
LAn_4	,464	-,599	,182	,270	,074	-,044	,028	,028
LAn_5	,962	-,519	,881	,952*	,705	,288	,487	,487
LAn_7	,683	-,239	,468	,557	,418	,277	,364	,364
LAn_8	,428	,311	,264	,305	,281	,190	,191	,191
LAn_9	,509	-,674	,424	,478	,217	-,124	-,062	-,062
LAn_11	,678	-,028	,594	,561	,531	,384	,356	,356

Os valores são coeficiente de correlação entre limiar anaeróbio (LAn) e hematócrito (HT) em diferentes tempos (semanas). * P <0,05

Figura 5. Relação entre hematócrito (Hct) e limiar anaeróbio (LAn).

Figura 6. Medidas médias dos hematócritos (Hct) durante vinte e quatro vezes (semanas). A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (isto é, doze semanas) e o segundo período (isto é, doze semanas). O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro plano marítimo e o segundo na altitude.

As Figuras 6 e 7 demonstram o comportamento médio de monóxido de carbono e carboxiemoglobina (COHb) durante 24 semanas de treinamento. Estas figuras demonstram valores antes e depois do teste de massa de hemoglobina total, nenhuma diferença significativa foi achada.

A Figura 8 demonstra os valores médios e o desvio padrão da pressão parcial do oxigênio parcial por 24 semanas. Apesar do valor médio das 12 semanas do segundo período de treinamento estar abaixo do primeiro. É possível observar que após o

período de intervenção em altitude os valores aumentam consideravelmente, apresentando diferença significativa nas duas semanas após a intervenção em altitude, semanas 23 ($p = 0,001$) e semanas 24 ($p = 0,001$).

A Figura 9 demonstra os valores médios e o desvio padrão da pressão parcial do dióxido de carbono. O comportamento desta variável é muito semelhante ao monóxido de carbono apresentando diferença significativa semanas 23 ($p = 0,001$) e semanas 24 ($0,01$) e na figura 11 os valores de pH mostrado em valores médios e desvio padrão, sem diferença significativa.

Figura 6. Medidas médias de monóxido de carbono (CO) durante vinte e quatro semanas. Os símbolos quadrados representam o CO exalado após dois min da massa total de hemoglobina e os símbolos circulares representam o CO que permaneceu na bolsa após a massa total de hemoglobina. Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro a nível do mar e segundo em altitude.

Figura 8. Medidas médias de carboxi-hemoglobina (COHb) durante vinte e quatro semanas. Os símbolos quadrados representam a COHb analisado antes da massa total de hemoglobina e os símbolos circulares representam a COHb após a massa total de hemoglobina. Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro plano marítimo e segundo em altitude.

Figura 8. Medidas médias da pressão parcial do oxigênio (pO₂) durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (ou seja, doze semanas). Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro a nível do mar e segundo na altitude.

Figura 9. Medidas médias de pressão parcial de dióxido de carbono (pCO₂) durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (isto é, doze semanas) e o segundo período (isto é, doze semanas). Retângulo escuro representa os períodos de intervenção primeiro a nível do mar e segundo na altitude. (p-valor < 0,05)

Figura 10. Medições médias do pH durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (isto é, doze semanas) e o segundo período (isto é, doze semanas). O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro a nível do mar e o segundo na altitude.

Na figura 11, 12 e 13 são apresentados os resultados de cálcio, sódio e potássio respectivamente. Os valores da média e desvio padrão são apresentados semanalmente e são apresentados em valores médios do primeiro e segundo períodos de treinamento, sem diferença significativa após as intervenções.

Figura 11. Medições médias de cálcio (Ca^{++}) durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (doze semanas) e o segundo período (doze semanas). O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro a nível do mar e o segundo na altitude.

Figura 12. Mostre as medidas médias de sódio (Na^+) durante vinte e quatro vezes (semanas). A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (isto é, doze semanas) e o segundo período (isto é, doze semanas). O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro plano marítimo e o segundo na altitude.

Figura 13. Medições médias de potássio (K^+) durante vinte e quatro semanas. A linha tracejada representa a média durante o primeiro período (doze semanas) e o segundo período (doze semanas). O retângulo escuro representa os períodos de intervenção do primeiro a nível do mar e o segundo na altitude.

Nas figuras 14, 15 e 16 são apresentados os resultados de performance, com ênfase no efeito da hipóxia sobre a altitude. Os resultados nas provas de curta distância onde o há predomínio do metabolismo anaeróbio como na performance de 30m os resultados durante o período de hipóxia mostraram uma diferença significativa para ambas as situações antes e depois do período de exposição, as semanas 18 e 20 foram significativamente diferente das semanas 1, 3, e 24 ($p=0,001$) e também diferente da semana 15 ($p=0,002$). Na figura 15 são apresentados os resultados da prova de 400 m onde não foram encontradas diferenças significativas com o período de exposição a hipóxia. A performance de 5000 m apresentou algumas diferenças significativas

principalmente após o período de exposição a hipóxia, a semana 22 e 24 apresentaram diferença significativa em relação a semana 1 e 18 ($p=0,01$), a semana 22 apresentou diferença em relação a semana 13 ($p=0,02$) e a semana 20 ($p=0,01$), além disso, a semana 18 apresentou diferença da semana 6 ($p=0,03$), 8 ($p=0,05$).

Figura 14. Medições médias da performance em 30m. O retângulo escuro demonstra o período de exposição a hipóxia. * diferença significativa da performance nas semanas 18 e 20. ($p\text{-valor} < 0,05$)

Figura 15. Medições da performance de 400 m em algumas semanas. O retângulo escuro demonstra o período de exposição a hipóxia.

Figura 16. Medições da performance de 5000m. O primeiro retângulo escuro demonstra o período de intervenção a nível do mar e o segundo foi o período de exposição a hipóxia na altitude. *diferença significativa das semanas 1 e 18. &diferença significativa das semanas 13 e 20. # diferença significativa das semanas 6 e 8. (p-valor < 0,05)

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reiterando o que foi mencionado na introdução deste documento, de como é grande a complexidade em torno da performance e de como ela pode ser influenciada por diversos fatores e ser observada por diferentes óticas. Como considerações finais sobre as diferentes abordagens em relação a performance, é que diferentes parâmetros fisiológicos podem ser utilizados para analisar as mudanças da performance ao longo de um ciclo de treinamento e de exposição á altitude.

Respondendo pergunta central da tese, parâmetros fisiológicos determinados pela variabilidade da frequência cardíaca não são uma ferramenta interessante para avaliar variações na performance em atletas de canoagem de alto nível, tendo em vista que não foi alterada significativamente e apresentou fracas correlações somente na situação pre treinamento.

Parâmetros determinados utilizando o teste específico da canoagem (*ten x 10s*) apresentaram-se como uma ferramenta interessante em prever performance, além disso, através do mesmo foi possível determinar parâmetros anaeróbios. Em relação aos parâmetros psicológicos avaliados por meio do questionário de humor é necessário cautela na sua utilização, uma vez que apenas na modalidade de canoa houve relação.

Parâmetros fisiológicos observados dos atletas submetidos a estresse ambiental foi demonstrado que a mudança de ambiente (altitude) é capaz de alterar a performance tanto e curta (30m) como de longa de distância (5000m), além disso foi observado uma melhora no VO₂max. Em relação aos parâmetros bioquímicos analisados estes mostraram não ser sensíveis a exposição a altitude (hipóxia).

Referências

1. Ferreira ABdH. Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa: Nova Fronteira; 1999.
2. Kiss M, Böhme MTS, Mansoldo AC, Regazzini M. Desempenho e talento esportivos. *Revista Paulista de Educação Física*. 2004;18(esp.):89-100.
3. Bangsbo J. Performance in sports--With specific emphasis on the effect of intensified training. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25 Suppl 4:88-99.
4. Fry RW, Morton AR, Keast D. Periodisation and the prevention of overtraining. *Can J Sport Sci*. 1992;17(3):241-8.
5. Samulski D. Psicologia do esporte: um manual para a educação física, fisioterapia e psicologia. *Psicologia do esporte: um manual para a educação física, fisioterapia e psicologia*. 2002:104-6.
6. Faurholt-Jepsen M, Kessing LV, Munkholm K. Heart rate variability in bipolar disorder: A systematic review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav R*. 2017;73:68-80.
7. Kenttä G, Hassmén P, Raglin JS. Mood state monitoring of training and recovery in elite kayakers. *European Journal of Sport Science*. 2006;6(4):245-53.
8. Miloski B, Aoki MS, de Freitas CG, de Arruda AFS, de Moraes HS, Drago G, et al. Does Testosterone Modulate Mood States and Physical Performance in Young Basketball Players? *J Strength Cond Res*. 2015;29(9):2474-81.
9. Coutts AJ, Reaburn P. Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Percept Motor Skill*. 2008;106(3):904-16.
10. Fry RW, Grove JR, Morton AR, Zeroni PM, Gaudieri S, Keast D. Psychological and Immunological Correlates of Acute Overtraining. *Brit J Sport Med*. 1994;28(4):241-6.

11. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med.* 2003;33(12):889-919.
12. Atlaoui D, Pichot V, Lacoste L, Barale F, Lacour JR, Chatard JC. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. *Int J Sports Med.* 2007;28(5):394-400.
13. Nummela A, Hynynen E, Kaikkonen P, Rusko H. Endurance Performance and Nocturnal HRV Indices. *Int J Sports Med.* 2010;31(3):154-9.
14. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med.* 2010;40(1):1-25.
15. Goda N, Kanai M. Hypoxia-inducible factors and their roles in energy metabolism. *International journal of hematology.* 2012;95(5):457-63.
16. Semenza GL. Regulation of erythropoietin production. New insights into molecular mechanisms of oxygen homeostasis. *Hematology/oncology clinics of North America.* 1994;8(5):863-84.
17. Vogt M, Puntchart A, Geiser J, Zuleger C, Billeter R, Hoppeler H. Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *J Appl Physiol (1985).* 2001;91(1):173-82.
18. Robertson EY, Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ, Anson JM. Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(2):379-87.
19. Truijens MJ, Toussaint HM, Dow J, Levine BD. Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. *J Appl Physiol (1985).* 2003;94(2):733-43.

20. Siebenmann C, Robach P, Jacobs RA, Rasmussen P, Nordsborg N, Diaz V, et al. "Live high-train low" using normobaric hypoxia: a double-blinded, placebo-controlled study. *J Appl Physiol* (1985). 2012;112(1):106-17.
21. Fazan R, Jr., Huber DA, Silva CA, Dias da Silva VJ, Salgado MC, Salgado HC. Sildenafil acts on the central nervous system increasing sympathetic activity. *J Appl Physiol* (1985). 2008;104(6):1683-9.
22. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *European heart journal*. 1996;17(3):354-81.
23. Godoy MF, Takakura IT, Correa PR. Relevância da análise do comportamento dinâmico não-linear (Teoria do Caos) como elemento prognóstico de morbidade e mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Arq Ciênc Saúde*. 2005;12(4):167-71.
24. Hautala A, Tulppo MP, Makikallio TH, Laukkanen R, Nissila S, Huikuri HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol*. 2001;21(2):238-45.
25. Rohlf's ICPdM. Validação do teste BRUMS para avaliação de humor em atletas e não atletas brasileiros. 2006.
26. Rohlf's ICPdM, Rotta TM, Luft CDB, Andrade A, Krebs RJ, Carvalho Td. A Escala de Humor de Brunel (Brums): instrumento para detecção precoce da síndrome do excesso de treinamento. *Rev bras med esporte*. 2008:176-81.
27. Berger BG, Motl RW, Butki BD, Martin DT, Wilkinson JG, Owen DR. Mood and cycling performance in response to three weeks of high-intensity, short-duration overtraining, and a two-week taper. *The Sport Psychologist*. 1999;13(4):444-57.

28. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Seppanen T, Makikallio TH, Huikuri HV, Tulppo MP. Saturation of high-frequency oscillations of R-R intervals in healthy subjects and patients after acute myocardial infarction during ambulatory conditions. *Am J Physiol-Heart C*. 2004;287(5):H1921-H7.
29. Celedon-Pattichis S, Peters SA, Borden LL, Males JR, Pape SJ, Chapman O, et al. Asset-Based Approaches to Equitable Mathematics Education Research and Practice. *J Res Math Educ*. 2018;49(4):373-89.
30. Papoti VT, Pegklidou K, Perifantsi E, Nenadis N, Demopoulos VJ, Tsimidou MZ. Antioxidant and aldose reductase inhibition activity of *Ligustrum japonicum* and *Olea europaea* L. leaf extracts. *Eur J Lipid Sci Tech*. 2011;113(7):876-85.
31. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res*. 2004;18(4):918-20.
32. Rowntree D. Statistics without tears: An introduction for non-mathematicians (reprint with minor corrections and new Further Reading ed.). London: Penguin; 2000.
33. Siebenmann C, Cathomen A, Hug M, Keiser S, Lundby AK, Hilty MP, et al. Hemoglobin mass and intravascular volume kinetics during and after exposure to 3,454-m altitude. *J Appl Physiol (1985)*. 2015;119(10):1194-201.
34. van Rijssel ER, Janssen APA, Males A, Davies GJ, van der Marel GA, Overkleeft HS, et al. Conformational Behaviour of Azasugars Based on Mannuronic Acid. *Chembiochem*. 2017;18(13):1297-304.
35. Mazzeo RS, Wolfel EE, Butterfield GE, Reeves JT. Sympathetic response during 21 days at high altitude (4,300 m) as determined by urinary and arterial catecholamines. *Metabolism: clinical and experimental*. 1994;43(10):1226-32.

36. McClelland GB, Hochachka PW, Reidy SP, Weber JM. High-altitude acclimation increases the triacylglycerol/fatty acid cycle at rest and during exercise. *American journal of physiology Endocrinology and metabolism*. 2001;281(3):E537-44.
37. Bonne TC, Lundby C, Jorgensen S, Johansen L, Mrgan M, Bech SR, et al. "Live High-Train High" increases hemoglobin mass in Olympic swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(7):1439-49.
38. Stanstrup J, Schou SS, Holmer-Jensen J, Hermansen K, Dragsted LO. Whey protein delays gastric emptying and suppresses plasma fatty acids and their metabolites compared to casein, gluten, and fish protein. *Journal of proteome research*. 2014;13(5):2396-408.
39. Schmidt W, Prommer N. The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol*. 2005;95(5-6):486-95.
40. Szanto C. *Racing canoeing*: International Canoe Federation; 2004.
41. RULES CS. International Canoe Federation.
42. Alves CRR, Klausener C. Canoagem de velocidade e caiaque polo: uma revisão narrativa. *ACTA Brasileira do Movimento Humano*. 2013;3(3):1-12.
43. Messias LHD, dos Reis IGM, Ferrari HG, de Barros Manchado-Gobatto F. Physiological, psychological and biomechanical parameters applied in canoe slalom training: a review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2014;14(1):24-41.
44. Hunter A, Cochrane J, Sachlikidis A. Canoe slalom - competition analysis reliability. *Sport Biomech*. 2007;6(2):155-70.
45. Messias LHD, Moreno MA, Vieira NA, Terezani DR, Bom DP, Gobatto FdBM. Efeitos do treinamento físico específico e monitorado sobre a variabilidade da frequência cardíaca de canoístas slalom. *Conexões*. 2013;11(1):16-28.

46. Zamparo P, Tomadini S, Didone F, Grazzina F, Rejc E, Capelli C. Bioenergetics of a slalom kayak (K1) competition. *Int J Sports Med.* 2006;27(7):546-52.
47. Dotan R, Inbar O, editors. 30-SEC All-out ergometric test-its reliability and validity for anaeribic capacity. *Israel Journal of Medical Sciences*; 1977: Israel Journal Med Sciences 2 Etzel ST, French Hill, Jerusalem 97853, Israel.
48. Noordhof DA, Vink AM, de Koning JJ, Foster C. Anaerobic capacity: effect of computational method. *Int J Sports Med.* 2011;32(6):422-8.
49. Nummela A, Alberts M, Rijntjes RP, Luhtanen P, Rusko H. Reliability and validity of the maximal anaerobic running test. *Int J Sports Med.* 1996;17 Suppl 2:S97-102.
50. Zamparo P, Capelli C, Guerrini G. Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. *Eur J Appl Physiol O.* 1999;80(6):542-8.
51. Messias LHD, Ferrari HG, Sousa FAB, dos Reis IGM, Serra CCS, Gobatto CA, et al. All-out Test in Tethered Canoe System can Determine Anaerobic Parameters of Elite Kayakers. *Int J Sports Med.* 2015;36(10):803-8.
52. Cheetham ME, Williams C, Lakomy HK. A laboratory running test: metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. *Br J Sports Med.* 1985;19(2):81-4.
53. Hawley JA, Williams MM. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *Int J Sports Med.* 1991;12(1):1-5.
54. Andrade VL, Zagatto AM, Kalva-Filho CA, Mendes OC, Gobatto CA, Campos EZ, et al. Running-based Anaerobic Sprint Test as a Procedure to Evaluate Anaerobic Power. *Int J Sports Med.* 2015;36(14):1156-62.
55. Papoti M, da Silva AS, Araujo GG, Santiago V, Martins LE, Cunha SA, et al. Aerobic and anaerobic performances in tethered swimming. *Int J Sports Med.* 2013;34(8):712-9.

56. Papoti M, Martins LEB, Cunha SA, Zagatto AM, Gobatto CA. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):538-42.
57. Papoti M, Vitória R, Araújo GG, Da Silva AS, Santhiago V, MARTINS LE, et al. Determination of Force Corresponding to Maximal Lactate Steady State in Tethered Swimming. *International journal of exercise science.* 2009;2(4):269.
58. Beneke R, Hutler M, Von Duvillard SP, Sellens M, Leithauser RM. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload. *Med Sci Sport Exer.* 2003;35(9):1626-30.
59. Alarcon E, Sanchez AA, Araguz C, Barrot G, Bou-Balust E, Camps A, et al. Design and Optimization of a Polar Satellite Mission to Complement the Copernicus System. *Ieee Access.* 2018;6:34777-89.
60. Messias LHD, Ferrari HG, Reis IGM, Scariot PPM, Manchado-Gobatto FB. Critical Velocity and Anaerobic Paddling Capacity Determined by Different Mathematical Models and Number of Predictive Trials in Canoe Slalom. *J Sport Sci Med.* 2015;14(1):188-93.
61. Ferrari HG, Messias LHD, Reis IGM, Gobatto CA, Sousa FAB, Serra CCS, et al. Aerobic Evaluation in Elite Slalom Kayakers Using a Tethered Canoe System: A New Proposal. *Int J Sport Physiol.* 2017;12(7):864-71.
62. Messias LHD, Ferrari HG, Pesquero JB, Milanski M, Esteves AM, Rojas MF, et al. Can the elite slalom kayaker's performance be correlated with anthropometric, nutritional, genetic, psychological as sleep traits? *Motriz: Revista de Educação Física.* 2018;24(2).
63. White A, Hardy L. An in-depth analysis of the uses of imagery by high-level slalom canoeists and artistic gymnasts. *The Sport Psychologist.* 1998;12(4):387-403.

64. Males JR, Kerr JH, Gerkovich MM. Metamotivational states during canoe slalom competition: A qualitative analysis using reversal theory. *J Appl Sport Psychol.* 1998;10(2):185-200.
65. MacIntyre TE, Moran AP. A qualitative investigation of imagery use and meta-imagery processes among elite canoe-slalom competitors. *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity.* 2007;2(1).
66. Carr CM. Sport psychology: psychologic issues and applications. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America.* 2006;17(3):519-35.
67. Jones MV. Controlling emotions in sport. *The Sport Psychologist.* 2003;17(4):471-86.
68. Filaire E, Alix D, Ferrand C, Verger M. Psychophysiological stress in tennis players during the first single match of a tournament. *Psychoneuroendocrinology.* 2009;34(1):150-7.
69. Mellalieu SD, Hanton S, Thomas O. The effects of a motivational general-arousal imagery intervention upon preperformance symptoms in male rugby union players. *Psychology of Sport and Exercise.* 2009;10(1):175-85.
70. Benedito NMC. A ansiedade, o coping e a motivação: um estudo na modalidade de canoagem, disciplina de Slalom e velocidade 2011.
71. Ferreira PG, Ferreira HR, Facco Stefanello JM. Association of BRAMS with Physiological Variables during a Maximum Test in High Performance Kayak Athletes. *Journal of Exercise Physiology Online.* 2017;20(3).
72. Vanderlei LCM, Pastre CM, Hoshi RA, de CARVALHO TD, de GODOY MF. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular/Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery.* 2009;24(2):205-17.

73. Acharya UR, Joseph KP, Kannathal N, Lim CM, Suri JS. Heart rate variability: a review. *Med Biol Eng Comput.* 2006;44(12):1031-51.
74. Schmitt L, How P, Millet GP, Roels B, Richalet JP, Fouillot JP. Heart rate variability and performance at two different altitudes in well-trained swimmers. *Int J Sports Med.* 2006;27(3):226-31.
75. Ferreira PG, Ferreira HR, Loures JP, Stefanello JMF. Autonomous Modulations and Self-Confidence of High Performance Athletes. *Journal of Exercise Physiology Online.* 2017;20(4):1-11.
76. Schafer D, Gjerdalen GF, Solberg EE, Khokhlova M, Badtieva V, Herzig D, et al. Sex differences in heart rate variability: a longitudinal study in international elite cross-country skiers. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(10):2107-14.
77. Coutts AJ, Reaburn P. Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. *Percept Mot Skills.* 2008;106(3):904-16.
78. Hadala M, Cebolla A, Baños R, Barrios C. Mood profile of an America's Cup team: relationship with muscle damage and injuries. *Med Sci Sport Exer.* 2010;42(7):1403-8.
79. Paul M, Garg K. The Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Performance Psychology of Basketball Players. *Appl Psychophys Biof.* 2012;37(2):131-44.
80. Merati G, Maggioni MA, Invernizzi PL, Ciapparelli C, Agnello L, Veicsteinas A, et al. Autonomic modulations of heart rate variability and performances in short-distance elite swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(4):825-35.
81. Medbo JJ, Mohn AC, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted OM. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md : 1985).* 1988;64(1):50-60.

82. Gastin P. Quantification of anaerobic capacity. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 1994;4(2):91-112.
83. Reis VM, Carneiro AL. Metodologia de estimativa de déficit de oxigênio acumulado. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*. 2008;13(3):35-42.
84. Medbø JJ, Burgers S. Effect of training on the anaerobic capacity. *Med Sci Sport Exer*. 1990;22(4):501-7.
85. Weber CL, Schneider DA. Increases in maximal accumulated oxygen deficit following high-intensity interval training are not gender dependent. *Journal of applied physiology*. 2002.
86. Jones MJ, Peeling P. A comparison of laboratory-based kayak testing protocols. *Int J Sport Physiol*. 2014;9(2):346-51.
87. Garrett WE, Kirkendall DT. *Exercise and sport science*: Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
88. Dehnes Y, Shalina A, Myrvold L. Detection of recombinant EPO in blood and urine samples with EPO WGA MAIIA, IEF and SAR-PAGE after microdose injections. *Drug testing and analysis*. 2013;5(11-12):861-9.
89. Bejder J, Hoffmann MF, Ashenden M, Nordsborg NB, Karstoft K, Morkeberg J. Acute hyperhydration reduces athlete biological passport OFF-hr score. *Scand J Med Sci Sports*. 2016;26(3):338-47.
90. Bonne TC, Lundby C, Lundby AK, Sander M, Bejder J, Nordsborg NB. Altitude training causes haematological fluctuations with relevance for the Athlete Biological Passport. *Drug testing and analysis*. 2015;7(8):655-62.
91. Schumacher YO, Garvican LA, Christian R, Lobigs LM, Qi J, Fan R, et al. High altitude, prolonged exercise, and the athlete biological passport. *Drug testing and analysis*. 2015;7(1):48-55.

DOCUMENTO AUXILIAR I - ATIVIDADES REALIZADAS

No primeiro ano (2015), foi o ano de ingresso no curso de doutorado na Universidade de São Paulo (USP) - Ribeirão Preto no Programa de Reabilitação e Desempenho Funcional, ocasião em que ainda residia e trabalhava na cidade de Curitiba/PR como fisiologista da Seleção Brasileira de Canoagem, fato que me motivou a desenvolver este projeto tendo como participantes canoístas de alto nível aliando com linha de pesquisa já desenvolvida pelo laboratório.

Durante este ano ainda cursei, de modo concomitante às atividades em Curitiba, duas disciplinas em Ribeirão Preto/SP, "Tópicos especiais em prática docente e pesquisa em fisioterapia" e "Tópicos avançados em treinamento de força". Posteriormente cursei uma disciplina na Universidade Federal do Paraná, intitulada "Tópicos especiais em atividade física e saúde II: programação em Malab.[®] aplicada ao processamento e análise de sinais biológicos.

Além disso, trabalhei nos dados obtidos em experimentos anteriores, alguns deles fomentados pela FAPESP, que foram publicados um artigo em revista de boa circulação na área [Qualis: A1 (Specific Determination of Maximal Lactate Steady State in Soccer Players. Journal of Strength and Conditioning Research); Fator de impacto: 2,6, um resumo expandido e três resumos simples. Os resumos foram publicados nos anais do IX Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana, realizado na cidade de Rio Claro no ano de 2015.

No segundo ano de curso (2016), foram realizadas mais duas disciplinas em Ribeirão Preto-SP, intituladas "Ética em pesquisa" e "Metodologia da pesquisa científica em educação física e esporte". Próximo aos Jogos Olímpicos de Verão do Rio de Janeiro, encerrei minhas atividades como fisiologista, podendo assim me dedicar

exclusivamente aos estudos e ao Grupo de Estudos em Ciências Fisiológicas e Exercício (GECIFEX), que é coordenado pelo Prof. Dr. Marcelo Papoti, na Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto-SP.

Minhas metas iniciais foram; finalizar os artigos que estavam em preparação, elaborar o projeto de pesquisa para o doutorado e submetê-lo para a FAPESP. Nos últimos 4 anos, colaborei com a publicação de onze artigos sendo quatro, relacionados diretamente com a canoagem, (i.e. Acute Oxidative Effect, and Muscle Damage after a Maximum 4 Min Test in High Performance Athlete; Correlations between Performance and 4-Min Maximum Efforts in Olympic Kayaking Athletes; Effects of supplementation β -hydroxy- β -methylbutyrate in mechanical efficiency in elite paddlers; Autonomous modulations and self-confidence of high-performance athletes).

O projeto principal da minha tese foi submetido a FAPESP no dia 20 de janeiro de 2017, sendo aprovado dia 20 de fevereiro. Todos os procedimentos envolvidos no projeto principal foram aprovados pelo comitê de ética em pesquisa da Escola de Educação Física e Esportes de Ribeirão Preto, no dia 29 de novembro (nº 61569116.5.0000.5659). Após a aprovação do projeto pela FAPESP, foram programadas as avaliações de modo que a interferência no treinamento dos atletas da seleção brasileira fosse o menor possível, as coletas tiveram duração de seis semanas.

Em 2017, dois artigos científicos foram publicados, sendo um deles com a modalidade (canoagem) proposta a ser investigada durante o projeto. Além disso, o nosso grupo de estudos participou do X Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana, novamente realizado na cidade de Rio Claro-SP. Nesta oportunidade foram apresentados dois resumos expandidos e um resumo simples como minha colaboração, além disso em abril deste ano foi realizado o exame de qualificação, sendo considerado aprovado.

Além das atividades diretamente relacionadas ao desempenho acadêmico e ao projeto da tese, outras atividades paralelas foram desenvolvidas no Grupo de Estudos em Ciências Fisiológicas e Exercício (GECIFEX), que é coordenado pelo Prof. Dr. Marcelo Papoti. Dentre as atividades, destacam-se a confecção de projetos de pesquisa (1 de iniciação científica, 1 da categoria regular [FAPESP: 2013/15322-3]), e relatórios científicos (1 de iniciação científica, 1 projeto regular e mestrado 2015/24833-7–FAPESP).

Em janeiro de 2018 foi submetido projeto inicial de estágio no exterior para a FAPESP, sendo aprovado no dia 5 de março e dia 6 de abril iniciou-se a bolsa de estágio de pesquisa no exterior (BEPE) em Copenhague na Dinamarca, no “Institut August Krogh”.

Na Dinamarca eu participei do estudo intitulado “Identification of biological markers for hypoxic exposure and use of recombinant human erythropoietin”. A luta contra o doping é constante sendo necessário educação, investigação e monitoramento biológico e este estudo foi direcionado a essa questão. Desenvolvido em dois períodos de treinamento em campo de quatro semanas, o primeiro a nível do mar e o segundo na altitude (realizada na Espanha – Centro de alto rendimento [CAR]), separados por um período de dois meses. As principais hipóteses desta investigação eram que métodos metabólicos e proteicos podem identificar biomarcadores sensíveis à exposição à altitude e ao tratamento com eritropoietina humana recombinante, respectivamente. Secundariamente, a hipótese é que os biomarcadores identificados podem distinguir entre a exposição à altitude e o abuso da eritropoietina humana recombinante (rHuEPO). Durante esse período de estágio no exterior tive a oportunidade de vivenciar, aprender diferentes técnicas de laboratórios, manusear vários instrumentos ligados a técnica de reabsorção de CO, e também a marcadores biológicos. Concomitantemente a

todos esses parâmetros de investigação observamos as flutuações da performance ao longo de todo esse período. O aprendizado científico, profissional é inegável, mas penso ser extremamente importante destacar o aprendizado pessoal que a BEPE proporcionou.

([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR II - REVISÃO DE LITERATURA

Uma busca sistematizada na base de dados Pubmed com a sintaxe “(((((((“heart rate variability”) OR autonomic) OR “autonomic nervous system”) OR performance) OR “state humor”)) AND ((((((canoeing) OR canoe) OR kayaking) OR kayak) OR paddlers) OR rowers)))))” foi realizado durante todo o período de doutoramento.

Canoagem

O esporte como canoagem é mais recente quando comparado a utilização de embarcações, o primeiro marco da canoagem na história foi encontrado a mais de 6000 anos atrás pelo inglês Leonard Woolley em uma tumba de um rei sumério, o qual encontrou uma canoa e um remo feitos de prata. Outros dados históricos mostram representações de canoa encontrada num mural pintado, datado de 1.150 anos a. C e também 700 a. C. no Tikal, Guatemala. Cristóvão Colombo o primeiro a introduzir a palavra “piragua” (canoa em espanhol) na Europa, o que definiu o conceito de barco sem plataforma (40).

Por conta das origens é possível determinar dois tipos de embarcações, o caiaque e a canoa. O caiaque era construído de ossos e pele de animal, o canoísta utilizava um remo com duas pás. A palavra caiaque (Ki ak) significa “homem-barco” na língua dos esquimós na Groelândia. Enquanto que a Canoa eram barcos abertos construídos para

trocas, viagens, para a guerra, em todos os tamanhos e feito de vários materiais diferentes (40).

Nos jogos olímpicos de Berlim de 1936 a canoagem é incluída permanentemente até os dias atuais, primeiramente foram incluídas provas de 1000m em ambas as modalidades canoa (C) e caiaque (K).

Dentro do esporte canoagem existem várias modalidades esportivas segundo International Canoe Federation (ICF)(41), são: velocidade, slalom, adaptada, descida, maratona, oceânica, onda/surf, caiaque polo, rafting, rodeio, canoa hawaiana, dragon boat e canoagem a vela (42).

Especificamente a canoagem Slalom, é caracterizada por descidas em rios, movidos por corredeiras, ou em pistas artificiais (200 a 400m), onde devem ser superados obstáculos como pedras e desníveis, passando por “portas”, as quais podem ser a favor (verdes e brancas) ou contra a correnteza do rio (vermelhas e brancas), sendo que o objetivo é completar a prova no menor tempo possível, com o menor número de penalidades, exigindo, dessa forma, específica demanda energética.

A história da canoagem começa em 1932 na tentativa de reproduzir o ski slalom durante o verão, essa modalidade foi inserida nas olimpíadas em Munique em 1972, porém ficou fora dos jogos por 20 anos, voltando aos jogos em Barcelona onde permanece até os dias atuais (40, 43).

Segundo ICF (41) o comprimento mínimo e máximo das provas são de 200 e 400m, o curso da prova deve ser navegável para o K1 em um tempo próximo de 95s. As categorias da canoagem slalom são caiaque individual (K1) no qual o atleta permanece sentado e utiliza remo de duas pás, canoa individual (C1) o atleta permanece ajoelhado e utiliza remo de uma pá, sendo disputada por indivíduos do sexo masculino e feminino, canoa de dupla (C2) disputado por indivíduos do sexo masculino e também pode ser

mista (um homem e uma mulher), as medidas das embarcações permitidas são: K1e C1- comprimento e largura mínimo 3,50m e 0,60m respectivamente com peso mínimo de 9kg. C2 - comprimento e largura mínimos 4,10m e 0,75m respectivamente com peso mínimo 15kg.

As diferentes embarcações além de exigir uma postura diferente também faz com que os remadores utilizem técnicas diferentes, remadores da canoa possuem uma alavanca maior comparado ao caiaque porque sua postura (ajoelhado) permite isso, o centro de gravidade deles é mais alto e o tempo da alavanca é maior (44).

Sendo o objetivo das provas de canoagem slalom é percorrer o curso da prova o mais rápido possível com o menor numero de penalidades, o atletas devem superar obstáculos passando por “portas”, as quais podem ser a favor (verdes e brancas) ou contra a correnteza do rio (vermelhas e brancas), a largura mínima e máxima das “portas” deve ser de 1,2 e 4,0m respectivamente (41).

Aeróbio e anaeróbio

Estudos científicos com a canoagem em sua maioria estão voltados a modalidade de velocidade, sendo uma parcela pequena de estudos direcionados a canoagem Slalom, assim como mencionado por Messias et al. (43) em revisão.

Apesar das principais provas de canoagem velocidade (500 e 1.000m) apresentarem predomínio das vias aeróbias 78,30 e 86,61%, respectivamente, os treinadores são orientados a treinar também o sistema anaeróbio, uma vez que no início da prova, independentemente da distância, existe grande ativação do sistema anaeróbio (18). Canoagem Slalom possui características específicas e os atletas praticantes requerem alto nível de capacidade aeróbia e potência anaeróbia (43, 45). As

competições exigem grande resposta cardiovascular, Zamparo et al. (46) determinaram em simulador que 45,2% eram do predomínio aeróbio, enquanto 29,9 e 24,9% referentes ao predomínio láctico e alático respectivamente. Ainda que os protocolos que investigam linhas fisiológicas do metabolismo aeróbio sejam mais desenvolvidos em comparação ao metabolismo anaeróbio, diversos estudos tem investigado métodos indiretos para a sua determinação em diferentes modalidades (47-49) e na canoagem (46, 50, 51) revelando a importância desse metabolismo no sucesso da modalidade.

Na avaliação da potência anaeróbia o teste de Wingate (47) é comumente utilizado, no entanto, embate na especificidade dificultando a sua utilização. Por meio do conceito do Wingate é possível determinar parâmetros como potência pico, potência média e índice de fadiga e vários estudos tem investigado, modificando-o para diferentes modalidades (52-57). Neste sentido Messias et al. (51) utilizando o sistema de canoa atada demonstraram que all out 30s é um teste capaz de determinar parâmetros anaeróbios, além disso o mesmo tem relação com o desempenho em canoístas da modalidade Slalom, este foi o primeiro estudo a aplicar o sistema atado na canoagem Slalom.

A máxima fase estável de lactato (MFEL) tem sido aceito como o teste mais “robusto” na determinação da capacidade aeróbia (58). No entanto para sua aplicação é limitada pois são necessários vários dias ($\approx 3-4$) de teste com cargas constantes com duração de 30 min, o que dificulta sua utilização na rotina de treino.

Neste sentido alternativas tem sido propostas tal como modelo de potência crítica (59) para determinar parâmetros aeróbios e anaeróbios. Manchado-Gobatto et al. (43) tentando manter as características da canoagem Slalom (realizaram os testes na água) observaram não haver correlação entre o limiar anaeróbio (59) e velocidade crítica

(análoga a PC), também não encontraram correlação entre o tempo total e capacidade de remada anaeróbica (análoga a capacidade de trabalho anaeróbio), sugerindo a aplicabilidade e sensibilidade do teste para determinar o limiar anaeróbio (LAn) e sugerindo maiores investigações a respeito de teste não invasivo como velocidade crítica.

Posteriormente o mesmo grupo testou diferentes ensaios (combinações de esforços) e também modelos matemáticos para estimar parâmetros aeróbios e anaeróbio (60), os resultados mostraram que o melhor coeficiente de determinação (R^2) foi obtido através do modelo linear, e quando o tempo de esforço maior que 74s era necessário dois ou três esforços para estimar parâmetros aeróbios e anaeróbios de maneira confiável. Recentemente com uma nova proposta de avaliação aeróbia para atletas de canoagem Slalom Ferrari et al. (61) compararam MFEL e velocidade crítica utilizando diferentes modelos matemáticos em canoa atada como uma nova estratégia de avaliar aerobiamente atletas de canoagem Slalom e encontraram que o modelo matemático hiperbólico representa a MFEL, sendo assim, uma estratégia não invasiva e de baixo custo para avaliar e prescrever treinamento aeróbio.

Parâmetros psicológicos

Como mostraram Messias et al. (43) em revisão, estudos relacionados a aspectos psicológicos tem ganho destaque, abrangendo 29% das publicações relacionadas a canoagem, no entanto, ainda as pesquisas são escassas (62).

Assim como é necessário ter um alto desempenho físico é também necessário ter um alto nível psicológico. White e Hardy (63) mostraram a importância do treinamento imaginário da prova assim que os atletas conheciam o percurso, uma vez que os mesmos não tem oportunidade de praticar neste percurso. O controle da ansiedade e

nervos por meio da visualização são interessantes para complementar a preparação (64). Corroborando com esses estudos Macintyre and Moran (65) apontam que canoagem slalom necessita de alto planejamento e que canoístas utilizam regularmente treinamento imaginário em competições.

Segundo Samulski (5), a incapacidade de lidar com situações esportivas, principalmente em situações de pré-competição, pode gerar reações psicológicas que levarão o atleta ao fracasso. Sendo notório que a redução do desempenho pode estar ligado a fatores psicológicos (8, 66). Os efeitos da relação entre o estado de humor e desempenho pode contribuir para tanto nos episódios de treinamento quanto de competições (67-69).

Quando comparados os atletas da canoagem Slalom com canoagem velocidade, aqueles demonstram maiores níveis de ansiedade e motivação, e apontaram que isso é determinado pelas características da modalidade, além disso que atletas da modalidade Slalom utilizam mais estratégias de coping (“estratégias de confronto”) (70).

Recentemente foi analisado o estado de humor e ansiedade de atletas de canoagem Slalom e seus resultados evidenciaram que os níveis de ansiedade dos atletas deve ser investigado considerando melhorar desempenho, não foram encontradas correlações significativas entre o estado de humor e performance, no entanto, os autores reforçam a preparação psicológica objetivando melhora no desempenho (62). Da mesma forma Ferreira et al. (71) observaram fracas correlações entre variáveis de teste de ergômetro (FC, [Lac] e frequência de remada) e estado de humor.

Com base na literatura fica notório a importância de fatores psicológicos no desempenho da performance, sendo fundamental utilização de ferramentas para avaliar, e treinar esses fatores.

Variabilidade da frequência cardíaca

O sistema nervoso autônomo (SNA) faz o controle do sistema cardiovascular em partes através de terminações simpáticas em todo o miocárdio atrial e terminações parassimpáticas no nodo atrioventricular.

A FC adapta-se às necessidades de cada momento com base em informações aferentes tendo como resposta a integração de estímulos e inibição através de vias simpática e parassimpática (72). Quando acontece um aumento da FC, ocorre a inibição vagal, a atividade simpática tem maior ação enquanto que a parassimpática encontra-se diminuída, isso tudo depende do predomínio da atividade vagal (11, 73). Alteração da FC é chamada variabilidade da frequência cardíaca (VFC) que é a variação dos intervalos entre os batimentos cardíacos consecutivos (intervalos R-R) as quais estão ligadas às influências do SNA. Atualmente, a VFC tem ganhado destaque nas ciências do esporte, uma vez que é uma ferramenta não invasiva que demonstra respostas autonômicas. A VFC tem sido utilizada para avaliar a adaptação e fadiga quando se realiza o treinamento (74).

Apesar do número elevado de publicações referentes a VFC, quando conciliados os termos VFC e canoagem slalom poucas investigações são encontradas (duas).

Ferreira et al. (75) determinaram correlação entre questionário de autoconfiança e VFC na modalidade de canoagem, revelando significativas correlações entre questionário de autoconfiança em tarefas físicas e o treinamento com parâmetros ligados a atividade parassimpática (RMSSD e HF).

Messias et al. (51), que investigaram as respostas da VFC sobre o efeito do treinamento de sete semanas de atletas de canoagem, apontando predomínio parassimpático na modulação da frequência cardíaca, sem alterações significativas durante esse período. Os autores apontaram que a falta de alteração da VFC é devida ao

nível de treinamento dos atletas. Especulam que esses atletas tinham alcançado o ponto máximo de marcadores da atividade vagal, conhecido como potencial de saturação dos receptores vagais (28, 45, 76) e pelo curto período de investigação, porém, havia um número reduzido de participantes, além disso, não investigaram possíveis relações com desempenho e avaliaram somente parâmetros ligados à atividade parassimpática (RMSSD e PNN50). Schäfer et al. (76) concluíram que, independente do período de treinamento, a VFC é ferramenta útil para monitorar o treinamento de atletas altamente treinados, considerando que a canoagem velocidade e canoagem Slalom, respectivamente, requerem alto nível de capacidade aeróbia e potência anaeróbia (46, 51, 61), sendo de fundamental importância o monitoramento, controle e prescrição do treinamento. ([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR III – JUSTIFICATIVA

O treinamento de atletas olímpicos perfaz o modelo de treinamento de categorias de base e de iniciação, ligado à importância de avaliar atletas olímpicos e também devido ao potencial do país no desenvolvimento da modalidade de canoagem Slalom torna-se relevante determinar parâmetros que objetivem melhorar o desempenho e evitar estado de super treinamento.

O POMS é constituído por sessenta e cinco itens, que avaliam o estado de humor, inicialmente desenvolvido para a aplicação em pacientes psiquiátricos, no entanto, atualmente é utilizado para o monitoramento do nível estresse de atletas, a partir de respostas baseadas em autoanálise (7, 8, 77). A partir desse questionário é desenvolvido um perfil global de humor, o qual tem mostrado associações com mudanças nos parâmetros do treinamento (78). Uma versão reduzida e brasileira do POMS, mais específica ao esporte é a Escala de Brunel, escala de Humor Brasileira

(Brums) contendo vinte e quatro itens que avaliam o estado de humor validada por Rohlfs (25, 26). Encontramos um único estudo recente que objetivou verificar as possíveis relações do estado de humor com o desempenho na modalidade de canoagem Slalom, os resultados não revelaram relações, porém destacam a importância de que vários fatores são determinantes para o sucesso como por exemplos parâmetros psicológicos e nutricionais (62). Porém o estudo não utilizou a versão adaptada para brasileiros e também ao determinar o desempenho não consideraram as possíveis penalidades cometidas.

Tem sido constatado, em outras modalidades, que as respostas autonômicas (determinadas por meio da VFC) apresentam relações com o desempenho (12, 74, 79, 80), além disso, é imprescindível verificar se questionários e testes (anaeróbios), frequentemente utilizados, apresentam relação com o desempenho na modalidade de canoagem Slalom.

Para avaliação da capacidade anaeróbia, o “padrão-ouro” é o Máximo Déficit de Oxigênio Acumulado (MAOD) (81) pela fundamentação teórica que abrange (82). O MAOD é determinado pela diferença entre a demanda teórica e o real consumo de oxigênio (VO_2 acumulado), observado durante o esforço supramáximo. A Demanda Energética Teórica (DeT) é obtida através da regressão e, posteriormente, extrapolação linear da relação existente entre o consumo de oxigênio (VO_2) vs intensidades (velocidade ou potência) submáximas (35-100%; abaixo do consumo máximo de oxigênio - $VO_{2máx}$) (83). O MAOD apresenta-se como um teste válido uma vez que mostra sensibilidade ao treinamento, após seis semanas para homens (84) e, para ambos os sexos, após oito semanas de treinamento (85), sendo assim o indicador mais confiável da capacidade anaeróbia (83). A determinação do MAOD, no entanto, é de

difícil inserção na rotina de treinamentos, uma vez que são necessárias várias avaliações (aproximadamente dez esforços submáximos e um supramáximo), inviabilizando sua aplicação. Na canoagem, Maddison e Pelling (86) compararam dois testes, MAOD e o 7x4min Incremental Step Test (7-ST) com o objetivo de verificar VO_{2max} e limiar anaeróbio. Nesse sentido, recentemente Messias et al.(51), utilizando esforço máximo de 30s com “caiaque atado”, encontraram que esse é um método útil para determinar parâmetros anaeróbios de canoagem, sugerindo que fornecimento energético é similar em testes de esforço máximo e prova simulada.

Embora bastante promissor, infelizmente, o “caiaque atado” ainda não é uma ferramenta de avaliação presente na rotina dos atletas durante os treinamentos, provavelmente por necessitar de equipamentos específicos e de mão de obra especializada. Além disso, todas as remadas durante o teste de “caiaque atado” são consideradas propulsivas (51), porém, Hunter et al.(44) afirmaram que, durante a competição de canoagem Slalom, somente 67-71% das remadas são propulsivas.

Observando a rotina de treinamento dos atletas de canoagem, percebe-se a utilização, por parte da comissão técnica, do teste *ten x 10s*, proposto por Dohrmann, Marsha (87) com o propósito de simular uma prova de canoagem Slalom. Tendo em vista que, durante as competições de canoagem Slalom, não são todas as remadas consideradas propulsivas (44), nesse sentido o teste *ten x 10s* enquadra-se, uma vez que consiste na realização de esforços repetitivos (remadas), com intervalos passivos. Na prática, esse teste tem mostrado relação com o desempenho, dada a importância da contribuição anaeróbia para as provas de canoagem Slalom. Esse é um teste de fácil aplicação e frequentemente utilizado pelos treinadores, no entanto, não foram encontrados estudos objetivando mensurar parâmetros anaeróbios e as relações com o desempenho em prova simulada.

A partir das informações expostas, a maioria dos estudos com canoagem tem como objetivo investigar a modalidade de velocidade, dada as características específicas da modalidade Slalom e o potencial geográfico do país, para o desenvolvimento da modalidade. Existe limitação da literatura em relação aos procedimentos de monitoramento, avaliação da potência da remada, respostas fisiológicas, ligadas aos parâmetros anaeróbios, e a investigação da dinâmica de distribuição das cargas de treinamento, de modo concomitante, aos ajustes autonômicos e de desempenho levando em consideração as penalidades. ([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR IV – FIGURAS DO CICLO OLÍMPICO

Figura 1. Desenho esquemático dos procedimentos que foram realizados durante as avaliações e período de treinamento ([Voltar ao documento principal](#))

Figura 2. Atletas realizando os procedimentos para a medida da variabilidade da frequência cardíaca. (B) Equipamento Polar Team ® (Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia) utilizado para determinar a variabilidade da frequência cardíaca. ([Voltar ao documento principal](#))

Figura 3. Ergômetro utilizado no teste *ten x 10s*, (A) o ergômetro sem alterações e (B) o ergômetro com carenagem de barco acoplada. ([Voltar ao documento principal](#))

Figura 4. Projeção da pista utilizada para que em ambas as avaliações as condições fossem exatamente a mesma. ([Voltar ao documento principal](#))

Figura 5. Foto real da pista onde foram realizadas as provas simuladas para determinação do desempenho. ([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR V – JUSTIFICATIVA DE ATLETAS SUBMETIDOS A ESTRESSE AMBIENTAL (ALTITUDE)

O trabalho contra a dopagem no esporte requer um enfoque contínuo na educação, investigação e monitorização biológica. Embora tenham sido realizados progressos significativos ao longo dos últimos 30 anos na tentativa de reduzir a propagação da dopagem, nomeadamente a criação da Agência Mundial Antidoping (WADA), bem como outras iniciativas de organizações desportivas internacionais. Infelizmente, é uma luta contínua abordar programas de doping com métodos sólidos e válidos. Recentemente programas de detecção de doping apoiados pelo governo da Rússia, bem como a representação de atletas dopados, por exemplo, Quênia e Jamaica mostra que há uma obrigação contínua de desenvolver métodos novos e mais eficazes para prevenir e identificar o abuso de doping.

Em desportos de resistência, o abuso de eritropoietina humana recombinante (rHuEPO) é prevalente. Foram tomadas medidas importantes para neutralizar esta forma de doping, incluindo a medição direta (88) e determinação indireta por "passaporte biológico do atleta" (89). No entanto, os métodos existentes para revelar as drogas utilizadas tem vários problemas incorporados, um específico ocorre quando a residência do atleta e o exercício ocorrem em regiões de alta altitude, pois a exposição a hipóxia provoca alterações na porcentagem de reticulócitos de sangue e a concentração de hemoglobina (90, 91). Como variáveis hematológicas são parâmetros chave no passaporte biológicos dos atletas a interpretação de suas flutuações é de extrema necessidade. Essas flutuações podem ser cruciais para saber se os valores hematológicos do atleta no passaporte biológico são interpretados como normais ou anormais.

Identificar um biomarcador sensível poderia melhorar a interpretação dos valores sanguíneos do atleta no passaporte biológico.

Além disso, atualmente os métodos utilizados para determinar abusos rHuEPO são desafiados por uma rápida diminuição na sensibilidade (88) e influência de mascaradores por rastreamento indireto (90). Logo, é necessário examinar o uso de novos métodos. Por isso, aplicamos os métodos metabólicos e proteômicos na busca de biomarcadores com alta sensibilidade para suplementação de rHuEPO além de investigar as flutuações na performance. Além disso, espera-se que os marcadores em relação ao metabolismo do ferro sejam sensíveis a exposição altitude e rHuEPO, como o ferro é essencial para a formação de glóbulos vermelhos.

Finalmente, em relação a performance espera que seja um marcador forte, podendo ser afetado pela exposição a altitude ou a suplementação de rHuEPO. Portanto, ambos os marcadores em relação ao metabolismo do ferro, bem como do desempenho foram investigados. ([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR VI – REGISTROS DO PERÍODO EXPERIMENTAL

A seguir estão algumas fotos sobre o período BEPE na Dinamarca (as avaliações com os atletas e também o ambiente em que a pesquisa foi realizada, além das máquinas utilizadas para a análise) e também o período de intervenção no treinamento realizado na altitude de Sierra Nevada, na Espanha.

Foto 1. Figura da região de treinamento de altitude, região montanhosa, próximo ao centro de treinamento em Serra Nevada na Espanha durante o período de estudo em altitude.

Foto 2. Antes e após o teste de massa de hemoglobina total, cinco amostras de sangue foram coletadas conforme mostrado na figura para análise na máquina ABL.

Foto 3. Registro dos vacuteiners onde era armazenado o sangue o coletado da veia antecubital e também de eppendorfs os quais eram utilizados para separação de plasma e soro.

Foto 4. Esta é uma máquina usada para analisar parâmetros bioquímicos. Analisadores automáticos de hematologia Sysmex XN-L.

Foto 5. Esta foto demonstra o momento em que o acesso foi feito à veia antecubital do atleta para coleta de sangue durante todo o teste.

Foto 6. Durante o período de avaliação na Espanha, os avaliadores espanhóis integraram a equipe juntamente com os avaliadores dinamarqueses.

Foto 7. Esta figura é um registro que demonstra o momento em que o aluno prepara o sangue (separação de soro e plasmas) para análise posterior na máquina de análise bioquímica automáticos de hematologia Sysmex XN-L.

Foto 8. Essas fotos demonstram o momento de avaliação para determinação do máximo consumo de oxigênio em esteira rolante a nível do mar, no laboratório da Universidade de Copenhague, o aluno em questão participou em conjunto com o pós-doutor Thomas Bonne um dos responsáveis por este estudo.

Foto 9. Estas fotos demonstram o momento de avaliação da performance do atleta realizada na esteira, para determinar o máximo consumo de oxigênio (com a máscara), enquanto que a outra é o registro realizado durante o aquecimento.

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Kalender | Find vej | Telefonbog | Job | A-Å-indeks | KUnet | English

Uddannelser på KU | Forskning på KU | Nyheder | Samarbejde | Besøg KU | Om KU

Hele KU

Institut for Idræt og Ernæring

Institut for Idræt og Ernæring

- Forside
- Om instituttet
- Ansatte
- Forskning
- Uddannelser
- Samarbejde
- Kommunikation
- Bibliotek
- Kontakt

➤ Nyheder

➤ Arrangementer

➤ Forsøgspersoner søges

Institut for Idræt og Ernæring rangeres af Shanghai Ranking som verdens førende forskningsmiljø inden for idræt [LÆS MERE](#)

FORSKNING

UDDANNELSER

SAMARBEJDE & RÅDGIVNING

Foto 10. Foto do registro feito pela universidade, a mesma demonstra o momento em que os avaliadores Joao Paulo Loures e Pos doutor Thomas Bonne preparam a máscara no atleta para realizar o teste de consumo máximo de oxigênio. Esse registro das avaliações foi utilizado na capa do site oficial da universidade de Copenhagen <https://nexs.ku.dk/english/>

([Voltar ao documento principal](#))

DOCUMENTO AUXILIAR VII – RISCOS E DESVANTAGENS

Administração de rHuEPO

rHuEPO acelera a produção de glóbulos vermelhos. Um risco associado ao seu uso é um aumento na viscosidade do sangue que pode afetar a circulação do sangue, se não for monitorado. A fim de proteger os participantes deste risco para a saúde, eles foram examinados semanalmente. A sua pressão arterial e percentagem de sangue foram medidos e o tratamento parou se os níveis excederem 160/100 mmHg ou 11,5 mM. rHuEPO tratamento só foi retomada quando esses parâmetros retornam abaixo desses limites. A tabela a seguir lista os efeitos colaterais de Eprex ® (www.promedicin.dk)

A injeção intravenosa de rHuEPO representa um pequeno risco de infecção. Especificamente, limpezas de desinfecção foi usado no local de injeção e seringas descartáveis foram utilizados.

Punção venosa incluem desconforto, hematomas e infecção. Os riscos de amostragem de sangue incluem a transmissão acidental de infecção ao participante devido à falta de uso de técnica asséptica. Maior risco de amostragem de sangue envolve a transmissão de infecção para o pessoal de estudo através de procedimentos de segurança inadequados. Para reduzir esses riscos, um coletador de exames de sangue

qualificado e experiente executou todas as punções usando a técnica asséptica. Além disso, foram utilizadas seringas estéreis, lancetas, luvas e gases.

Performance

Os participantes passaram por uma série de testes de exaustão. Ao mesmo tempo, vários parâmetros fisiológicos (pulso, pressão arterial, captação de oxigênio, etc.) os quais foram medidos com técnicas não invasivas que não estão associadas com desconforto ou riscos conhecidos. O desconforto esperado foi como com o trabalho de exaustão normal.

Massa da hemoglobina

A medida da massa total da hemoglobina é feita por re-respiração de uma pequena quantidade de carbono monóxido misturado com 100% de oxigênio. Re-respiração pode causar irritação leve na garganta. Ao mesmo tempo, pode sentir incomodo na língua. A amostragem de sangue ocorre por punção na ponta do dedo ou por um venflon no braço. O monóxido de carbono pode ser prejudicial em doses descontroladas. A quantidade inalada por essa medida confere uma ligação de monóxido de carbono de 5-15%, o que corresponde ao nível encontrado em fumantes habituais. Após 24 horas não há nenhum traço de elemento químico. Não há nenhum risco conhecido associado com a inalação de uma pequena quantidade de monóxido de carbono (39).

Segurança e aprovação dos procedimentos utilizados

Todos os procedimentos foram realizados pelo médico assistente ou por um auxiliar a responsabilidade do investigador. A amostragem sanguínea foi realizada pelo

médico assistente ou auxiliar com ampla experiência na técnica. Todos os métodos utilizados são bem descritos e utilizados em grande medida.

O respeito aos participantes integridade física e mental, bem como informações de privacidade sobre o participante está protegido a lei de dados pessoais e atos de saúde. Todos os projetos realizados no departamento de esporte e nutrição da Universidade de Copenhague.

Inscrição dos participantes

Inscrição dos participantes foi realizada por postagem no site www.forsoegsperson.dk e postagem no site da instituição de ensino superior. Além disso, foi utilizado plataformas eletrônicas, como sites do Facebook, onde o vídeo de capa da página é o mesmo gravado pelo professor Nikolai Baastrup Nordsborg recrutando participantes, além disso nesta página foram realizadas diversas postagens referentes a pesquisa (<https://www.facebook.com/altitudestudy/>). O recrutamento foi realizado com base no anúncio totalmente aprovado. Informação oral para o participante antes da entrevista: mediante solicitação, é feita uma nomeação para a informação oral. Afirmar-se que é um pedido de participação em um projeto de pesquisa em Ciências da saúde. A pessoa é informada de que ele/ela tem direito a um dia de reflexão após a informação, e é feito ciente de que a pessoa pode se recusar a aprender sobre novas informações de saúde que podem ocorrer em conexão com o projeto.

Declaração ética da ciência

O projeto tem uma pesquisa básica e uma perspectiva antidoping. Os resultados do experimento contribuirão significativamente para a otimização do trabalho antidoping e para rHuEPO. Isto irá, claro, resultar em uma redução do número de

pessoas que utilizarão rHuEPO como uma estratégia de potencializar a performance. Os participantes podem receber dados sobre seus parâmetros medidos de todos os testes. Não há risco conhecido de funcionalismo duradouro durante o experimento. O consentimento informado de todos os participantes foi obtido de acordo com as diretrizes do Comitê científico. As informações sobre o participante são protegidas pela lei de dados pessoais e atos de saúde.

Informações sobre regimes de indenização

Para os ensaios realizados na Dinamarca, os participantes estavam abrangidos pela lei sobre o seguro de acidentes de trabalho, de acordo com as condições de seguro aplicáveis na faculdade de ciências naturais e de vida da Universidade de Copenhague e da lei sobre apelações e compensação em cuidados de saúde (ver Decreto n ° 1022 28/08/2017 www.retsinformation.dk). Durante o transporte entre a Dinamarca e a Espanha, a Participantes foram cobertos pelo departamento de esporte & nutrição, Universidade de Copenhague, desde que não haja nenhuma outra cobertura de seguro (ex. seguro de viagem privado). Sobre os protocolos conduzidos na Espanha, os participantes não são abrangidos pela legislação dinamarquesa, mas são cobertos de acordo com as regras aplicáveis na Espanha, onde o protocolo é notificado e procurou ser aprovado pelas autoridades espanholas. ([Voltar ao documento principal](#))