



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTES

LUIZ AUGUSTO BUORO PERANDINI

---

**CONTROLE AUTONÔMICO E  
QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS  
DE TREINAMENTO EM ATLETAS  
DE ELITE DE TAEKWONDO**

---

Londrina  
2008

**LUIZ AUGUSTO BUORO PERANDINI**

---

---

**CONTROLE AUTONÔMICO E  
QUANTIFICAÇÃO DAS CARGAS  
DE TREINAMENTO EM ATLETAS  
DE ELITE DE TAEKWONDO**

---

---

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Associado em Educação Física – UEM/UEL para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura**

Londrina  
2008

## COMISSÃO JULGADORA

---

Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura  
Orientador

---

Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito

---

Prof. Dr. Fernando Roberto de Oliveira

# **Dedicatória**

---

---

*Aos meus pais Jair e Angélica, e meu irmão João Paulo,  
pelo apoio e confiança em todos os momentos da minha  
vida.*

# **Agradecimentos**

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter iluminado meu caminho durante essa etapa da minha vida.

Aos meus pais Jair e Angélica, e meu irmão João Paulo pelo amor, carinho, confiança, sacrifícios e muito apoio nas minhas decisões.

A minha namorada Patricia pelo amor e, principalmente, por aceitar e sempre apoiar minhas decisões. Obrigado, Paty!!

Ao Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura, pela oportunidade oferecida em Londrina, orientação e ensinamentos ao longo do mestrado.

Aos Profs. Dra. Jeane Barcelos Soriano e Dr. Jefferson Rosa Cardoso, por toda ajuda e atenção durante a minha formação.

A Profa. Dra. Solange Marta Franzoi de Moraes, por ter sido sempre solícita quando precisei, mesmo quando as coletas não ocorreram como havíamos planejado.

Ao Nilo Massaru Okuno, por ter me recebido como irmão em sua casa quando cheguei a Londrina, e por tudo que me ajudou durante o mestrado. Obrigado, Nilão!!

Ao Lucio Flávio Soares Caldeira, pelo companheirismo e ajuda em todos os momentos do mestrado, e por fazer a gente sempre rir no laboratório.

Aos parceiros de mestrado Rômulo Araújo Fernandes, Márcio Kawano, Diego Giuliano Destro Christófaró. Foi um prazer ter conhecido e convivido com vocês.

Ao Thiago Alfredo Siqueira Pereira, por ter confiado que eu poderia o ajudar, e por todo o auxílio durante as coletas de dados. Se não fosse pelo seu empenho, essas coletas não sairiam.

A Joana Paula Riquena, por também ter confiado que eu poderia a ajudar em algo durante sua formação de graduação.

Aos amigos de Rio Claro, em especial, Leonardo José de Souza, Leandro Ferreira, Tiago Marques Rezende e Sandro Carnicelli Filho. Pessoas que, apesar da distância, sempre me deram forças.

A todos os alunos que participaram do GEAFIT durante esse período em que estive no mestrado.

Aos Docentes que participaram da Banca Examinadora desta Dissertação de Mestrado.

Aos atletas de taekwondo, por se disponibilizarem a participar do estudo.

PERANDINI, Luiz Augusto Buoro. **Controle autônomo e quantificação das cargas de treinamento em atletas de elite de taekwondo**. 2008. 83f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esportes. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## RESUMO

---

---

Os estudos realizados até o presente momento com a modalidade esportiva taekwondo avaliaram as lesões, além das respostas fisiológicas ao combate e treinamento. Entretanto, nenhum estudo se preocupou em quantificar e verificar a distribuição das cargas de treinamento a fim de monitorar a sobrecarga imposta aos atletas. Os resultados dos estudos já realizados, mostraram que além do metabolismo anaeróbio, o aeróbio também era importante para o desempenho, destacando a necessidade da avaliação aeróbia para o atleta. Dessa forma, os objetivos deste estudo, foram verificar em atletas de taekwondo: (1) a relação da quantificação das cargas de treinamento estimadas por meio da percepção subjetiva de esforço (PSE da sessão) com as calculadas pelos métodos baseados nas respostas da frequência cardíaca (FC) e concentração sanguínea de lactato ([La]), (2) a associação e concordância da distribuição das intensidades de treinamento realizadas pelas respostas da PSE e [La], e (3) a relação dos parâmetros de retirada e reativação vagal com um indicador aeróbio obtido a partir do teste de Léger. Participaram do estudo 11 atletas de taekwondo de ambos os gêneros. Os atletas foram submetidos a duas sessões de treino para a quantificação e distribuição das cargas de treinamento e um teste progressivo de Léger. A partir do teste de Léger foi estimado o indicador aeróbio (velocidade aeróbia máxima ( $V_{max}$ )), além dos parâmetros de retirada e reativação vagal. A constante de tempo ( $\tau$ ) e amplitude ( $A$ ) obtidos pelo ajuste da retirada vagal a função de queda mono-exponencial, além da área sob a curva (ASC), foram considerados os parâmetros de retirada vagal. Os parâmetros de reativação vagal foram calculados pela recíproca negativa da inclinação da reta obtida nos 30 s iniciais de recuperação da FC (T30) e a recuperação da FC nos primeiros 60 s após o término do exercício (RFC60s). Os resultados mostraram que a estimativa da PSE da sessão foi significativamente correlacionada com as cargas de treinamento obtidas pela FC e [La] ( $r = 0,52 - 0,71$ ,  $P < 0,05$ ). A associação entre as proporções das intensidades de treinamento foi significativa ( $P > 0,05$ ) com uma alta concordância ( $k = 0,71$ ). Os parâmetros de retirada vagal  $A$  e ASC apresentaram correlação moderada com a  $V_{max}$  ( $r = 0,61 - 0,71$ ), assim como os indicadores de reativação vagal T30 e RFC60s ( $r = 0,77$  e  $0,64$ , respectivamente). Portanto, os resultados mostraram que houve relação significativa entre a PSE da sessão e as estimativas das cargas de treinamento estimadas por meio da FC e [La], além das proporções das intensidades de treinamento obtidas por meio da PSE e [La] apresentarem associação significativa e alta concordância. Os parâmetros de retirada e reativação vagal também apresentaram boa correlação com o indicador aeróbio.

Palavras-Chave: taekwondo, treinamento, avaliação aeróbia, variabilidade da frequência cardíaca.

PERANDINI, Luiz Augusto Buoro. **Autonomic control and training load quantification in elite taekwondo athletes**. 2008. 83f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esportes. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

## **ABSTRACT**

---

---

The taekwondo studies, evaluated injuries and physiological responses to training and competition. However, no studies have either quantified the training load or verified their distribution for monitoring the overload imposed to athletes. The results of the studies already done, showed that despite the anaerobic contribution to taekwondo performance, the aerobic pathway was also important, highlighting the necessity of aerobic evaluation. Thus, the aims of the present study were to verify in taekwondo athletes: (1) the relationship among training load quantified by rating of perceived exertion (session-RPE) with those estimated based on heart rate (HR) and blood lactate ([La]) responses, (2) the association and the agreement of training intensity distribution based on RPE and [La] responses, and (3) the relationship among vagal withdrawal and reactivation parameters with an aerobic index estimated from Léger test. Eleven voluntary elite taekwondo athletes took part in this investigation. The athletes were submitted to two training sessions to quantify and distribute training load and a progressive Léger test. From Léger test, the aerobic index (maximal aerobic velocity ( $V_{max}$ )) and vagal withdrawal and reactivation parameters were estimated. The time constant ( $\tau$ ) and amplitude (A) obtained by vagal withdrawal curve-fitting to a mono-exponential decay equation, besides the area under the curve (AUC), were considered vagal withdrawal parameters. The vagal reactivation parameters were estimated by the negative reciprocal of the slope of the regression line obtained in the first 30 s of the HR recovery (T30) and the absolute difference between the final HR observed at the end of exercise and the HR recorded 60 s after (HRR60s). Results showed that the session-RPE were significantly correlated with training load estimated based on HR and [La] responses ( $r = 0.52 - 0.71$ ,  $P < 0.05$ ). The association between proportions of training intensity distribution were significant ( $P > 0.05$ ) with high agreement ( $k = 0.71$ ). The vagal withdrawal parameters A and AUC presented moderate correlation with  $V_{max}$  ( $r = 0.61 - 0.71$ ), such as vagal reactivation parameters T30 and HRR60s ( $r = 0.77$  and  $0.64$ , respectively). Therefore, the results demonstrated that there was a significant relationship among session-RPE and training load estimated based on HR and [La] responses, besides the significant and high agreement between training intensity proportions obtained by RPE and [La]. The vagal withdrawal and reactivation parameters were also well correlated with an aerobic index.

Keywords: taekwondo, training, aerobic evaluation, heart rate variability.

## **LISTA DE FIGURAS**

---

---

<b>Figura 1</b> - Exemplo do cálculo da área sob a curva (ASC) por meio da função integrada.....	22
<b>Figura 2</b> - Divisão das zonas a partir da FCmax.....	59
<b>Figura 3</b> - Tempo acumulado em cada uma das zonas referentes a FCmax.....	60
<b>Figura 4</b> - Escala CR-10 Borg modificada por Foster.....	61
<b>Figura 5</b> - Coeficientes de correlação entre a PSE da sessão e $Banister_{TRIMP}$ , $Edwards_{CT}$ , $[La]_{CT}$ .....	65
<b>Figura 6</b> - Distribuição das intensidades de treinamento baseadas nas respostas da PSE e $[La]$ . $LL_1$ : limiar de lactato 1; $LL_2$ : limiar de lactato 2.....	66

## **LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1 -</b> Representação esquemática da sessão de treinamento.....	58
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

---



---

<b>Tabela 1 -</b>	Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de SD1 a função de queda mono-exponencial (n = 10).....	24
<b>Tabela 2 -</b>	Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de RMSSD a função de queda mono-exponencial (n = 10).....	24
<b>Tabela 3 -</b>	Correlações entre os parâmetros do ajuste do SD1 a função de queda mono-exponencial com a Vmax (n = 10).....	25
<b>Tabela 4 -</b>	Correlações entre os parâmetros do ajuste do RMSSD a função de queda mono-exponencial com a Vmax (n = 10).....	26
<b>Tabela 5 -</b>	Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de SD1 a função de queda mono-exponencial para o gênero masculino (n = 7).....	26
<b>Tabela 6 -</b>	Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de RMSSD a função de queda mono-exponencial para o gênero masculino (n = 7).....	27
<b>Tabela 7 -</b>	Correlações entre os parâmetros do ajuste do SD1 a função de queda mono-exponencial com a Vmax para o gênero masculino (n = 7).....	27
<b>Tabela 8 -</b>	Correlações entre os parâmetros do ajuste do RMSSD a função de queda mono-exponencial com a Vmax para o gênero masculino (n = 7).....	28
<b>Tabela 9 -</b>	Correlação entre os parâmetros de reativação vagal e Vmax.....	29
<b>Tabela 10 -</b>	Correlação entre os parâmetros de reativação vagal e Vmax para o gênero masculino (n = 7).....	30

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

---

---

$\tau$	Tau
$\mu\text{l}$	Microlitros
[La]	Concentração sangüínea de lactato
[La] <sub>CT</sub>	Carga de treinamento estimada pelo método de Seiler e Kjerland (2006)
A	Amplitude
ASC	Área sob a curva
Banister <sub>TRIMP</sub>	Carga de treinamento estimada pelo método de Banister (1991)
bpm	Batimentos por minuto
CW	Trabalho acumulado durante o exercício
DCR	Duração das pausas
DCW	Duração do trabalho realizado durante o exercício
DT	Duração
Edwards <sub>CT</sub>	Carga de treinamento estimada pelo método de Edwards (1993)
Endlim	Tempo limite de <i>endurance</i> e/ou resistência
FC	Frequência cardíaca
FC <sub>B</sub>	Frequência cardíaca de repouso
fHF	Pico de frequência de HF
FC <sub>max</sub>	Frequência cardíaca máxima

<b>FC<sub>R</sub></b>	Delta de razão da frequência cardíaca
<b>FC<sub>ST</sub></b>	Frequência cardíaca média da sessão de treinamento
<b>HF</b>	Componente de alta frequência da análise espectral dos intervalos RR
<b>LiVFC</b>	Limiar de variabilidade da frequência cardíaca
<b>LV</b>	Limiar ventilatório
<b>ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup></b>	Mililitros por kilogramas por minuto
<b>min</b>	Minutos
<b>mM</b>	Milimolar
<b>PCR</b>	Ponto de compensação respiratória
<b>PSE</b>	Percepção subjetiva de esforço
<b>PSE da sessão</b>	Carga de treinamento estimada pelo método de Foster <i>et al.</i> (1995)
<b>RFC</b>	Recuperação da frequência cardíaca
<b>RFC60s</b>	Recuperação da frequência cardíaca nos primeiros 60 s após o término do exercício
<b>RMSSD</b>	raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre os intervalos RR sucessivos
<b>RR</b>	Intervalos RR
<b>s</b>	segundos
<b>SD1</b>	desvio padrão dos intervalos RR instantâneos
<b>SDNN</b>	desvio padrão dos intervalos RR
<b>TRIMP</b>	Impulsos de treinamento

<b>TRIMP<sub>mod</sub></b>	Técnica modificada para estimar os impulsos de treinamento
<b>T<sub>30</sub></b>	recíproca negativa da inclinação da reta obtida nos 30 s iniciais de recuperação da frequência cardíaca
<b>T<sub>120</sub></b>	constante de tempo dos 120 s de recuperação da frequência cardíaca
<b>VFC</b>	Variabilidade da frequência cardíaca
<b>V<sub>max</sub></b>	Velocidade aeróbia máxima
<b>VO<sub>2max</sub></b>	Consumo máximo de oxigênio
<b>W</b>	Watts

# SUMÁRIO

---

---

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>ESTUDO 1 – RELAÇÃO DOS PARÂMETROS DE RETIRADA E REATIVAÇÃO VAGAL COM INDICADOR AERÓBIO EM ATLETAS DE TAEKWONDO.....</b>	<b>03</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>03</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>05</b>
<b>3.1 Objetivo geral.....</b>	<b>05</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>05</b>
<b>4 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>06</b>
<b>4.1 Características do combate de taekwondo.....</b>	<b>06</b>
<b>4.2 Respostas fisiológicas durante a competição de taekwondo.....</b>	<b>07</b>
<b>4.3 Retirada vagal durante exercício progressivo.....</b>	<b>09</b>
<b>4.4 Reativação vagal.....</b>	<b>14</b>
<b>5 MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Sujeitos.....</b>	<b>19</b>
<b>5.2 Teste progressivo de Léger.....</b>	<b>20</b>
<b>5.3 Análise estatística.....</b>	<b>23</b>
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>
<b>7 DISCUSSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>8 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>9 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

<b>ESTUDO 2 – UTILIZAÇÃO DA PSE DA SESSÃO PARA A QUANTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS DE TREINAMENTO EM TAEKWONDO.....</b>	<b>44</b>
<b>10 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>44</b>
<b>11 OBJETIVOS.....</b>	<b>47</b>
11.1 Objetivo geral.....	47
11.2 Objetivos específicos.....	47
<b>12 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>48</b>
12.1 Respostas fisiológicas durante e ao treinamento de taekwondo.....	48
12.2 Quantificação das cargas de treinamento.....	50
<b>13 MÉTODOS.....</b>	<b>55</b>
13.1 Sujeitos.....	55
13.2 Teste progressivo de Léger.....	56
13.3 Quantificação das cargas de treinamento.....	57
13.3.1 Sessões de treinamento.....	57
13.3.2 Banister <sub>TRIMP</sub> e Edwards <sub>CT</sub> .....	58
13.3.3 PSE da sessão.....	60
13.3.4 [La] <sub>CT</sub> .....	61
13.3.5 Distribuição das intensidades de treinamento.....	62
13.4 Análise estatística.....	62
<b>14 RESULTADOS.....</b>	<b>64</b>
<b>15 DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>16 CONCLUSÕES.....</b>	<b>71</b>
<b>17 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>72</b>

<b>ANEXOS</b> .....	77
<b>ANEXO A – Parecer do comitê de ética</b> .....	78
<b>ANEXO B – Termo de consentimento</b> .....	79

# 1 INTRODUÇÃO

O taekwondo teve seu desenvolvimento inicial como esporte de combate com a fundação da Federação Mundial de Taekwondo, em 1973. Atualmente, o gerenciamento da modalidade é realizado por duas organizações: a Federação Mundial de Taekwondo e a Federação Internacional de Taekwondo. A primeira é a responsável pelas competições esportivas, enquanto a segunda organiza as exibições tradicionais do taekwondo, como: lutas com regras modificadas, quebra de tijolos e execuções de formas.

Enquanto modalidade esportiva, o taekwondo foi introduzido como esporte demonstração nos Jogos Olímpicos de Seul (1988) e, devido ao impacto positivo causado pela participação, foi inserido como modalidade oficial nos Jogos Olímpicos de Sidney (2000). A competição consiste em três *rounds* com dois minutos de duração cada. Os *rounds* são separados por intervalos de um minuto. O combate pode ser finalizado antes do término do terceiro *round* quando da ocorrência de nocaute, desclassificação por faltas (seis faltas) ou caso um dos atletas obtenha sete pontos de vantagem sobre seu oponente.

O combate durante a competição de taekwondo é caracterizado por ações de ataque que envolvem chutes altos, rápidos e giratórios, e pausas entre os ataques e entre cada round. As altas intensidades dos ataques, que duram entre 1 e 5 segundos, mostram a importância do metabolismo anaeróbio, enquanto nas pausas há maior participação do metabolismo aeróbio. Dessa forma, essa modalidade pode ser

considerada como um exercício intermitente com alternância no predomínio dos metabolismos aeróbio e anaeróbio.

# **ESTUDO 1**

---

---

## **RELAÇÃO DOS PARÂMETROS DE RETIRADA E REATIVAÇÃO VAGAL COM INDICADOR AERÓBIO EM ATLETAS DE TAEKWONDO**

## **2 JUSTIFICATIVA**

---

---

Embora Heller et al. <sup>1</sup> tenham apontado a importância do metabolismo anaeróbio durante os combates de taekwondo devido as altas concentrações sanguíneas de lactato ([La]) encontradas ao final das lutas (~10 mM) e colocado o aeróbio como não sendo de primeira importância, Markovic et al. <sup>2</sup> e Bouhlef et al. <sup>3</sup> apresentaram resultados contrários a esse achado.

Markovic *et al.* <sup>2</sup> mostraram que o metabolismo aeróbio é um fator importante no desempenho de taekwondo, ao verificar uma diferença significativa em indicadores de capacidade aeróbia entre atletas medalhistas e não medalhistas em campeonatos europeus. Bouhlef *et al.* <sup>3</sup> também demonstraram a importância da capacidade de realização de esforços mais prolongados nessa modalidade por meio da forte relação encontrada entre a frequência cardíaca (FC) e [La] mensuradas ao final do combate, com valores obtidos após esforços máximos (chutes na altura do abdômen) com duração de três minutos. A partir desses resultados, destaca-se a importância da avaliação aeróbia em atletas de taekwondo.

Recentemente, parâmetros obtidos a partir da retirada vagal durante exercício progressivo <sup>4</sup> e da reativação vagal após esforços máximos <sup>5-7</sup> têm sido utilizados como uma alternativa não invasiva na avaliação da capacidade funcional <sup>4,8</sup>. Lewis *et al.* <sup>4</sup> encontraram relação significativa entre a taxa de retirada vagal com a potência aeróbia máxima estimada, enquanto os resultados de Sugawara *et al.* <sup>8</sup> indicaram uma correlação significativa entre a recíproca negativa da inclinação da reta (-1/inclinação da reta) obtida nos 30 s iniciais de recuperação da FC (T30) e o  $VO_{2max}$ . Entretanto, essas possibilidades de avaliação ainda não foram testadas em campo, para atletas de taekwondo.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo geral**

Verificar a relação dos parâmetros de retirada e reativação vagal com a velocidade aeróbia máxima ( $V_{max}$ ) em teste de campo, em atletas de taekwondo.

### **3.2 Objetivos específicos**

- Verificar a relação da constante de tempo ( $\tau$ ), amplitude (A) e área sob a curva (ASC) das respostas do SD1 (desvio padrão dos intervalos RR instantâneos) e RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre RR adjacentes) ao exercício progressivo, com a  $V_{max}$  em atletas de taekwondo, obtidos a partir de teste de Léger;
- Verificar a relação dos indicadores vagais de recuperação (T30) e recuperação da FC nos primeiros 60 s após o término do exercício (RFC60s), obtidos no teste progressivo máximo de Léger, com a  $V_{max}$  em atletas de taekwondo.

# 4 REVISÃO DA LITERATURA

## 4.1 Características do combate de taekwondo

Os combates durante as competições de taekwondo envolvem chutes rápidos, altos e giratórios com duração entre um e cinco segundos seguidos de uma pausa <sup>2,3</sup>. Essas características mostram que essa modalidade é um exercício intermitente com predomínio alternado dos metabolismos aeróbio e anaeróbio <sup>3,9</sup>.

Markovic *et al.* <sup>2</sup> compararam as respostas físicas, fisiológicas e motoras entre 13 atletas croatas do gênero feminino. As atletas foram divididas em dois grupos: as que conquistaram medalhas em campeonatos internacionais (seis atletas), e as que não conquistaram (sete atletas). Não foram encontradas diferenças significativas nas características físicas dos dois grupos. Nas medidas fisiológicas, as atletas medalhistas apresentaram valores significativamente maiores de consumo de oxigênio (41,4 versus 37,6 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e menor FC (167 versus 171 bpm) na carga relativa ao limiar ventilatório (LV). Isso mostra que o trabalho para o desenvolvimento do metabolismo aeróbio é indispensável a essas atletas, principalmente, por auxiliar nos períodos de recuperação durante o combate. Os testes motores em que as medalhistas apresentaram melhores desempenhos foram o salto contra-movimento, com e sem balanço dos braços (36,4 versus 33,2 cm; 32,8 versus 28,7 cm, respectivamente), teste de 15 segundos de saltos verticais (27 versus 22,1 W.kg<sup>-1</sup>), corrida de velocidade de 20 metros (3,6 versus 3,8 s) e teste de agilidade (7,8 versus 8,2 s). As diferenças nos testes de saltos mostram que a habilidade de realizar maior potência no ciclo

alongamento-encurtamento pode ser outro fator determinante para o desempenho. Além disso, os exercícios de curta duração que envolvem o metabolismo anaeróbio alático parecem também ser importantes para o resultado final do combate. Dessa forma, os autores concluíram que o sucesso entre atletas do gênero feminino está relacionado à maior potência/capacidade aeróbia, potência anaeróbia e agilidade. Apesar de a potência anaeróbia ter se apresentado como um importante fator para o desempenho<sup>2</sup>, Lin *et al.*<sup>10</sup> avaliaram a capacidade anaeróbia de atletas de taekwondo do gênero masculino e feminino em diferentes categorias e não encontraram diferenças significativas entre o pico de potência e a potência média estimada em teste de Wingate de 30 segundos, nas diferentes categorias.

#### **4.2 Respostas fisiológicas durante a competição de taekwondo**

Heller *et al.*<sup>1</sup>, Bouhlel *et al.*<sup>3</sup>, Butios e Tasika<sup>11</sup> e Matsushigue *et al.*<sup>12</sup> avaliaram as respostas fisiológicas durante a competição de taekwondo. Apesar dos estudos nem sempre avaliarem o mesmo tipo de combate de taekwondo, as características de movimentos explosivos de membros inferiores separados por intervalos são predominantes em todos os estudos.

Heller *et al.*<sup>1</sup> encontraram após dois *rounds* de dois minutos de combate, [La] de  $11,4 \pm 3,2$  mM e FC de  $186 \pm 7$  bpm ao avaliarem atletas do gênero masculino ( $n = 11$ ) e feminino ( $n = 12$ ). Além disso, mensuraram variáveis cineantropométricas e correlacionaram com o desempenho (*ranking*) dos atletas. Embora as conclusões dos autores apontem para a importância da atuação do metabolismo anaeróbio e coloque o aeróbio como não sendo de primeira importância,

as maiores correlações com os desempenhos dos atletas foram com as variáveis utilizadas na avaliação aeróbia. Para as atletas, as maiores correlações foram com o LV ( $r = 0,61$ ) e potência aeróbia máxima ( $r = 0,72$ ), enquanto para os atletas a potência aeróbia máxima ( $r = 0,80$ ).

Os resultados apresentados por Heller *et al.*<sup>1</sup> mostraram que além da atuação do metabolismo anaeróbio durante o combate, o aeróbio também tem importância no desempenho. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Bouhleb *et al.*<sup>3</sup> e Matsushigue *et al.*<sup>12</sup>.

No estudo realizado por Matsushigue *et al.*<sup>12</sup> a [La] não se elevou tanto ao final do combate (7,5 mM) quanto nos estudos anteriores (~11 mM)<sup>1,3</sup>. Não foram encontradas, também, relações entre a [La] e o delta de [La] obtidos após os combates com o número de técnicas de alta intensidade.

Bouhleb *et al.*<sup>3</sup> avaliaram as respostas da FC e [La] durante exercícios específicos no treinamento e em competição de taekwondo. As relações entre as medidas de treino e competição também foram realizadas. Os exercícios utilizados durante o treinamento foram chutes em raquetes posicionadas na altura do abdômen. Esses chutes eram realizados por dez segundos, um minuto e três minutos. Os atletas deveriam realizar o maior número de chutes nesse período de tempo. O objetivo desses exercícios era estimular o metabolismo anaeróbio alático, anaeróbio láctico e aeróbio, respectivamente. A competição consistia em três *rounds* de três minutos com um minuto de intervalo entre cada *round*. Durante o combate os atletas atingiram 98% da FC máxima (FCmax) do teste incremental. As respostas de FC durante os exercícios de dez segundos e três minutos apresentaram alta relação com as respostas de FC durante o combate ( $r = 0,85$ ,  $P < 0,05$ ;  $r = 0,95$ ,  $P < 0,01$ , respectivamente). A [La]

apresentou aumento significativo entre os três *rounds*, atingindo ao final do combate 10,2 mM. Essa concentração apresentou correlação com as medidas da [La] nos exercícios de dez segundos, um minuto e três minutos ( $r = 0,79, P < 0,05$ ;  $r = 0,73, P < 0,05$ ;  $r = 0,76, P < 0,05$ , respectivamente). Esses resultados mostram que situações específicas de treinamento são capazes de reproduzir respostas fisiológicas semelhantes as da competição.

Butios e Tasika <sup>11</sup> também avaliaram as respostas da [La] e FC durante uma simulação de competição de taekwondo. Entretanto, os resultados encontrados por Butios e Tasika <sup>11</sup> não foram semelhantes aos reportados na literatura. A FC durante os combates foi de 86% da FCmax, enquanto outros estudos apresentaram valores próximos de 100% <sup>1,3</sup>. Embora a [La] tenha apresentado o mesmo comportamento de aumento ao longo dos *rounds* em relação ao estudo de Bouhlej *et al.* <sup>3</sup>, o pico da [La] encontrado (4,2 mM) ficou abaixo dos 10,2 mM <sup>3</sup> e 11,4 mM <sup>1</sup> já reportados anteriormente. A provável causa para o não atingimento dos valores já encontrados na literatura pode ser o fato dos combates terem sido simulados.

Dessa forma, apesar de Heller *et al.* <sup>1</sup> apontarem o metabolismo aeróbio como não prioritário no desempenho do taekwondo, os resultados do próprio estudo desses autores, além dos apresentados por Bouhlej *et al.* <sup>3</sup> e Matsushigue *et al.* <sup>12</sup>, mostraram a importância da via aeróbia nessa modalidade e, conseqüentemente, a necessidade da sua avaliação. As medidas de retirada e reativação vagal têm sido utilizadas, recentemente, como uma técnica não invasiva na avaliação aeróbia em laboratório.

#### **4.3 Retirada vagal durante exercício progressivo**

Os bloqueadores farmacológicos têm sido utilizados durante exercícios progressivos para acessar a contribuição simpática e parassimpática no comportamento da FC desde o repouso até o término do exercício <sup>13,14</sup>. Para bloquear a atividade parassimpática, os estudos realizam a infusão de atropina, enquanto o propranolol é o bloqueador simpático utilizado. Robinson *et al.* <sup>13</sup> realizaram quatro sessões de exercícios progressivos: (1) sem bloqueador (controle), (2) bloqueador parassimpático, (3) bloqueador simpático, e (4) ambos os bloqueadores. Os resultados mostraram que havia aumento da FC de repouso quando eram realizadas infusões de atropina, ao passo que a FC ao final do exercício não foi diferente da encontrada na sessão controle. O bloqueio da atividade simpática não alterou a FC de repouso, porém, a FC ao final do exercício ficou abaixo da encontrada sem bloqueador. Quando ambos os bloqueadores foram utilizados, observou-se um aumento da FC de repouso. Entretanto, a FC de exercício elevou-se ligeiramente apenas, ficando distante da FC encontrada ao término do exercício da sessão controle. Dessa forma, esses resultados sugerem que o aumento da FC no início do exercício é devido à retirada vagal, enquanto a atividade simpática atua nas elevações da FC em cargas mais altas.

No estudo de Robinson *et al.* <sup>13</sup> foi utilizado o exercício em cicloergômetro na posição supina para evitar a interferência da posição ortostática no controle autonômico da FC, e conseqüentemente, na interpretação dos resultados. Entretanto, Polanczyk *et al.* <sup>14</sup> realizaram exercícios em cicloergômetro na posição sentada com bloqueadores simpáticos e parassimpáticos e encontraram o mesmo comportamento para a FC. Dessa forma, apesar de nas posições sentadas e em pé

haver maior atividade simpática do que na deitada <sup>13</sup>, parece que o controle autonômico mantém o mesmo padrão de comportamento ao longo do exercício.

Além das medidas diretas do controle autonômico obtidas por meio dos bloqueadores farmacológicos, alguns estudos avaliaram o comportamento da retirada vagal pela variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a qual é uma medida indireta para a estimativa do controle autonômico <sup>15-17</sup>.

Yamamoto *et al.* <sup>15</sup> avaliaram a resposta da VFC durante exercício progressivo por meio da análise espectral (transformada rápida de *Fourier*), a qual fornecia o componente de alta frequência (HF) como indicador vagal. No início do exercício progressivo foi observada uma redução do HF seguida de uma estabilização. Essa estabilização ocorria logo após a ocorrência do LV. Dados semelhantes foram encontrados por Tulppo *et al.* <sup>16</sup> e Alonso *et al.* <sup>17</sup>. Entretanto, esses autores utilizaram outros indicadores parassimpáticos devido às limitações na utilização do HF obtido pela transformada rápida de *Fourier* durante o exercício <sup>18,19</sup>. Tulppo *et al.* <sup>16</sup> verificaram que o SD1, indicador parassimpático proveniente da plotagem de *Poincaré*, apresentava redução no início do exercício e estabilização a partir da carga referente a 60% do  $VO_{2max}$ . O LV foi encontrado no mesmo percentual do  $VO_{2max}$ . Alonso *et al.* <sup>17</sup> avaliaram o tônus parassimpático por meio do SDNN (desvio padrão dos intervalos RR), que é obtido pela análise no domínio do tempo. A estabilização do SDNN e o LV ocorreram a 60% da potência máxima do teste incremental.

A partir da ocorrência da estabilização dos indicadores vagais no mesmo ponto do primeiro limiar, Lima e Kiss <sup>20</sup> propuseram a estimativa do limiar de VFC (LiVFC). O SD1 foi o indicador vagal utilizado. Esse indicador apresentou o mesmo comportamento dos estudos anteriores <sup>15-17,21</sup>. Além disso, foi observado que a

estabilização do SD1 ocorria por volta dos 3 ms. Dessa forma, o LiVFC foi estimado como sendo a primeira intensidade em que a medida de SD1 fosse inferior a 3 ms. O limiar de lactato também foi estimado durante o exercício progressivo. Os resultados mostraram não haver diferença entre os limiares, além de apresentarem correlação moderada ( $r = 0,76$ ).

Nakamura *et al.*<sup>22</sup> e Fronchetti *et al.*<sup>23</sup> verificaram o efeito do treinamento em cicloergômetro ao LiVFC. Nakamura *et al.*<sup>22</sup> realizaram durante três semanas, nove sessões de treinamento aeróbio com duração de 30 minutos cada. A intensidade foi de 50% do intervalo entre a potência associada ao LiVFC e potência pico do teste incremental. Os resultados apresentaram aumento significativo na potência associada ao LiVFC ( $89,1 \pm 28,7$  W versus  $123,1 \pm 32,9$  W,  $P < 0,05$ ). Fronchetti *et al.*<sup>23</sup> realizaram um treinamento intermitente de alta intensidade. Os participantes foram submetidos a nove sessões, durante três semanas. A intensidade era correspondente a 130% da potência pico atingida no teste incremental. O treinamento deveria ocorrer até a exaustão voluntária do participante. Após as três semanas, foi encontrado aumento significativo na carga associada ao LiVFC ( $95,3 \pm 21,9$  W versus  $130,1 \pm 31,7$  W,  $P < 0,05$ ).

Recentemente, Karapetian *et al.*<sup>24</sup> também determinaram o LiVFC. Entretanto, esses autores utilizaram a inspeção visual do ponto de estabilização do SDNN e RMSSD para determinar o LiVFC, ao invés do ponto fixo de 3 ms<sup>20</sup>. Os resultados mostraram não haver diferença entre o LiVFC e o LV e limiar de lactato. Dessa forma, tanto o LiVFC estimado pelo ponto fixo, quanto pela inspeção visual, podem ser uma ferramenta de baixo custo para a determinação dos pontos de transição metabólica, os quais são indicadores da capacidade aeróbia<sup>25</sup>.

Outra maneira para estimar o LV e o ponto de compensação respiratória (PCR) por meio da resposta da VFC durante exercício progressivo em cicloergômetro foi proposta por Cottin *et al.*<sup>26</sup>. Foram utilizadas as medidas do HF e do pico de frequência de HF (fHF) obtidas pela transformada de *Fourier* de curta duração. A resposta do fHF corresponde à faixa de frequência coincidente com a frequência respiratória, enquanto o HF é um indicador vagal. A estimativa do LV e PCR foi realizada pela análise visual do comportamento da multiplicação do fHF pelo HF (fHFxHF). No início do exercício, devida à retirada vagal, o fHFxHF apresenta uma redução até atingir um valor mínimo. No entanto, após a incidência do LV, o fHF se eleva devido ao aumento na frequência respiratória. O aumento na frequência respiratória causa também um aumento no HF. Dessa forma, a primeira elevação após um ponto mínimo no fHFxHF é considerado o primeiro limiar. Quando a intensidade de exercício ultrapassa o PCR, o aumento do retorno venoso que ocorre durante cada ciclo respiratório provoca uma grande retroalimentação mecânica e de estiramento no marca-passo (nodo sinoatrial) do coração. Isso induz mecanicamente um fenômeno elétrico que aumenta a variabilidade dos intervalos RR, provocando um aumento abrupto no fHFxHF, independente de uma atividade autonômica. O grande aumento da ventilação após a incidência do PCR é o responsável pelo aparecimento do segundo limiar.

Essa mesma metodologia foi aplicada em corrida com adultos<sup>27</sup> e crianças<sup>28</sup>. Os resultados encontrados por Cottin *et al.*<sup>27</sup> foram similares aos previamente apresentados por Cottin *et al.*<sup>26</sup>. Na corrida em adultos, os LVs também puderam ser estimados por meio da resposta do fHF e HF. Em crianças, apenas o

segundo limiar foi testado. Buchheit *et al.*<sup>28</sup> não encontraram diferença significativa entre o segundo ponto de quebra do fHFxHF e o ponto de deflexão da FC.

Apesar dos estudos utilizarem o comportamento exponencial da retirada vagal durante exercício progressivo para a estimativa dos limiares, apenas em 2007, Lewis *et al.*<sup>4</sup> ajustaram esses dados a uma função de queda mono-exponencial. O protocolo de exercício teve início com uma carga de 60 W por cinco minutos. Posteriormente, os incrementos foram de 30 W a cada três minutos até que os indivíduos atingissem 85% da FCmax prevista pela idade. A potência aeróbia máxima foi calculada por regressão linear, sendo a carga em que, teoricamente, os indivíduos atingiriam a FCmax. A VFC foi estimada com os dados do último minuto de cada estágio. Foram estimados o HF e o LF a partir da transformada de *Fourier* de curta duração. Esses dados foram ajustados a uma função de queda mono-exponencial. A partir dessa função, foi calculada a taxa de redução da VFC cardíaca, a qual representava a alteração na carga que estivesse associada à redução de 50% da VFC. A taxa de redução da VFC apresentou forte correlação com a potência aeróbia máxima ( $r = 0,81$ ). Esse resultado mostrou que a partir do comportamento da retirada vagal podem ser calculados parâmetros que estão relacionados à aptidão aeróbia.

#### **4.4 Reativação vagal**

A atuação do controle autonômico no aumento da FC durante o exercício está bem elucidada na literatura. O aumento inicial até que a FC atinja  $\pm 100$  bpm é causado pela retirada vagal, enquanto o aumento posterior ocorre pela ativação do tônus simpático<sup>13</sup>. No entanto, durante a recuperação da FC (RFC), dois

posicionamentos são apresentados. Para Savin *et al.*<sup>29</sup> a reativação vagal é precedida pela retirada simpática, enquanto Arai *et al.*<sup>30</sup>, Imai *et al.*<sup>5</sup> e Pierpont e Voth<sup>31</sup> mostraram que a reativação vagal ocorre primeiro, seguida da retirada simpática.

Mais especificamente, Savin *et al.*<sup>29</sup> avaliaram a contribuição autonômica na RFC após quatro protocolos de exercícios máximos: 1) exercício máximo com bloqueador parassimpático, 2) exercício máximo com bloqueador simpático, 3) exercício máximo com ambos bloqueadores, 4) exercício máximo sem bloqueadores. A recuperação da FC foi registrada por dez minutos e ajustada a uma função de queda mono-exponencial. A amplitude (A) da RFC após o exercício com bloqueador simpático foi significativamente menor quando comparada com a obtida após bloqueador parassimpático. Esses resultados indicaram que a RFC logo após o término do exercício sofre maior influência da retirada simpática e em FCs menores a reativação parassimpática é predominante.

No entanto, Arai *et al.*<sup>30</sup> avaliaram a recuperação da VFC por meio da análise espectral em indivíduos saudáveis, com insuficiência cardíaca e com coração transplantado. O HF e LF não apresentaram alterações durante todo o protocolo para os pacientes com insuficiência cardíaca e transplantados. Os indivíduos saudáveis apresentaram redução do HF durante o exercício e reativação desse indicador vagal durante os nove minutos de recuperação. Isso mostra que logo após o encerramento do exercício havia uma crescente atuação parassimpática.

Imai *et al.*<sup>5</sup> confirmaram os achados de Arai *et al.*<sup>30</sup> avaliando a atuação do controle autonômico na RFC em seis sessões diferentes de exercício: 1) máximo, 2) no limiar anaeróbio, 3) no limiar anaeróbio com administração de propanolol, 4) no

limiar anaeróbio com administração de atropina, 5) no limiar anaeróbio com administração de ambos bloqueadores, 6) a 50% do limiar anaeróbio. Esse protocolo foi aplicado em esquiadores *cross-country* e pacientes com insuficiência cardíaca. A recuperação da FC foi avaliada pelo T30 e T120. O T120 consistia na constante de tempo ( $\tau$ ) dos 120 s de recuperação da FC, e o T30 na recíproca negativa da inclinação da reta obtida nos 30 s iniciais de recuperação da FC. Os resultados mostraram que o T30 era afetado apenas pela administração de atropina, enquanto o T120 era afetado por ambos os bloqueadores. Após a realização dos dois exercícios submáximos, não houve diferença na estimativa do T30. Entretanto, essa medida foi significativamente maior para o exercício máximo. Os atletas apresentaram reativação vagal acelerada comparada ao dos pacientes. Dessa forma, o T30 pode ser utilizado como indicador de reativação vagal. Além disso, a reativação vagal é acelerada em atletas e lenta em pacientes com insuficiência cardíaca.

Assim como Arai *et al.*<sup>30</sup> e Imai *et al.*<sup>5</sup>, Pierpont e Voth<sup>31</sup> encontraram que a reativação vagal atua primeiro na RFC. Esses autores aplicaram uma modelagem matemática nos valores de FC durante a recuperação e encontraram que a constante de tempo ( $\tau$ ) do tônus parassimpático era menor que a do simpático, mostrando que a reativação vagal tem predomínio na redução da FC logo após o exercício.

Pelo fato de a maioria dos resultados apresentarem a reativação vagal como o principal fator na redução da FC logo após o exercício, seus indicadores, como o T30<sup>5</sup> e RFC60s<sup>6</sup>, passaram a ser analisados quanto a: 1) capacidade de predição da mortalidade<sup>6,32</sup>, 2) relação com parâmetros de capacidade aeróbia<sup>7,8,33</sup>, 3) resposta ao treinamento<sup>34-36</sup>.

A RFC60s foi utilizada por Cole *et al.*<sup>6</sup> e Shetler *et al.*<sup>32</sup> como preditores de mortalidade. O ponto de corte foi, primeiramente, apresentado por Cole *et al.*<sup>6</sup> ao avaliarem 2438 adultos que não possuíam histórico de insuficiência cardíaca e revascularização coronariana, e também não usavam marcapasso. Para esses autores, os indivíduos que não recuperassem mais de 12 bpm após um exercício máximo estariam dentro do grupo com risco de morte precoce. Shetler *et al.*<sup>32</sup> realizaram estudo semelhante e confirmaram a capacidade de predição apresentada por Cole *et al.*<sup>6</sup>.

Sugawara *et al.*<sup>8</sup> mostraram que o T30 apresentava forte correlação com o  $VO_{2max}$ . Entretanto, Buchheit e Gindre<sup>7</sup> e Bosquet *et al.*<sup>33</sup> não encontraram relação entre os indicadores de reativação vagal pós-exercício e os parâmetros da potência/capacidade aeróbia. Buchheit e Gindre<sup>7</sup> verificaram a relação entre o  $VO_{2max}$  e a carga semanal de exercício com a RFC60s. Os participantes do estudo foram divididos primeiramente em dois grupos: 1) maior  $VO_{2max}$ , 2) menor  $VO_{2max}$ . Cada um desses grupos foi dividido em mais dois sub-grupos a partir da carga semanal de exercício. Os resultados mostraram que o indicador vagal da RFC apresentava relação apenas com a carga semanal de exercício físico. Bosquet *et al.*<sup>33</sup> também avaliaram a RFC60s e não encontraram relação com o LV,  $VO_{2max}$  e a velocidade final do teste incremental.

Os efeitos do treinamento sobre o T30 e RFC60s foram verificados por Sugawara *et al.*<sup>34</sup> e Borrensen e Lambert<sup>36</sup>. Sugawara *et al.*<sup>34</sup> avaliaram jovens destreinados por um período de oito semanas de treinamento, seguidas de quatro semanas de destreinamento. O treinamento consistia em pedalar por uma hora na intensidade de 70% do  $VO_{2max}$ . Após quatro semanas de treinamento o T30 apresentou

melhora significativa, a qual persistiu até a oitava semana. A acelerada reativação vagal permaneceu inalterada após duas semanas de destreinamento; no entanto, na quarta semana os valores de T30 já haviam retornado aos valores pré-treinamento. Borrensen e Lambert <sup>36</sup> verificaram o efeito da redução, aumento e manutenção da carga de treinamento em indivíduos que praticavam exercício físico regularmente. Os resultados mostraram que a redução na carga de treinamento acelerou ligeiramente a RFC. O contrário foi encontrado no grupo que aumentou a carga de treinamento. A manutenção do treinamento não alterou a RFC. Isso mostra que os parâmetros de reativação vagal são sensíveis aos efeitos do treinamento e da alteração da sobrecarga de treinamento ao longo de uma temporada.

Otsuki *et al.* <sup>35</sup> compararam a reativação vagal em atletas de *endurance*, treinamento com pesos e sedentários. As características morfológicas do ventrículo esquerdo dos sujeitos também foram avaliadas. A reativação vagal foi obtida por meio do T30. Esse indicador de reativação vagal foi estimado após oito minutos de exercício submáximo a 40% do  $VO_{2max}$ . Os atletas de *endurance* apresentaram valores significativamente maiores na dimensão da câmara ventricular esquerda ao final da diástole quando comparados aos atletas de treinamento com pesos e os sedentários. No entanto, os atletas de treinamento com pesos apresentaram uma espessura da parede do ventrículo esquerdo maior do que os outros dois grupos. Quando avaliada a reativação vagal, os dois grupos de atletas apresentaram reativação vagal mais acelerada do que os sedentários, ao passo que não havia diferença significativa entre eles.

# **5 MÉTODOS**

## **5.1 Sujeitos**

Participaram deste estudo 11 atletas de taekwondo de ambos os gêneros, sendo quatro do gênero feminino (idade:  $18,8 \pm 1,5$  anos; massa corporal:  $61,8 \pm 1,8$  kg; estatura:  $168,0 \pm 4,4$  cm;  $VO_{2max}$ :  $41,6 \pm 2,4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e sete do gênero masculino (idade:  $23,7 \pm 2,2$  anos; massa corporal:  $72,4 \pm 7,0$  kg; estatura:  $178,8 \pm 7,5$  cm;  $VO_{2max}$ :  $51,9 \pm 2,9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). O estudo foi realizado durante o período de transição da periodização do treinamento. Os atletas possuíam experiência em competições internacionais (Jogos Olímpicos, campeonato mundial, campeonato pan-americano, sul-americano) e treinavam no mínimo seis vezes por semana. Todos foram informados acerca dos procedimentos aos quais foram submetidos, e dos riscos e benefícios associados. Na seqüência, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo B). O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local, em acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (anexo A). Os participantes foram instruídos a não realizarem esforços intensos ou ingerirem bebidas alcoólicas nas 24 h precedentes aos testes. Além disso, foram orientados a não consumirem alimentos e bebidas cafeinadas nas três horas precedentes aos testes. Devido a alguns medicamentos interferirem no controle autonômico e, respectivamente na resposta da FC, foi certificado que os atletas não estavam fazendo uso de fármacos, como  $\beta$ -bloqueadores.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado para análises do coeficiente de correlação. Assumido o valor mínimo para uma correlação forte ( $r = 0,80$ ) com um  $\beta$  de 0,80 e  $\alpha$  de 0,05, foi determinado o número de nove sujeitos para a realização do estudo (Medcalc® v9.2.1.0).

Os sujeitos foram submetidos a um teste progressivo de Léger. A partir do teste de Léger, foram estimados os parâmetros de retirada ( $\tau$ , A e ASC) e reativação (RFC60s e T30) vagal, além da  $V_{max}$  e o  $VO_{2max}$ .

As coletas de dados foram realizadas na Universidade Estadual de Londrina e na Academia Madureira em Londrina/PR.

## **5.2 Teste progressivo de Léger**

Antes do início do teste progressivo, os sujeitos foram submetidos a um aquecimento e familiarização à primeira velocidade do teste. Após o aquecimento, esperou-se a FC retornar aos valores de linha de base com recuperação passiva. Na seqüência, os participantes permaneciam dois minutos em pé na linha de partida do teste progressivo como preparação para o mesmo. Ao término dos dois minutos de repouso, o teste era iniciado. O teste progressivo de Léger consistia numa corrida em um percurso com alternância no sentido a cada 20 m. Os 20 m eram indicados por dois cones nas extremidades da distância. A alternância nos sentidos foi indicada por um sinal sonoro proveniente de um CD gravado especificamente para a execução do teste. A velocidade inicial foi de  $8,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , com incrementos de  $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a cada minuto. O teste foi encerrado quando o sujeito interrompesse seu deslocamento por exaustão voluntária (critério subjetivo), ou não estivesse a no mínimo dois metros do cone por

duas vezes dentro do mesmo estágio, no momento do sinal sonoro (critério objetivo). Encerrado o teste, os sujeitos realizaram uma recuperação ativa na velocidade de 4,5 km.h<sup>-1</sup> pelo período de um minuto.

A Vmax foi a velocidade em que o teste foi finalizado. As estimativas do VO<sub>2max</sub> tanto para homens quanto para mulheres com 18 anos ou mais foram realizadas a partir da seguinte equação posposta por Léger *et al.* <sup>37</sup>.

$$y = -24,4 + 6,0 \cdot X_1$$

Onde, y é o VO<sub>2max</sub> predito em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, e X<sub>1</sub> refere-se à Vmax expressa em km.h<sup>-1</sup>.

Durante todo o teste progressivo, a FC e os intervalos RR foram registrados por meio de um cardiofreqüencímetro Polar<sup>®</sup> (S810i, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) validado por Gamelin *et al.* <sup>38</sup> e Vanderlei *et al.* <sup>39</sup>. Os intervalos RR foram filtrados no *software Polar Precision Performance 4.0* a fim de evitar a interferência de batimentos ectópicos presentes no registro, sendo excluídos os valores com diferenças superiores a 20% do valor do intervalo RR anterior <sup>40</sup>.

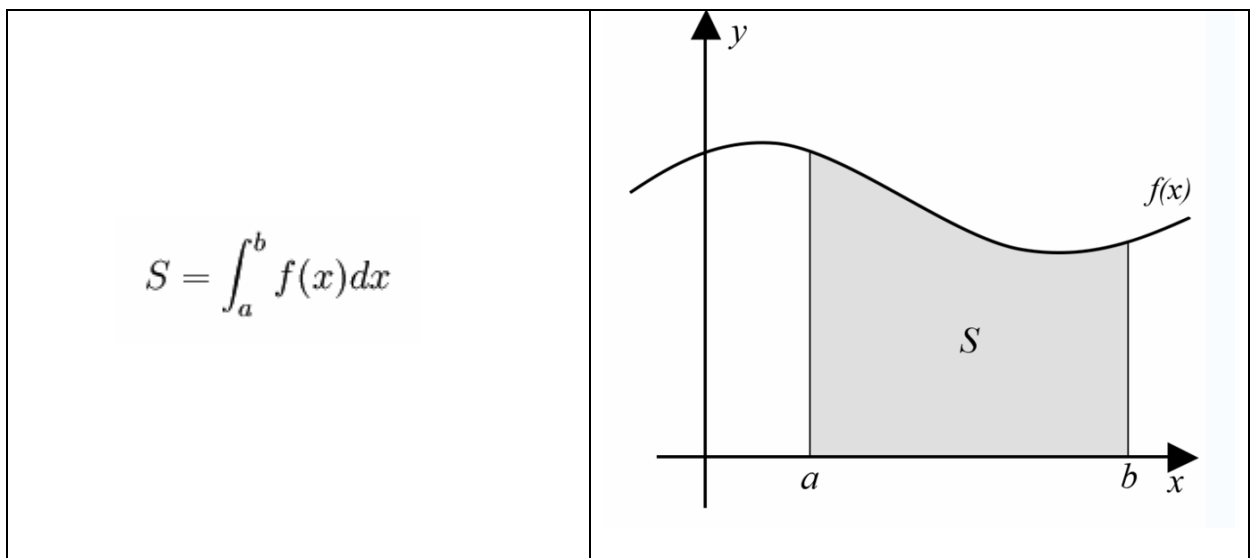
Após a filtragem dos intervalos RR registrados durante o teste progressivo, esses dados foram analisados por meio da plotagem de *Poincaré* e análise no domínio do tempo para obtenção dos indicadores vagais. A partir da plotagem de *Poincaré* foi estimado o SD1 (desvio padrão dos intervalos RR instantâneos), enquanto a análise no domínio do tempo forneceu o RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas o quadrado, entre RR adjacentes). O SD1 e o RMSSD foram

estimados em cada estágio do teste progressivo até a carga em que foram atingidos 85% da FCmax<sup>4</sup>. Os dados de SD1 e RMSSD foram ajustados a uma função de queda mono-exponencial:

$$y = y_0 + A \cdot e^{-x/\tau}$$

Onde,  $y$  são os valores de SD1 e RMSSD,  $x$  são os valores de tempo (s),  $A$  é a amplitude e  $\tau$  é a constante de tempo.

Após o ajuste dos dados a função de queda mono-exponencial, a área sob a curva (ASC) foi calculada por meio da função integrada (Figura 1):



**Figura 1.** Exemplo do cálculo da área sob a curva (ASC) por meio da função integrada.

Todas as cargas do teste de Léger após 85% da FCmax não foram utilizadas, pois após a incidência do PCR ocorre um aumento abrupto da ventilação que

provoca, sem atuação autonômica, uma maior variabilidade dos intervalos RR <sup>28</sup>. Isso levaria a um aumento “artificial” dos indicadores vagais e prejudicaria o ajuste dos dados a função de mono-exponencial.

O ajuste da retirada vagal não pôde ser realizado em um dos sujeitos (gênero feminino) devido ao grande número de erros encontrados no registro dos intervalos RR.

Com os dados de RFC foram realizadas também as medidas da RFC60s e do T30. A RFC60s foi obtida pela subtração da FC ao final do exercício pela encontrada após um minuto de recuperação. Para a estimativa do T30, foi utilizado o intervalo de 10 a 40 s de RFC <sup>41</sup>. Os primeiros dez segundos de recuperação foram excluídos. Primeiramente, foi calculado o logaritmo natural dos valores de FC do intervalo avaliado. Esses valores transformados foram plotados contra o tempo por meio de uma regressão linear, da qual estimou-se a inclinação. O T30 foi encontrado pela divisão de -1 pela inclinação da regressão linear ( $T30 = -1/\text{inclinação}$ ).

### 5.3 Análise estatística

Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP) e quando necessário foram inseridos os valores de 95% do intervalo de confiança (IC). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* com correção de *Lilliefors*. A relação entre os parâmetros de retirada e reativação vagal com a Vmax foi quantificada por meio da correlação de *Pearson*. A significância das análises foi assumida quando  $P < 0,05$ . Os dados foram tratados utilizando-se o programa SPSS for Windows, versão 13.0.

## **6 RESULTADOS**

Os atletas apresentaram  $V_{max}$  de  $12,1 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$  e  $VO_{2max}$  estimado de  $48,1 \pm 5,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . Os valores de coeficiente de determinação ( $R^2$ ), A,  $\tau$  e ASC do ajuste dos indicadores parassimpáticos SD1 e RMSSD à função de queda mono-exponencial são apresentados na Tabela 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de SD1 a função de queda mono-exponencial (n = 10).

	$R^2$	A (ms)	$\tau$ (s)	ASC (ms.s)
<b>Média</b>	0,99	39,55	37,04	2325
<b>DP</b>	0,00	33,38	5,70	1432

**Tabela 2.** Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de RMSSD a função de queda mono-exponencial (n = 10).

	$R^2$	A (ms)	$\tau$ (s)	ASC (ms.s)
<b>Média</b>	0,99	54,79	37,66	2941
<b>DP</b>	0,00	46,42	6,17	2016

Na tabela 3 e 4 estão apresentadas as correlações entre os parâmetros obtidos pelo ajuste dos valores de SD1 e RMSSD à função de queda mono-exponencial, e desses com a  $V_{max}$ .

**Tabela 3.** Correlações (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros do ajuste do SD1 a função de queda mono-exponencial com a Vmax (n = 10).

<b><u>SD1</u></b>	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>A</b> <b>(ms)</b>	<b>τ</b> <b>(s)</b>	<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	0,61 (- 0,09 a 0,91)	0,40 (- 0,37 a 0,84)	0,70* (0,06 a 0,93)
<b>A</b> <b>(ms)</b>	-	1	0,15 (- 0,57 a 0,74)	0,98** (0,91 a 1,00)
<b>τ</b> <b>(s)</b>	-	-	1	0,26 (- 0,49 a 0,79)
<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>	-	-	-	1

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

**Tabela 4.** Correlações (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros do ajuste do RMSSD a função de queda mono-exponencial com a Vmax (n = 10).

<b>RMSSD</b>	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>A</b> <b>(ms)</b>	<b>τ</b> <b>(s)</b>	<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	0,65 (- 0,03 a 0,92)	0,22 (- 0,52 a 0,77)	0,71* (0,09 a 0,93)
<b>A</b> <b>(ms)</b>	-	1	0,10 (- 0,61 a 0,72)	0,99** (0,96 a 1,00)
<b>τ</b> <b>(s)</b>	-	-	1	0,18 (- 0,55 a 0,76)
<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>	-	-	-	1

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

Os valores de  $R^2$ , A,  $\tau$  e ASC obtidos para as análises de retirada vagal realizadas apenas com o gênero masculino estão apresentadas nas tabelas 5 e 6.

**Tabela 5.** Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de SD1 a função de queda mono-exponencial para o gênero masculino (n = 7).

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>A (ms)</b>	<b>τ (s)</b>	<b>ASC (ms.s)</b>
<b>Média</b>	0,99	44,13	39,24	2606
<b>DP</b>	0,00	39,67	4,70	1659

**Tabela 6.** Parâmetros resultantes do ajuste dos valores de RMSSD a função de queda mono-exponencial para o gênero masculino (n = 7).

	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>A (ms)</b>	<b>τ (s)</b>	<b>ASC (ms.s)</b>
<b>Média</b>	0,99	62,36	39,61	3367
<b>DP</b>	0,00	54,81	4,93	2313

Na tabela 7 e 8 estão apresentadas as correlações entre os parâmetros obtidos pelo ajuste dos valores de SD1 e RMSSD a função de queda mono-exponencial, e desses com a Vmax para o gênero masculino.

**Tabela 7.** Correlações (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros do ajuste do SD1 a função de queda mono-exponencial com a Vmax para o gênero masculino (n = 7).

<b><u>SD1</u></b>	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>A</b> <b>(ms)</b>	<b>τ</b> <b>(s)</b>	<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	0,76* (0,02 a 0,96)	- 0,42 (- 0,89 a 0,49)	0,75 (- 0,02 a 0,96)
<b>A</b> <b>(ms)</b>	-	1	0,09 (- 0,71 a 0,79)	0,99** (0,99 a 1,00)
<b>τ</b> <b>(s)</b>	-	-	1	0,11 (- 0,70 a 0,80)
<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>	-	-	-	1

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

**Tabela 8.** Correlações (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros do ajuste do RMSSD a função de queda mono-exponencial com a Vmax para o gênero masculino (n = 7).

<b><u>RMSSD</u></b>	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>A</b> <b>(ms)</b>	<b>τ</b> <b>(s)</b>	<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	0,76* (0,01 a 0,96)	- 0,58 (- 0,93 a 0,30)	0,74 (- 0,04 a 0,96)
<b>A</b> <b>(ms)</b>	-	1	- 0,04 (- 0,77 a 0,74)	0,99** (0,99 a 1,00)
<b>τ</b> <b>(s)</b>	-	-	1	0,01 (- 0,75 a 0,75)
<b>ASC</b> <b>(ms.s)</b>	-	-	-	1

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

As médias  $\pm$  DP dos parâmetros de reativação vagal após o teste progressivo máximo foram de  $429,2 \pm 150,6$  s para o T30 e  $29 \pm 8$  bpm para a RFC60s. A relação entre os parâmetros de reativação vagal, e destes com a Vmax estão apresentados na tabela 9.

**Tabela 9.** Correlação (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros de reativação vagal e Vmax (n = 10).

	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>T30</b> <b>(s)</b>	<b>RFC60s</b> <b>(bpm)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	- 0,77** (- 0,92 a 0,01)	0,64* (- 0,23 a 0,88)
<b>T30</b> <b>(s)</b>	-	1	- 0,81** (- 0,94 a - 0,13 )
<b>RFC60s</b> <b>(bpm)</b>	-	-	1

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

Os valores do T30 e RFC60s estimados apenas para o gênero masculino foram  $356,8 \pm 103,2$  s e  $32 \pm 8$  bpm, respectivamente. As correlações entre essas estimativas, e destas com a Vmax estão apresentadas na tabela 10.

**Tabela 10.** Correlação (95% do intervalo de confiança da correlação) entre os parâmetros de reativação vagal e Vmax para o gênero masculino (n = 7).

	<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	<b>T30</b> <b>(s)</b>	<b>RFC60s</b> <b>(bpm)</b>
<b>Vmax</b> <b>(km.h<sup>-1</sup>)</b>	1	- 0,62 (- 0,94 a 0,25)	0,40 (- 0,50 a 0,89)
<b>T30</b> <b>(s)</b>	-	1	- 0,69 (- 0,95 a 0,14)
<b>RFC60s</b> <b>(bpm)</b>	-	-	1

## **7 DISCUSSÃO**

Os principais achados do presente estudo foram os altos valores de coeficiente de determinação, confirmando a característica de queda mono-exponencial da retirada vagal durante exercícios progressivos, além das correlações moderadas entre os parâmetros de retirada (A e ASC) e reativação vagal (T30 e RFC60s) com a Vmax. Além disso, quando os dados foram avaliados separadamente para o gênero masculino, as correlações encontradas foram mantidas, com exceção da relação entre a RFC60s e  $\tau$  com a Vmax.

No presente estudo, a retirada vagal durante o exercício progressivo foi avaliada por meio do SD1 e RMSSD. Esses dois parâmetros foram utilizados devido a não sofrerem influência da frequência respiratória<sup>18</sup> e por analisarem as diferenças sucessivas dos intervalos RR, levando em consideração a não estacionariedade dos dados<sup>42</sup> em exercícios progressivos<sup>16</sup>. Os ajustes obtidos para o SD1 e RMSSD na função de queda mono-exponencial e nas correlações dos parâmetros de retirada vagal com a Vmax foram muito semelhantes. Isso confirma os achados de Brennan *et al.*<sup>43</sup>, os quais mostraram que o SD1 e RMSSD representavam matematicamente medidas altamente relacionadas.

Os valores de coeficiente de determinação encontrados para o ajuste do SD1 e RMSSD à função de queda mono-exponencial nos atletas de taekwondo foram altos ( $R^2 = 0,99$ ), assim como os apresentados por Lewis *et al.*<sup>4</sup> em indivíduos saudáveis ( $R^2 = 0,85 - 0,90$ ). Altos valores de coeficiente de determinação também foram encontrados quando os ajustes foram feitos apenas para o gênero masculino ( $R^2$

= 0,99), mostrando que os três sujeitos do gênero feminino não interferiram na determinação dos ajustes.

Os parâmetros da retirada vagal calculados no presente estudo foram o  $\tau$ , A e ASC, enquanto Lewis *et al.*<sup>4</sup> calcularam a taxa de redução. A taxa de retirada vagal apresentou correlação forte e significativa com a potência máxima estimada no teste progressivo<sup>4</sup>. Dos parâmetros estimados no nosso estudo, o  $\tau$  apresentou fraca correlação com a Vmax ( $r = 0,40$  e  $0,22$ ; para SD1 e RMSSD, respectivamente). Esses resultados indicam que a constante de tempo estimada para a retirada vagal não tem relação com a velocidade final do teste. Entretanto, a A e a ASC apresentaram correlação moderada com a Vmax ( $r = 0,61 - 0,71$ ). A correlação encontrada entre a A e a Vmax foi interessante, pois a estimativa da A considera a VFC de repouso, a qual é utilizada como indicador de capacidade aeróbia<sup>44,45</sup>, apesar de apresentar a saturação como principal limitação<sup>46-48</sup>. A saturação ocorre quando não há aumento dos indicadores do tônus parassimpático, apesar do aumento nos intervalos RR. Além disso, a A também apresentou forte e significativa correlação com a ASC ( $r = 0,98$  e  $0,99$ ,  $P < 0,01$ ; SD1 e RMSSD, respectivamente). Dessa forma, a estimativa da ASC está indiretamente relacionada à VFC de repouso. Além disso, incorpora a retirada vagal de exercício, e por essa razão deve se correlacionar com indicadores de potência aeróbia. Embora o presente estudo não tenha verificado os efeitos do treinamento sobre a ASC, Leicht *et al.*<sup>49</sup> e Martinmäki *et al.*<sup>50</sup> encontraram aumento da atividade parassimpática em cargas submáximas de protocolos progressivos após treinamentos intenso e de baixa dose, respectivamente. Portanto, os resultados sugerem que a ASC poderia ser utilizada como parâmetro na avaliação aeróbia de atletas de taekwondo.

A reativação vagal também apresentou boa relação com o indicador de potência aeróbia. O T30 e a RFC60s foram moderadamente correlacionados com a Vmax ( $r = 0,77$  e  $0,64$ ,  $P < 0,05$ , respectivamente), além de se correlacionarem entre si ( $r = -0,81$ ,  $P < 0,01$ ). Os resultados da relação entre o T30 e a RFC60s com o indicador aeróbio são contrários aos apresentados por Buchheit e Gindre <sup>7</sup> e Bosquet *et al.* <sup>33</sup>, os quais não encontraram nenhuma relação dos indicadores de reativação vagal com as estimativas referentes à potência aeróbia. Entretanto, Sugawara *et al.* <sup>8</sup> mostraram uma forte relação entre o T30 e o  $VO_{2max}$  e Cole *et al.* <sup>6</sup> uma associação negativa entre a RFC60s e a intensidade máxima em teste progressivo. Os indicadores de reativação vagal também se mostraram sensíveis ao treinamento <sup>34</sup> e as alterações na sobrecarga de treinamento <sup>36</sup>.

As relações verificadas no presente estudo para todo o grupo de atletas ( $n = 10$ ) também foram avaliadas, separadamente, para o gênero masculino ( $n = 7$ ). Os resultados, em sua maioria, apresentaram comportamento semelhante nas duas situações, com exceção da correlação fraca encontrada entre a RFC60s e a Vmax, e negativa entre o  $\tau$  e a Vmax para os sete homens, enquanto havia sido moderada e positiva para todo o grupo, respectivamente. Além disso, algumas correlações deixaram de ser significativas. A não significância das correlações e a redução no valor obtido da correlação entre a RFC60s e a Vmax podem ser atribuídas ao número de sujeitos ( $n = 7$ ), que não atingiu o mínimo suficiente ( $n = 9$ ) para um  $\beta$  de 0,80 e  $\alpha$  de 0,05. Apesar do número de sujeitos do gênero masculino não ter atingido o mínimo estimado pelo cálculo do tamanho da amostra, o fato das correlações se assemelharem com as obtidas para todo o grupo, mostra que as boas relações encontradas não foram resultado da adição de atletas do gênero feminino ao grupo.

A alteração da correlação positiva do  $\tau$  com a  $V_{max}$  para negativa quando avaliados apenas o gênero masculino, pode ser devido a grande variação no intervalo de confiança da estimativa do coeficiente de correlação (95% do intervalo de confiança: - 0,52 a 0,84). A relação negativa entre o  $\tau$  e a  $V_{max}$  é contrária aos pressupostos fisiológicos, pois esperava-se uma constante de tempo da retirada vagal mais lenta (maior tempo de duração) para os indivíduos com maior capacidade/potência aeróbia. Os coeficientes de correlação entre parâmetros de retirada e reativação vagal com a  $V_{max}$  para o grupo todo e para o gênero masculino também apresentaram grande variação no intervalo de confiança. Devido a essa grande variação, essas relações devem ser vistas com cautela. Além disso, a medida da reprodutibilidade das medidas seria importante para verificar a confiabilidade das relações e das estimativas dos parâmetros de retirada e reativação vagal.

Apesar dos resultados para o gênero masculino terem se aproximado dos apresentados para o grupo todo, não conseguir atingir o número mínimo de sujeitos do mesmo gênero fornecidos pelo cálculo do tamanho da amostra foi uma limitação do presente estudo. Além disso, esse estudo traz apenas uma perspectiva transversal de análise, enquanto verificar o efeito do treinamento sobre os parâmetros de retirada e reativação vagal seria essencial para confirmar a possibilidade de utilização dessas variáveis na avaliação aeróbia.

## **8 CONCLUSÕES**

---

---

Os resultados do presente estudo mostraram que os parâmetros de retirada e reativação vagal estavam relacionados ao indicador de potência aeróbia. Para a retirada vagal, a A e ASC foram os parâmetros que apresentaram correlação com o indicador aeróbio, enquanto na reativação, ambos os indicadores (T30 e RFC60s) foram bem correlacionados com a Vmax. Entretanto, a RFC60s não apresentou boa relação com a Vmax quando foi avaliada apenas para o gênero masculino, o que implica numa limitação para a utilização na prática. Esses resultados sugerem que os parâmetros de retirada vagal relacionados com a Vmax e o T30 podem ser utilizados como uma alternativa não invasiva na avaliação aeróbia dos atletas de taekwondo, entretanto, estudos futuros devem ser realizados a fim de confirmar esses achados.

## **9 REFERÊNCIAS**

1. Heller J, Peric T, Dlouhá R, Kohlíková E, Melichna J, Nováková H. Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *J Sports Sci* 1998; 16(3): 243-49.
2. Markovic G, Misigoj-Durakovic M, Trninic S. Fitness profile of elite Croatian taekwondo athletes. *Coll Antropol* 2005; 29(1): 93-99.
3. Bouhlel E, Jouini A, Gmada N, Nefzi A, Abdallah KB, Tabka Z. Heart rate and blood lactate responses during taekwondo training and competition. *Sci Sports* 2006; 21(5): 285-90.
4. Lewis MJ, Kingsley M, Short AL, Simpson K. Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17(6): 696-702.
5. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, Takeda H, Inoue M, Kamada T. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 1994; 24(6): 1529-35.
6. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med* 1999; 341(18): 1351-7.

7. Buchheit M, Gindre C. Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2006; 291(1): H451-8.
8. Sugawara J, Hamada Y, Nabekura Y, Nishijima T, Matsuda M. The simplified evaluation of post-exercise vagal reactivation and application in athletic conditioning. *Jpn J Phys Fitness Sports Med* 1999; 8: 467-76.
9. Thompson WR, Vinueza C. Physiological profiles of male and female Taekwondo black belts. *Sports Med Training Rehabil* 1991; 3:4 9–53.
10. Lin WL, Yen KT, Doris Lu CY, Huang YH, Chang CK. Anaerobic capacity of elite Taiwanese taekwondo athletes. *Sci Sports* 2006; 21(5): 291-93.
11. Butios S, Tasika N. Changes in heart rate and blood lactate concentration as intensity parameters during simulated taekwondo competition. *J Sports Med Phys Fitness* 2007; 47(2): 179-185.
12. Matsushigue KA, Hartmann K, and Franchini E. Taekwondo: physiological responses and match analysis. *J Strength Cond Res* 2008, no prelo.
13. Robinson BF, Epstein SE, Beiser, GD, Braunwald E.. Control of heart rate by the autonomic nervous system. *Circ Res* 1966; 29: 400-411.

14. Polanczyk CA, Rohde LE, Moraes RS, Ferlin EL, Leite C, Ribeiro JP. Sympathetic nervous system representation in time and frequency domain indices of heart rate variability. *Eur J Appl Physiol* 1998; 79(1): 69-73.
15. Yamamoto Y, Hughson RL, Nakamura Y - Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. *Chest* 1992; 101(suppl): 206-10.
16. Tulppo MP, Makikallio TH, Takala TE, Seppanen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1996; 271: H244–H252.
17. Alonso DO, Forjaz CLM, Rezende LO, Braga AMFW, Barretto ACP, Negrão CE. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo. *Arq Bras Cardiol* 1998;71: 787-92.
18. Penttilä J, Helminen A, Jartti T, Kuusela T, Huikuri HV, Tulppo MP, Coffeng R, Scheinin H. Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. *Clin Physiol* 2001; 21(3): 365-76.
19. Guzik P, Piskorski J, Krauze T, Schneider R, Wesseling KH, Wykretowicz A, Wysocki H. Correlations between the Poincaré plot and conventional heart rate variability parameters assessed during paced breathing. *J Physiol Sci* 2007; 57(1): 63-71.

20. Lima JRP, Kiss MAP. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. Rev Bras Ativ Fis Saúde 1999; 4(1): 29-38.
  
21. Banach T, Grandys M, Juszcak K, Kolasińska-Kloch W, Zoładź J, Laskiewicz J, Thor PJ. Heart rate variability during incremental cycling exercise in healthy untrained young men. Folia Med Cracov 2004; 45(1-2): 3-12.
  
22. Nakamura FY, Aguiar CA, Fronchetti L, Aguiar AF, Lima JRP. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. Motriz 2005; 11(1): 01-09.
  
23. Fronchetti L, Nakamura FY, de-Oliveira FR, Lima-Silva AE, Lima JRP. Effects of high-intensity interval training on heart rate variability during exercise. J Exerc Physiol 2007; 10(4): 01-09.
  
24. Karapetian GK, Engels HJ, Gretebeck, RJ. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. Int J Sports Med 2008; 29(8): 652-7.
  
25. Bosquet L, Léger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. Sports Med 2002; 32(11): 675-700.

26. Cottin F, Leprêtre, PM, Lopes P, Papelier Y, Médigue C, Billat V. Assessment of ventilatory threshold from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *Int J Sports Med* 2006; 27(12): 959-67.
27. Cottin F, Médigue C, Lopes P, Leprêtre, PM, Heubert R, Billat V. Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *Int J Sports Med* 2007; 28(4): 287-94.
28. Buchheit M, Solano R, Millet GP. Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. *Pediatr Exerc Sci* 2007; 19(2): 192-204.
29. Savin MW, Davidson DM, Haskell WL. Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans. *J Appl Physiol* 1982; 53(6): 1572-82.
30. Arai Y, Saul JP, Albrecht P, Hartley LH, Lilly LS, Cohen RJ, Colucci WS. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 1989; 256(25): H132-H141.
31. Pierpont GL, Voth EJ. Assessing autonomic function by analysis of heart rate recovery from exercise in healthy subjects. *Am J Cardiol* 2004; 94(1): 64-68.

32. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, Vora S, Kalisetti D, Prakash M, Do D, Myers J. Heart rate recovery: validation and methodologic issues. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38(7): 1980-7.
33. Bosquet L, Gamelin F, Berthoin S. Is aerobic endurance a determinant of cardiac autonomic regulation? *Eur J Appl Physiol* 2007; 100(3): 363-9.
34. Sugawara J, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M. Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol* 2001; 85(3-4): 259-263.
35. Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Sugawara J, Ajsaka R, Miyauchi T. Postexercise heart rate recovery accelerates in strength-trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(2): 365-70.
36. Borresen J, Lambert MI. Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol* 2007; 101(4): 503-11.
37. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6(2): 93-101.
38. Gamelin FX, Berthoin S, Bosquet L. Validity of the polar S810 heart rate monitor to measure R-R intervals at rest. *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38(5): 887-93.

39. Vanderlei LC, Silva RA, Pastre CM, Azevedo FM, Godoy MF. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Braz J Med Biol Res* 2008, no prelo.
40. Yamamoto Y, Hughson RL, Peterson JC. Autonomic Control of Heart Rate During Exercise Studied by Heart Rate Variability Spectral Analysis. *J Appl Physiol* 1991; 71(3): 1136-42.
41. Buchheit M, Laursen PB, Ahmaidi S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007; 293(1): H133-41.
42. Morettin PA, Toloí CMC. *Análise de séries temporais*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
43. Brennan M, Palaniswami M, Kamen P. Do existing measures of Poincaré plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability? *IEEE Trans Biomed Eng* 2001; 48(11): 1342-7.
44. De Meersman RE. Heart rate variability and aerobic fitness. *Am Heart J* 1993; 125(3): 726-31.
45. Aubert AE, Seps B, Beckers F. Heart rate variability in athletes. *Sports Med* 2003; 33(12): 889-919.

46. Goldberger JJ, Challapalli S, Tung R, Parker MA, Kadish AH. Relationship of heart rate variability to parasympathetic effect. *Circulation* 2001 17; 103(15): 1977-83.
47. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Seppänen T, Mäkikallio 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; 287(5): H1921-7.
48. Kiviniemi AM, Hautala AJ, Mäkikallio TH, Seppänen 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; 96(6): 686-92.
49. Leicht AS, Allen GD, Hoey AJ. Influence of intensive cycling training on heart rate variability during rest and exercise. *Can J Appl Physiol* 2003; 28(6): 898-909.
50. Martinmäki K, Häkkinen K, Mikkola J, Rusko H. Effect of low-dose endurance training on heart rate variability at rest and during an incremental maximal exercise test. *Eur J Appl Physiol* 2008; 104(3): 541-8.

## **ESTUDO 2**

---

---

### **UTILIZAÇÃO DA PSE DA SESSÃO PARA A QUANTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS DE TREINAMENTO EM TAEKWONDO**

## **10 JUSTIFICATIVA**

---

---

O combate durante a competição de taekwondo é compreendido por seqüências de ataques (chutes altos, rápidos e giratórios) e esperas por oportunidades de outro ataque <sup>1</sup>. As altas intensidades dos ataques, que duram entre 1 e 5 segundos, mostram a importância do metabolismo anaeróbio, enquanto nas pausas há maior participação do metabolismo aeróbio <sup>1,2</sup>. Dessa forma, essa modalidade pode ser considerada como um exercício intermitente com alternância no predomínio dos metabolismos aeróbio e anaeróbio <sup>3</sup>. Além da definição do perfil metabólico da atividade esportiva ser essencial para a determinação das condições funcionais necessárias para desempenho ótimo <sup>4</sup>, outros fatores importantes para se alcançar bons resultados são a quantificação das cargas de treinamento <sup>5,6</sup> e a distribuição das intensidades de treinamento <sup>7-9</sup>.

O monitoramento das cargas de treinamento e da distribuição das intensidades de treinamento ao longo de uma temporada é essencial para alcançar o desempenho planejado <sup>5-9</sup>, pois permite ao treinador acessar como o atleta está respondendo ao treinamento e realizar alterações na sua periodização <sup>10</sup>. Foster <sup>11</sup>

destacaram a prevenção do sobretreinamento <sup>12</sup> como outro importante fator para essas medidas.

Uma alternativa prática e de baixo custo para quantificar as cargas de treinamento (PSE da sessão) foi proposta por Foster *et al.* <sup>13,14</sup>. A PSE da sessão levava em consideração a percepção subjetiva de esforço (PSE) referente a sessão como um todo. Esse método foi validado em exercícios contínuos (<sup>7,11,13,14</sup>) e intermitentes de alta intensidade (<sup>13,15,16,17</sup>) por meio da relação com métodos objetivos estimados com base na resposta da frequência cardíaca (FC). Apesar do taekwondo também ser um esporte intermitente de alta intensidade, a PSE da sessão ainda não foi validada para esportes de combate. Além disso, os estudos com esportes intermitentes não relacionaram a PSE da sessão com a estimativa da carga de treinamento obtida por meio da resposta da concentração sanguínea de lactato ([La]<sub>CT</sub>). Assumindo que Perandini *et al.* <sup>18</sup> apresentaram uma boa relação entre a [La] e a PSE durante exercícios intermitentes de alta intensidade, o que não é observado para a FC <sup>19</sup>, nós hipotetizamos que para o taekwondo haverá uma melhor correlação entre a PSE da sessão e [La]<sub>CT</sub>, comparada aos métodos de FC.

A distribuição das intensidades de treinamento foi realizada apenas para esportes de *endurance* como a corrida <sup>8,9</sup> e esqui *cross-country* <sup>7</sup>. Seiler e Kjerland <sup>7</sup> verificaram a distribuição das intensidades de treinamento por meio das respostas da FC, [La] e PSE. As proporções obtidas pelas três medidas não apresentaram diferença significativa, além da alta concordância entre os métodos de FC e PSE. Entretanto, para o conhecimento dos autores, nenhum estudo verificou a associação e concordância entre as distribuições das intensidades de treinamento obtidas por meio das respostas de [La] e PSE em exercícios intermitentes de alta intensidade, como o

taekwondo. Considerando os resultados apresentados acima por Perandini *et al.* <sup>18</sup>, nós hipotetizamos uma associação significativa e uma alta concordância entre os métodos de [La] e PSE no taekwondo.

# **11 OBJETIVOS**

## **11.1 Objetivo geral**

Quantificar as cargas de treinamento em atletas de taekwondo por meio do  $Banister_{TRIMP}$ ,  $Edwards_{CT}$ ,  $[La]_{CT}$  e PSE da sessão, e descrever a distribuição das intensidades de treinamento realizadas pelas respostas da PSE e  $[La]$ .

## **11.2 Objetivos específicos**

- Verificar a relação entre as estimativas das cargas de treinamento mensuradas pelos métodos  $Banister_{TRIMP}$ ,  $Edwards_{CT}$ ,  $[La]_{CT}$  e PSE da sessão;
- Verificar a associação e concordância da distribuição das intensidades de treinamento realizadas pelas respostas da PSE e  $[La]$ .

# **12 REVISÃO DA LITERATURA**

## **12.1 Respostas fisiológicas durante e ao treinamento de taekwondo**

Os estudos que avaliaram as respostas fisiológicas durante e ao treinamento de taekwondo tiveram como objetivo avaliar tanto os praticantes recreacionais da modalidade, quanto os atletas<sup>20-23</sup>. Devido à alta popularidade do taekwondo, alguns autores verificaram se a prática dessa modalidade atingia a faixa de intensidade proposta pelo ACSM<sup>24</sup> para a melhora do sistema cardiorespiratório. Para os atletas, também foi analisado se o treinamento estava na zona necessária para a melhora da capacidade/potência aeróbia.

Pieter *et al.*<sup>20</sup> avaliaram a resposta da FC a diferentes exercícios específicos em praticantes recreacionais de taekwondo. A FC foi registrada em exercícios de forma (poomses) apenas com os braços, e técnicas de braço e perna combinados, além de exercícios de chutes, e chutes e socos combinados. Cada exercício era realizado de 10 a 15 vezes. Não foram encontradas diferenças significativas entre dois exercícios de forma, o mesmo ocorrendo para os exercícios de chutes e socos. Porém, as combinações de chutes e socos apresentaram valores significativamente maiores de FC quando comparados aos exercícios de forma (91% versus 80% da FCmax prevista pela idade). Portanto, apesar dos exercícios de forma envolverem os membros superiores e inferiores simultaneamente, não são capazes de atingir a mesma intensidade dos exercícios combinados de chutes e socos, os quais se aproximam mais da realidade do combate do taekwondo.

Toskovic *et al.* <sup>22</sup> encontraram respostas da FC na mesma faixa de intensidade ao avaliarem 28 praticantes de taekwondo divididos em quatro grupos: (1) homens iniciantes, (2) homens experientes, (3) mulheres iniciantes, (4) mulheres experientes. A sessão de exercícios consistia em dez minutos de aquecimento seguidos de 20 minutos de exercícios como socos, chutes e *steps* (movimentação com os pés, específico da modalidade). As respostas fisiológicas foram diferentes apenas entre os gêneros. Durante a sessão, o percentual da FCmax entre os grupos variou de 88,3 a 92,2%, enquanto o percentual do VO<sub>2</sub> máximo (VO<sub>2max</sub>) variou entre 67,9 a 72,1%. Os resultados mostraram que a intensidade desses exercícios é suficiente para promover adaptações no sistema cardiovascular de acordo com as diretrizes do ACSM <sup>24</sup>.

Entretanto, os estudos de Pieter *et al.* <sup>20</sup> e Toskovic *et al.* <sup>22</sup> realizaram sessões de exercício de taekwondo um pouco distantes da realidade da modalidade (por exemplo: duração da sessão de exercícios), prejudicando a validade ecológica desses estudos. A partir dessas limitações, Bridge *et al.* <sup>23</sup> propuseram a avaliação de sessões de treinamento de taekwondo mais próximas da realidade. As sessões de treinamento consistiam em exercícios de técnica básica, combinações técnicas, treinamento de *step*, treino técnico, lutas, exercícios de socos e chutes com elástico e trabalho técnico com aparadores de chute. As respostas de FC encontradas (64,7 – 81,4% da FCmax) foram menores do que as já apresentadas por Pieter *et al.* <sup>20</sup> e Toskovic *et al.* <sup>22</sup>. Apesar da FC ter sido menor, os valores estavam dentro do proposto pelo ACSM <sup>24</sup> para a melhora do sistema cardiovascular, assim como os encontrados por Pieter *et al.* <sup>20</sup> e Toskovic *et al.* <sup>22</sup>.

Embora os estudos de Pieter *et al.*<sup>20</sup>, Toskovic *et al.*<sup>22</sup> e Bridge *et al.*<sup>23</sup> tenham concluído que os exercícios e treinamentos de taekwondo estão dentro da faixa de intensidade para a melhora do sistema cardiovascular, nenhum desses realizou um acompanhamento para verificar os possíveis efeitos do treinamento, o que limita essas conclusões. Essa limitação fica evidente no estudo de Melhim<sup>21</sup> que avaliou 19 praticantes de taekwondo após 8 semanas de treinamento e não encontrou melhora no  $VO_{2max}$  ( $36,3 \pm 9,2$  versus  $38,2 \pm 7,8$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), enquanto foi observado um aumento na capacidade e potência anaeróbia ( $235,6 \pm 70,2$  versus  $380,5 \pm 85,1$  W;  $422 \pm 87,6$  versus  $541,1 \pm 95,6$  W, respectivamente). As sessões de treinamento duravam em média 60 minutos, divididos em: (1) 5-10 minutos de aquecimento sem movimentos do taekwondo, (2) 15-20 minutos com exercícios de fundamentos, (3) 7-10 minutos de exercícios de forma, e (4) 5-10 minutos de exercícios para volta à calma.

## 12.2 Quantificação das cargas de treinamento

A estimativa das cargas de treinamento tem sido realizada por meio das respostas da FC, [La] e PSE. A primeira técnica para a quantificação das cargas de treinamento foi proposta por Banister<sup>25</sup>. A estimativa da carga de treinamento foi realizada por meio do registro da FC e chamada de TRIMP (impulsos de treinamento) ( $Banister_{TRIMP}$ ). Banister<sup>25</sup> ajustou uma curva exponencial para a relação entre a [La] e fração de aumento da FC. O resultado proveniente dessa função foi multiplicado pela duração e delta da razão da FC ( $FC_R$ ) da sessão para a obtenção dos TRIMPs. As equações para a estimativa do TRIMP foram:

$$\text{TRIMP} = \text{DT} * \text{FC}_R * 0,64 * e^{1,92 * \text{FC}_R} \quad (\text{Homens})$$

$$\text{TRIMP} = \text{DT} * \text{FC}_R * 0,86 * e^{1,672 * \text{FC}_R} \quad (\text{Mulheres})$$

Onde, DT é a duração da sessão de treino expressa em minutos e a  $\text{FC}_R$  é determinada pela seguinte equação:

$$\text{FC}_R = (\text{FC}_{\text{ST}} - \text{FC}_B) / (\text{FC}_{\text{max}} - \text{FC}_B)$$

Onde,  $\text{FC}_{\text{ST}}$  é a FC média da sessão,  $\text{FC}_B$  é a FC de repouso.

Devido ao fato de a técnica do TRIMP utilizar a FC média da sessão para a quantificação da carga de treinamento, sua estimativa é limitada para exercícios intermitentes de alta intensidade <sup>10,13</sup>, uma vez que a média da FC para esses exercícios não representa a real intensidade realizada. Além disso, o cálculo do TRIMP considera uma curva fixa exponencial para o aumento do lactato em relação à fração da FC, sendo que esse comportamento pode variar ao longo da temporada de treinamento.

A fim de minimizar essas limitações, foram propostas duas outras metodologias utilizando a resposta da FC durante o treinamento <sup>26,27</sup>. Edwards <sup>26</sup> delimitou cinco zonas a partir da  $\text{FC}_{\text{max}}$  de cada indivíduo (Zona 1: 50 a 60% da  $\text{FC}_{\text{max}}$ , Zona 2: 60 a 70% da  $\text{FC}_{\text{max}}$ , Zona 3: 70 a 80% da  $\text{FC}_{\text{max}}$ , Zona 4: 80 a 90% da  $\text{FC}_{\text{max}}$ , Zona 5: 90 a 100% da  $\text{FC}_{\text{max}}$ ). Para a estimativa da carga de treinamento, o tempo acumulado em cada zona foi multiplicado pelo seu respectivo valor. Os

resultados obtidos foram somados. Lucia *et al.*<sup>27</sup> estimaram, primeiramente, o LV e o ponto de compensação respiratória (PCR) de ciclistas, e as FCs referentes a essas intensidades. A partir dessas duas intensidades, foram divididas as três zonas: zona 1 – abaixo do LV, zona 2 – entre o LV e o PCR e zona 3 – acima do PCR. Para estimar a carga de treinamento, o tempo acumulado em cada zona foi multiplicado pelo seu respectivo valor. Novamente, os resultados obtidos nas diferentes zonas foram somados.

Embora a divisão por zonas e seus respectivos fatores de multiplicação tenham suprimido a limitação do uso da média da FC de toda a sessão para o cálculo do  $Banister_{TRIMP}$ , Borrensen e Lambert<sup>10</sup> também apontaram limitações para essas metodologias. Para esses autores, o fato da menor e maior FC dentro da mesma zona receberem o mesmo fator de multiplicação, além de uma variação de 1 bpm poder alterar a zona de classificação, prejudicam a estimativa acurada da carga de treinamento.

Seiler e Kjerland<sup>7</sup> propuseram a estimativa da  $[La]_{CT}$  a partir dos mesmos procedimentos apresentados por Lucia *et al.*<sup>27</sup>, sendo as três zonas delimitadas a partir de concentrações fixas de  $[La]$  (zona 1 –  $[La] \leq 2$ ; zona 2 –  $2 < [La] < 4$ ; zona 3 –  $[La] \geq 4$ ). Dessa forma, as mesmas limitações apresentadas anteriormente para as metodologias de Edwards<sup>26</sup> e Lucia *et al.*<sup>27</sup> são extensivas à  $[La]_{CT}$ .

A estimativa da carga de treinamento realizada por meio da PSE foi proposta por Foster *et al.*<sup>14</sup> e chamada de PSE da sessão. A PSE reportada era proveniente da escala CR-10 de Borg<sup>28</sup>, modificada por Foster *et al.*<sup>14</sup>. A PSE era reportada após 30 minutos do término da sessão de treinamento para evitar que essa fosse associada ao último exercício realizado. Essa informação era enfatizada no

momento da coleta da PSE. A PSE da sessão era obtida pela multiplicação da duração da sessão de treino pela PSE reportada.

Os primeiros estudos que estimaram a carga de treinamento pela PSE da sessão foram realizados em modalidades cíclicas contínuas<sup>11,13,14</sup>. Foster<sup>11</sup> estimou a carga de treinamento em patinadores de velocidade por meio do método de Edwards<sub>CT</sub> e PSE da sessão. A PSE da sessão apresentou correlação entre 0,75 e 0,90 com o método de Edwards<sub>CT</sub>. O mesmo resultado foi encontrado em exercício realizado em cicloergômetro<sup>13</sup>. A fim de verificar se o método poderia ser aplicado a exercícios intermitentes, Foster *et al.*<sup>13</sup>, Impellizzeri *et al.*<sup>15</sup> e Coutts *et al.*<sup>16</sup> avaliaram jogadores de basquete, rugby e futebol, respectivamente. Os três estudos encontraram boas correlações entre as cargas de treinamento estimadas pelas respostas da FC e PSE.

A estimativa da PSE da sessão também apresenta suas limitações, como a diversidade de fatores que podem influenciar na estimativa da PSE ao final da sessão de treinamento (por exemplo: a acuidade da PSE pode ser afetada pelo estado psicológico e de fadiga). Entretanto, o valor prático dessa metodologia desse ver ressaltado, principalmente, nas modalidades em que os valores de FC não são de fácil aquisição.

Outras metodologias para a estimativa das cargas de treinamento foram propostas por Desgorces *et al.*<sup>29,30</sup> e Stagno *et al.*<sup>31</sup>. Desgorces *et al.*<sup>29</sup> elaboraram uma metodologia para estimativa das cargas de treinamento em exercícios intermitentes. O método foi chamado de WER (*work endurance recovery*) e considerava o trabalho acumulado durante o exercício (CW), a duração do trabalho realizado durante o exercício (DCW), o tempo limite de *endurance* e/ou resistência (Endlim) e a duração das pausas (DCR). Para quantificar o WER, a razão CW/Endlim era somada

ao logaritmo neperiano da razão DCW/DCR [ $WER = CW/Endlim + \ln(1 + DCW/DCR)$ ]. Além de mensurada por essa metodologia, a carga de treinamento foi obtida pela metodologia de Banister<sub>TRIMP</sub>, Edwards<sub>CT</sub> e PSE da sessão. Houve correlação moderada entre a WER e as metodologias já existentes. A partir da proposta para estimativa da carga de treinamento em exercícios intermitentes, Desgorces *et al.*<sup>30</sup> adaptaram a equação para exercícios contínuos. Nessa nova equação, foi inserida a medida da dor muscular tardia no lugar do logaritmo neperiano da razão DCW/DCR. Assim como nas estimativas em exercícios intermitentes, as cargas de treinamento calculadas para exercícios contínuos foram correlacionadas com os métodos já existentes na literatura.

Stagno *et al.*<sup>31</sup> apontaram as limitações das estimativas da carga de treinamento pelos métodos de Banister<sub>TRIMP</sub> e Edwards<sub>CT</sub>, e propuseram algumas modificações (TRIMPmod). Os autores refizeram a divisão e o peso da multiplicação proposta por Edwards<sup>26</sup> nas faixas relativas a FCmax. Os resultados dos TRIMPmod realizados semanalmente apresentaram relação direta com a alteração no  $VO_{2max}$  e na carga de limiar anaeróbio ao longo da temporada. Uma maior carga semanal de treinamento estava relacionada a maiores alterações no  $VO_{2max}$  e na carga de limiar anaeróbio. Sendo assim, a estimativa do TRIMPmod a cada semana ao longo da temporada auxiliaria o técnico no entendimento da sobrecarga imposta aos atletas e nas respostas fisiológicas esperadas.

# **13 MÉTODOS**

---

---

## **13.1 Sujeitos**

Participaram deste estudo 11 atletas de taekwondo de ambos os gêneros, sendo quatro do gênero feminino (idade:  $18,8 \pm 1,5$  anos; massa corporal:  $61,8 \pm 1,8$  kg; estatura:  $168,0 \pm 4,4$  cm;  $VO_{2max}$ :  $41,6 \pm 2,4$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) e sete do gênero masculino (idade:  $23,7 \pm 2,2$  anos; massa corporal:  $72,4 \pm 7,0$  kg; estatura:  $178,8 \pm 7,5$  cm;  $VO_{2max}$ :  $51,9 \pm 2,9$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). O estudo foi realizado durante o período de transição da periodização do treinamento. Os atletas possuíam experiência em competições internacionais (Jogos Olímpicos, campeonato mundial, campeonato pan-americano, sul-americano) e treinavam no mínimo seis vezes por semana. Todos foram informados acerca dos procedimentos aos quais foram submetidos, e dos riscos e benefícios associados. Na seqüência, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo B). O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local, em acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (anexo A). Os participantes foram instruídos a não realizarem esforços intensos ou ingerirem bebidas alcoólicas nas 24 h precedentes aos testes. Além disso, foram orientados a não consumirem alimentos e bebidas cafeinadas nas três horas precedentes aos testes. Devido a alguns medicamentos interferirem no controle autonômico e, respectivamente na resposta da FC, foi certificado que os atletas não estavam fazendo uso de fármacos, como  $\beta$ -bloqueadores.

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado para análises do coeficiente de correlação. Assumido o valor mínimo para uma correlação forte ( $r = 0,8$ ) com um  $\beta$  de 0,80 e  $\alpha$  de 0,05, foi determinado o número de nove sujeitos para a realização do estudo (Medcalc® v9.2.1.0).

Os testes foram divididos em duas etapas: (1) teste progressivo de Léger, (2) duas sessões de treinamento. A partir do teste de Léger, foram estimados a  $FC_B$ ,  $FC_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $VO_{2max}$ . As sessões de treinamento foram utilizadas para quantificar as cargas da mesma por meio de quatro diferentes técnicas e verificar a distribuição das intensidades de treinamento.

As coletas de dados foram realizadas na Universidade Estadual de Londrina e na Academia Madureira em Londrina/PR.

### **13.2 Teste progressivo de Léger**

Antes do início do teste progressivo, os sujeitos foram submetidos a um aquecimento e familiarização à primeira velocidade do teste. Após o aquecimento, esperou-se a FC retornar aos valores de linha de base com recuperação passiva. Na seqüência, os participantes permaneciam dois minutos em pé na linha de partida do teste progressivo como preparação para o mesmo. Ao término dos dois minutos de repouso, o teste era iniciado. O teste progressivo de Léger consistia numa corrida em um percurso com alternância no sentido a cada 20 m. Os 20 m eram indicados por dois cones nas extremidades da distância. A alternância nos sentidos foi indicada por um sinal sonoro proveniente de um CD gravado especificamente para a execução do teste. A velocidade inicial foi de  $8,5 \text{ km.h}^{-1}$ , com incrementos de  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$  a cada minuto. O

teste foi encerrado quando o sujeito interrompesse seu deslocamento por exaustão voluntária (critério subjetivo), ou não estivesse a no mínimo dois metros do cone por duas vezes dentro do mesmo estágio, no momento do sinal sonoro (critério objetivo). Encerrado o teste, os sujeitos realizaram uma recuperação ativa na velocidade de 4,5 km.h<sup>-1</sup> pelo período de um minuto.

A FC<sub>B</sub> foi considerada a média do registro dos dois minutos antecedentes ao início do teste progressivo, enquanto a FC<sub>max</sub>, a média dos últimos 30 s de teste.

A V<sub>max</sub> foi a velocidade em que o teste foi finalizado. As estimativas do VO<sub>2max</sub> tanto para homens quanto para mulheres com 18 anos ou mais foram realizadas a partir da seguinte equação posposta por Léger *et al.*<sup>32</sup>:

$$y = -24,4 + 6,0 \cdot X_1$$

Onde, y é o VO<sub>2max</sub> predito em ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>, e X<sub>1</sub> refere-se à V<sub>max</sub> expressa em km.h<sup>-1</sup>.

### **13.3 Quantificação das cargas de treinamento**

#### **13.3.1 Sessões de treinamento**

As sessões de treinamento duravam aproximadamente 60 minutos. Esse tempo era dividido em 15 minutos de aquecimento e três séries de 15 minutos (Quadro 1). O aquecimento foi realizado com exercícios de corrida e movimentações características do taekwondo. Os 15 minutos realizados por três vezes eram divididos

em quatro séries de dois minutos de exercício por um de intervalo e ao final das quatro séries havia três minutos de intervalo. Os dois minutos consistiam em treinos técnicos com coletes (luta combinada), treinamento técnico de chutes em aparadores específicos da modalidade.

**Quadro 1.** Representação esquemática da sessão de treinamento.

Aquecimento	(4 x 2 min / 1 min) + 3 min	(4 x 2 min / 1 min) + 3 min	(4 x 2 min / 1 min) + 3 min
15 min	15 min	15 min	15 min

### 13.3.2 Banister<sub>TRIMP</sub> e Edwards<sub>CT</sub>

Antes do início de cada sessão de treinamento, os atletas fixavam as fitas transmissoras dos cardiofrequencímetros Polar<sup>®</sup> (S610, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) por baixo do protetor de tórax, utilizado na modalidade para evitar contato direto com o mesmo e, conseqüentemente, uma possível lesão. A FC foi monitorada a cada 5 s durante toda a sessão de treinamento.

O cálculo da carga de treinamento proposta por Banister<sup>25</sup> foi realizado por meio da seguinte fórmula:

$$\text{TRIMP} = \text{DT} * \text{FC}_R * 0,64 * e^{1,92 * \text{FC}_R} \quad (\text{Homens})$$

$$\text{TRIMP} = \text{DT} * \text{FC}_R * 0,86 * e^{1,672 * \text{FC}_R} \quad (\text{Mulheres})$$

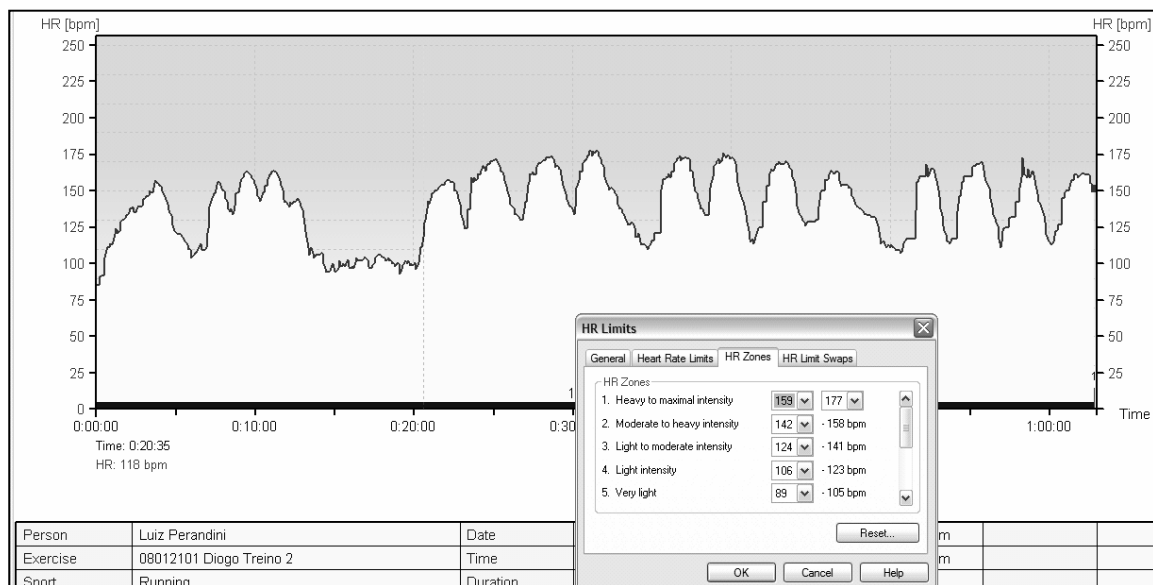
Onde, DT era a duração da sessão de treino expressa em minutos e a  $FC_R$  era determinada pela seguinte equação:

$$FC_R = (FC_{ST} - FC_B) / (FC_{max} - FC_B)$$

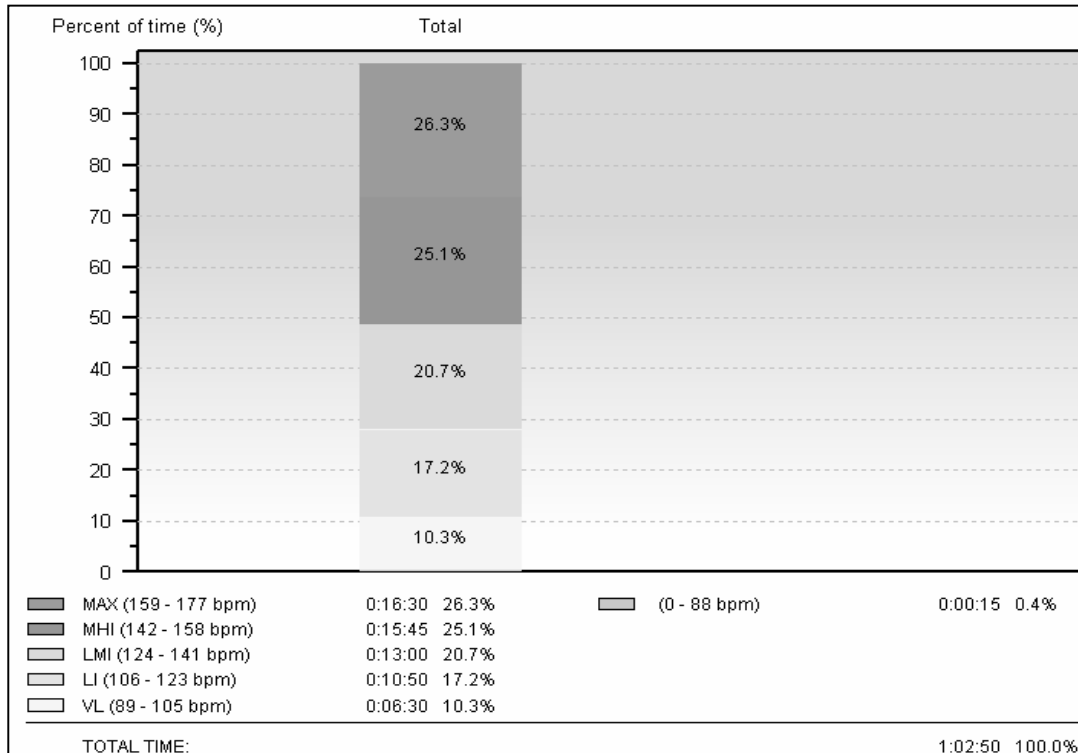
Onde,  $FC_{ST}$  era a FC média da sessão,  $FC_B$  era a FC de repouso.

A quantificação da carga de treinamento pelo método de Edwards<sup>26</sup> foi realizada a partir da divisão das zonas relativas a  $FC_{max}$  (Zona 1: 50 a 60% da  $FC_{max}$ , Zona 2: 60 a 70% da  $FC_{max}$ , Zona 3: 70 a 80% da  $FC_{max}$ , Zona 4: 80 a 90% da  $FC_{max}$ , Zona 5: 90 a 100% da  $FC_{max}$ ). Os registros abaixo de 50% da  $FC_{max}$  foram descartados. Para a estimativa da  $Edwards_{CT}$ , o tempo acumulado em cada zona foi multiplicado pelo respectivo valor, e os resultados obtidos foram somados (Figura 2 e 3).

As análises com os dados de FC foram realizadas no software Polar Precision Performance 4.0.



**Figura 2.** Divisão das zonas a partir da FCmax.



**Figura 3.** Tempo acumulado em cada uma das zonas referentes a FCmax.

### 13.3.3 PSE da sessão

A PSE da sessão foi quantificada a partir da multiplicação da duração pela PSE reportada ao final da sessão de treinamento. A PSE foi obtida pela escala CR-10 de Borg <sup>28</sup>, modificada por Foster *et al.* <sup>14</sup> (Figura 4). O valor indicado na escala deveria ser representativo de toda a sessão, e não da série principal ou do último exercício realizado. Para evitar essas interferências, a coleta era realizada 30 minutos após o término da sessão, sendo enfatizado que o valor deveria ser relativo a todo treinamento.

Todos os atletas que fizeram parte da amostra do presente estudo estavam familiarizados, pelo menos há seis meses, a reportarem PSE a partir da escala CR-10 de Borg <sup>28</sup> modificada por Foster *et al.* <sup>14</sup> seguindo as instruções dadas antes e após cada sessão.

0	Repouso
1	Muito, muito fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um pouco difícil
5	Difícil
6	
7	Muito difícil
8	
9	
10	Máximo

**Figura 4.** Escala CR-10 de Borg <sup>28</sup> modificada por Foster *et al.* <sup>14</sup>.

#### 13.3.4 [La]<sub>CT</sub>

Para calcular a carga de treinamento por meio da [La] foram adotadas três zonas de intensidade (zona 1: [La] ≤ 2, zona 2: 2 < [La] < 4, zona 3: [La] ≥ 4) de acordo com o método utilizado por Seiler e Kjerland <sup>7</sup>. Para cada uma dessas zonas foi atribuído um valor para multiplicação (k = 1 para zona 1, k = 2 para zona 2 e k = 3 para zona 3). A [La]<sub>CT</sub> foi calculada pela soma das multiplicações dos tempos acumulados nas diferentes zonas pelo valor relativo à cada zona.

Foram coletados 25  $\mu$ l de sangue em capilares heparinizados. As coletas foram realizadas no lóbulo da orelha dos atletas, a cada 15 minutos da sessão de treinamento. Imediatamente após as coletas, o sangue foi armazenado em tubos *ependorf* contendo 50  $\mu$ l de fluoreto de sódio 1%. A [La] foi analisada em um lactímetro da marca YSI 1500 SPORT STAT.

### 13.3.5 Distribuição das intensidades de treinamento

A distribuição das intensidades de treinamento em cada sessão foi realizada por meio das respostas de PSE e [La] de acordo com os métodos propostos por Seiler e Kjerland <sup>7</sup>. A PSE obtida após a sessão foi classificada em três zonas de acordo com o valor reportado na escala de Borg CR-10 <sup>28</sup> modificada por Foster *et al.* <sup>14</sup> (zona 1:  $PSE \leq 4$ , zona 2:  $4 < PSE < 7$ , zona 3:  $PSE \geq 7$ ). A classificação por meio da [La] foi realizada utilizando as mesmas zonas da quantificação das cargas de treinamento (zona 1:  $[La] \leq 2$ , zona 2:  $2 < [La] < 4$ , zona 3:  $[La] \geq 4$ ). Para a classificação, foram consideradas as médias das [La] obtidas ao longo da sessão de treinamento.

### 13.4 Análise estatística

Os resultados foram expressos em média  $\pm$  desvio padrão (DP). A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* com correção de *Lilliefors*. A relação entre as estimativas das cargas de treinamento foi quantificada por meio da correlação de *Pearson*. A associação e concordância entre a

distribuição das intensidades de treinamento realizadas pela PSE e [La] foram verificadas por meio do teste de *McNemar* e coeficiente *Kappa* ( $k$ ), respectivamente. A significância das análises foi assumida quando  $P < 0,05$ . Os dados foram tratados utilizando-se o programa *SPSS for Windows*, versão 13.0.

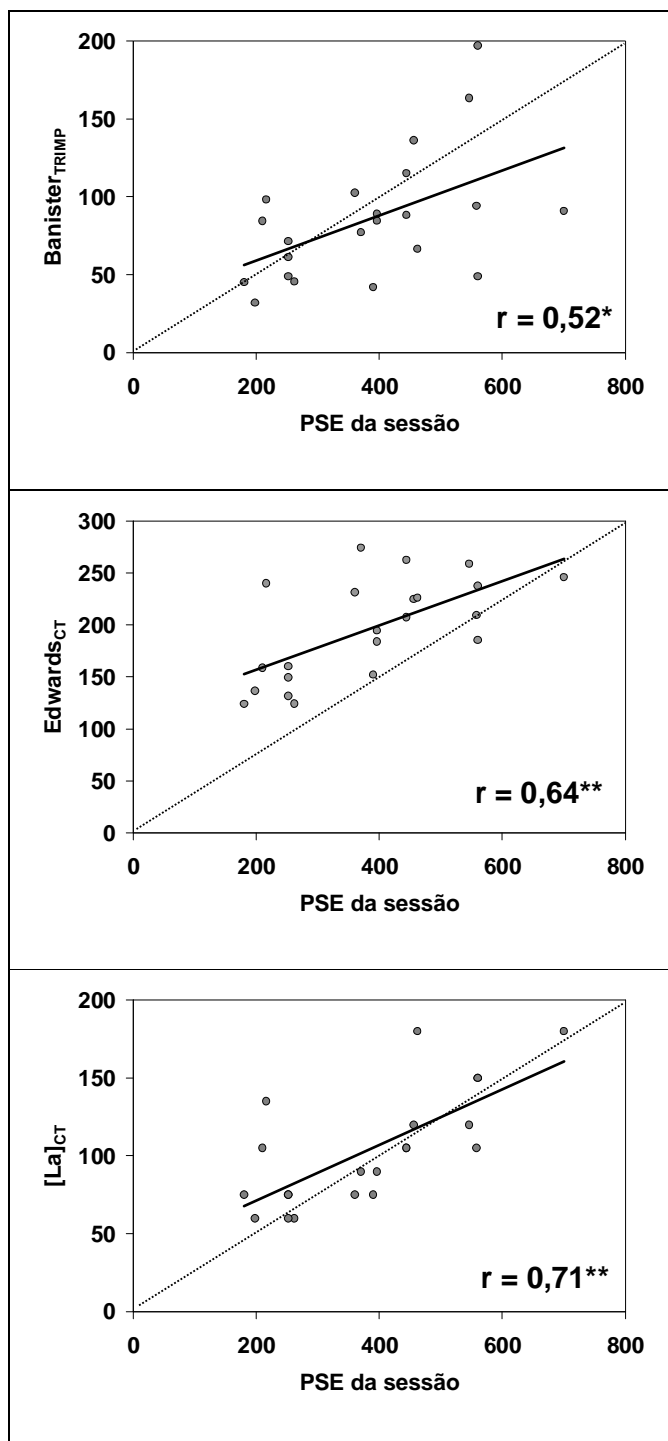
# 14 RESULTADOS

Os atletas apresentaram  $V_{max}$  de  $12,1 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $VO_{2max}$  de  $48,1 \pm 5,8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ,  $FC_{max}$  de  $192 \pm 9 \text{ bpm}$  e  $FC_B$  de  $69 \pm 12 \text{ bpm}$ . Na tabela 6 estão apresentados os valores das estimativas das cargas de treinamento pelos métodos  $Banister_{TRIMP}$ ,  $Edwards_{CT}$ ,  $[La]_{CT}$  e PSE da sessão.

**Tabela 3.** Valores das estimativas das cargas de treinamento.

	<b>Banister<sub>TRIMP</sub></b>	<b>Edwards<sub>CT</sub></b>	<b>[La]<sub>CT</sub></b>	<b>PSE da sessão</b>
	<b>(ua)</b>	<b>(ua)</b>	<b>(ua)</b>	<b>(ua)</b>
<b>Média</b>	86	196	104	385
<b>DP</b>	40	48	37	145

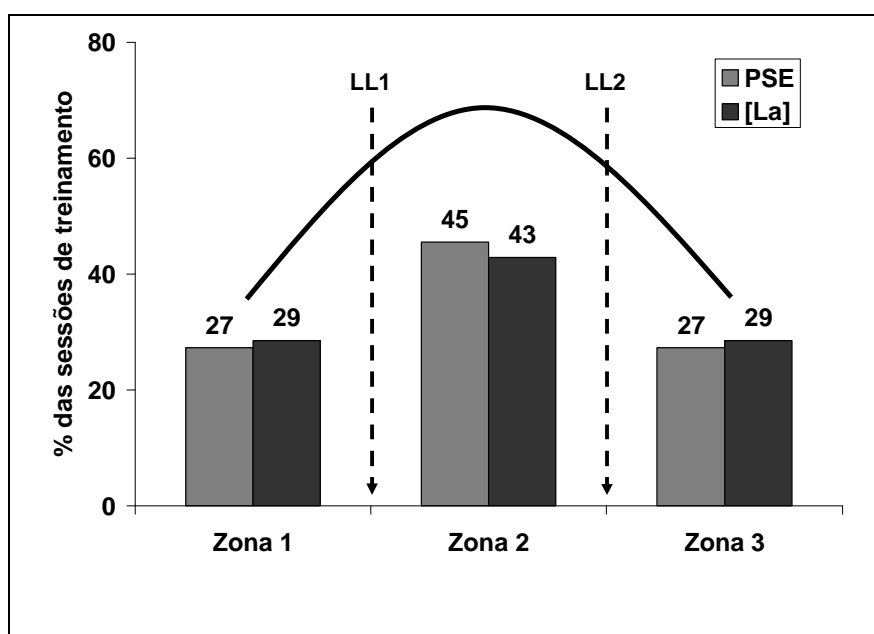
Foram encontradas correlações moderadas e significantes entre a PSE da sessão e os outros três métodos (PSE da sessão vs.  $Banister_{TRIMP}$ :  $r = 0,52$ ,  $P < 0,05$ ; PSE da sessão vs.  $Edwards_{CT}$ :  $r = 0,64$ ,  $P < 0,01$ ; PSE da sessão vs.  $[La]_{CT}$ :  $r = 0,71$ ,  $P < 0,01$ ) (Figura 5). As correlações entre as medidas baseadas nas respostas da FC também foram moderadas e significantes ( $Banister_{TRIMP}$  vs.  $Edwards_{CT}$ :  $r = 0,69$ ,  $P < 0,01$ ). A  $[La]_{CT}$  apresentou correlação moderada e significativa com a  $Edwards_{CT}$  ( $r = 0,60$ ,  $P < 0,01$ ), enquanto fraca com a  $Banister_{TRIMP}$  ( $r = 0,44$ ,  $P < 0,05$ ).



**Figura 5.** Coeficientes de correlação entre a PSE da sessão e Banister<sub>TRIMP</sub>, Edwards<sub>CT</sub>, [La]<sub>CT</sub>.

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$

Foi encontrada uma associação significativa entre a distribuição das intensidades de treinamento baseadas nas respostas da PSE e [La] ( $P > 0,05$ ) (PSE – zona 1: 27%, zona 2: 45%, zona 3: 27%; [La] – zona 1: 29%, zona 2: 43%, zona 3: 29%) (Figura 6). O coeficiente de kappa encontrado mostra uma alta concordância entre os métodos ( $k = 0,71$ ).



**Figura 6.** Distribuição das intensidades de treinamento baseadas nas respostas da PSE e [La]. LL<sub>1</sub>: limiar de lactato 1; LL<sub>2</sub>: limiar de lactato 2.

# 15 DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo foram as correlações moderadas e significantes entre a PSE da sessão e os métodos baseados nas respostas da FC e [La], e a associação significativa e alta concordância entre a distribuição das intensidades de treinamento realizadas por meio das respostas da PSE e [La]. Esses resultados mostram que a PSE reportada após a sessão de treinamento pode ser utilizada para quantificar as cargas e verificar a distribuição das intensidades dos treinamentos no taekwondo.

A correlação moderada encontrada no presente estudo entre a PSE da sessão e  $Banister_{TRIMP}$  ( $r = 0,52$ ) foi semelhante aos resultados apresentados em outros esportes intermitentes como o rugby ( $r = 0,46 - 0,94$ )<sup>16</sup> e o futebol ( $r = 0,50 - 0,77$ )<sup>15</sup>. Entretanto, esse valor de correlação próximo aos valores de uma fraca relação ( $r = 0,52$ ) são encontrados pelo fato de  $Banister_{TRIMP}$  ser um método pobre na avaliação de exercícios alta intensidade como o treinamento com pesos, treinamento de pliometria e treinamento intermitente de alta intensidade<sup>13,15</sup>. Borrensen e Lambert *et al.*<sup>10</sup> mostraram que os exercícios de alta intensidade que demandam mais tempo durante a sessão entre 80 e 100% da  $FC_{max}$  provocam superestimativa do  $Banister_{TRIMP}$  quando comparado a PSE da sessão.

O  $Edwards_{CT}$  também apresentou correlação moderada com a PSE da sessão ( $r = 0,64$ ). Essa relação foi semelhante à encontrada por Impellizzeri *et al.*<sup>15</sup>, e Alexiou e Coutts<sup>17</sup> no futebol ( $r = 0,54 - 0,78$ ,  $r = 0,50 - 0,96$ , respectivamente) e por Coutts *et al.*<sup>16</sup> no rugby ( $r = 0,46 - 0,94$ ). Quando essa relação foi verificada em

esportes de *endurance*, valores maiores foram encontrados <sup>11</sup> ( $r = 0,75 - 0,90$ ). As menores correlações nos esportes intermitentes de alta intensidade são explicadas por Borrensen e Lambert <sup>10</sup>. Esses autores mostraram que a estimativa do  $Edwards_{CT}$  em atividades de alta intensidade é superestimada quando comparada à PSE da sessão. Além disso, apontaram a limitação do sistema de pesos na acurácia da estimativa da  $Edwards_{CT}$ . Para esses autores, o fato da menor e a maior FC dentro de cada zona receber o mesmo peso e uma variação de 1 bpm alterar o peso da zona, podem provocar um aumento ou diminuição desproporcional na estimativa da carga de treinamento.

A melhor correlação foi encontrada entre a PSE da sessão e  $[La]_{CT}$  ( $r = 0,71$ ). Uma possível explicação para essa correlação é a acentuada participação do metabolismo anaeróbio em exercícios intermitentes de alta intensidade <sup>15</sup>, que tem como produto final a  $[La]$  <sup>33</sup>. Além disso, Coutts *et al.* <sup>34</sup> mensuraram a PSE, FC e  $[La]$  durante o treinamento de futebol (*small-sided soccer games*) e realizaram uma regressão múltipla com o objetivo de identificar quais fatores mais bem explicariam a resposta da PSE. Os resultados mostraram que a adição dos dados da  $[La]$  na equação da regressão múltipla, já com a FC, aumentou em 14,7% a explicação da PSE. Dessa forma, a estimativa da  $[La]_{CT}$  parece ser adequada para exercícios intermitentes de alta intensidade. Entretanto, por ser um método invasivo e pouco prático <sup>7</sup>, a PSE da sessão apresenta-se como uma possibilidade bastante interessante, devido a sua aplicabilidade e baixo custo operacional, para a estimativa das cargas de treinamento nesse tipo de exercício.

Apesar do presente estudo ter avaliado apenas duas sessões de treinamento para cada atleta, os resultados mostraram que a PSE da sessão pode ser

utilizada para a quantificação das cargas de treinamento no taekwondo. A partir da estimativa das cargas de treinamento ao longo da temporada, os técnicos poderiam acessar de maneira mais acurada como os atletas estão respondendo aos treinamentos e realizar alterações necessárias no programa de treinamento <sup>10</sup>. Além disso, por meio da estimativa das cargas de treinamento semanais, a monotonia e o estresse poderão ser calculados com o objetivo de evitar o sobre-treinamento <sup>11</sup>.

A correlação moderada entre as duas estimativas das cargas de treinamento baseadas na resposta da FC ( $r = 0,69$ ) é compreensível porque ambas as medidas utilizaram a mesma resposta fisiológica nos cálculos <sup>10</sup>. Entretanto, a  $[La]_{CT}$  apresentou fraca correlação com a  $Banister_{TRIMP}$  ( $r = 0,44$ ), que pode ser explicada pela diferença na cinética da FC e  $[La]$  em exercícios intermitentes <sup>35</sup>, uma vez que a  $Banister_{TRIMP}$  utiliza a FC média da sessão <sup>25</sup>. Essa diferença é minimizada quando a FC é avaliada em diferentes zonas como na  $Edwards_{CT}$  <sup>26</sup>. Isso pode ser observado na correlação moderada encontrada entre a  $Edwards_{CT}$  e a  $[La]_{CT}$  ( $r = 0,60$ ).

O presente estudo foi o primeiro a avaliar associação e a concordância entre a distribuição das intensidades de treinamento baseadas nas respostas da  $[La]$  e PSE em exercícios intermitentes de alta intensidade. Em esportes de *endurance* (esqui *cross-country*), Seiler e Kjerland <sup>7</sup> não encontraram diferença significativa na proporção da distribuição das intensidades de treinamento estimadas por meio das respostas da FC,  $[La]$  e PSE. Além disso, houve uma alta concordância entre as distribuições realizadas pelas medidas da FC e PSE. No presente estudo, os resultados apresentaram associação significativa e alta concordância ( $k = 0,71$ ) entre a distribuição baseada nas respostas da  $[La]$  e PSE. A proporção encontrada nesse estudo para a  $[La]$  e PSE nas diferentes zonas foram de 29% vs. 27% (zona 1), 43% vs. 45% (zona 2) e 29% vs. 27%

(zona 3), enquanto Seiler e Kjerland <sup>7</sup> encontraram 71% vs. 76% (zona 1), 7% vs. 6% (zona 2), 22% vs. 18% (zona 3), respectivamente. A distribuição encontrada por Seiler e Kjerland <sup>10</sup> foi classificada como polarizada (formato de “U”), enquanto os dados do presente estudo indicaram uma distribuição nos limiares. Esteve-Lanao *et al.* <sup>9</sup> mostraram que uma distribuição polarizada das intensidades de treinamento (80% zona 1, 10% zona 2 e 10% zona 3) apresenta melhores resultados no desempenho de esportes de *endurance* (corrida) do que uma distribuição nos limiares (65% zona 1, 25% zona 2 e 10% zona 3). Como no presente estudo apenas duas sessões foram avaliadas, esses dados não são conclusivos quanto à classificação da distribuição das intensidades de treinamento. Entretanto, devido à associação significativa e alta concordância na distribuição realizada a partir da PSE e [La], estudos futuros avaliando a distribuição das intensidades de treinamento ao longo de uma temporada no taekwondo podem ser realizados apenas com as medidas de PSE.

## **16 CONCLUSÕES**

A partir dos resultados apresentados, conclui-se que a PSE da sessão apresenta correlação significativa com os outros métodos, podendo ser utilizada para a quantificação das cargas de treinamento em taekwondo. Além disso, a resposta da PSE após a sessão pode ser utilizada para a estimativa da distribuição das intensidades de treinamento, devido a associação significativa e alta concordância encontrada entre os resultados da PSE e [La].

# **17 REFERÊNCIAS**

---

---

1. Bouhlel E, Jouini A, Gmada N, Nefzi A, Abdallah KB, Tabka Z. Heart rate and blood lactate responses during taekwondo training and competition. *Sci Sports* 2006; 21(5): 285-90.
2. Matsushigue KA, Hartmann K, and Franchini E. Taekwondo: physiological responses and match analysis. *J Strength Cond Res* 2008, no prelo.
3. Thompson WR, Vinueza C. Physiological profiles of male and female Taekwondo black belts. *Sports Med Training Rehabil* 1991; 3:4 9–53.
4. Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med* 2003; 33: 1103-1126.
5. Suzuki S, Sato T, Maeda A, Takahashi Y. Program design based on a mathematical model using rating of perceived exertion for an elite Japanese sprinter: a case study. *J Strength Cond Res* 2006; 20(1): 36-42.
6. Gamble P. Periodization of training for team sports athletes. *Nat Strength Cond Assoc* 2006; 28: 56-66.

7. Seiler KS, Kjerland GO. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for na “optimal” distribution? *Scand J Med Sci Sports* 2006; 16(1): 49-56.
8. Esteve-Lanao J, San Juan AF, Earnest CP, Foster C, Lucia A. How do endurance runners actually train? Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(3): 496-504.
9. Esteve-Lanao J, Foster C, Seiler S, Lucia A. Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. *J Strength Cond Res* 2007; 21(3): 943-9.
10. Borrensen J, and Lambert MI. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform* 2008; 3:16-30.
11. Foster C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Med Si Sports Exerc* 1998; 30(7): 1164-68.
12. Urhausen A, and Kindermann W. Diagnosis of overtraining: what tools do we have? *Sports Med* 2002; 32: 95-102.
13. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 2001; 15(1): 109-15.

14. Foster C, Hector LL, Welsh R, Schragger M, Green MA, Snyder AC. Effects of specific versus cross-training on running performance. *Eur J Appl Physiol* 1995; 70(4): 367-72.
15. Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(6): 1042-47.
16. Coutts AJ, Murphy A, Pine M, Reabum O, Impellizzeri F. Validity of the session-RPE method for determining training load in team sport athletes. *J Sci Med Sports* 2003; 6(4): 525.
17. Alexiou H, and Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in various modes of training in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perf* 2008; 3(3): 320-30.
18. Perandini LAB, Okuno NM, Hirai DM, Simões HG, Cyrino ES, Nakamura FY. Comparação entre limiar de esforço percebido e indicadores de máximo estado estável de lactato em exercício intermitente. *Ver Bras Cin Des Humano* 2007; 9(4):351-57.
19. Swank A, Robertson RJ. Effect of induced alkalosis on perception of exertion during intermittent exercise. *J Appl Physiol*. 1989; 67(5): 1862-67.
20. Pieter W, Taafe D, Heijmas J. Heart rate responses to taekwondo forms and technique combinations. A pilot study. *J Sports Med Phys Fitness* 1990; 30(1): 97-102.

21. Melhim AF. Aerobic and anaerobic power responses to the practice of taekwon-do. *Br J Sports Med* 2001; 35(4): 231-35.
22. Toskovic NN, Blessing D, Williford HN. The effect of experience and gender on cardiovascular and metabolic responses with dynamic tae kwon do exercise. *J Strength Cond Res* 2002; 16(2): 278-85.
23. Bridge CA, Jones MA, Hitchen P, Sanchez X. Heart rate responses to taekwondo training in experienced practitioners. *J Strength Cond Res* 2007; 21(3): 718-23.
24. American College of Sports Medicine. Position stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 975–91.
25. Banister, EW. Modeling elite athletic performance. In: *Physiological Testing of Elite Athletes*, H. Green, J. McDougal, and H. Wenger (Eds.). Champaign: Human Kinetics, 1991, 403-24.
26. Edwards, S. High performance training and racing. In: *The Heart Rate Monitor Book*, S. Edwards (Ed.). Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993, 113-23.
27. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. Tour de France versus Vuelta a Espana: Which is harder? *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(5): 872-78.

28. Borg GA, Hassmen P, Llargerstrom M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol* 1987; 56: 679-85.
29. Desgorces FD, S negas X, Garcia J, Decker L, Noirez P. Methods to quantify intermittent exercises. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007; 32(4): 762-69.
30. Desgorces FD, Noirez P. Quantifying continuous exercise using the ratio of work completed to endurance limit associated with exercise-induced delayed-onset muscle soreness. *Percept Mot Skills* 2008; 106(1): 104-12.
31. Stagno KM, Thatcher R, Van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci* 2007; 25(6): 629-34.
32. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci* 1988; 6(2): 93-101.
33. Philp A, Macdonald AL, and Watt PW. Lactate – a signal coordinating cell and systemic function. *J Exp Biol* 2005; 208: 4561-75.
34. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, and Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 2008, in press.

35. Green JM, Yang Z, Laurent CM, Davis JK, Kerr K, Pritchett RC, Bishop PA. Session RPE following interval and constant-resistance cycling in hot and cool environments. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(11): 2051-7.

## **ANEXOS**

---

---

## ANEXO A: Parecer do comitê de ética.

 <p>UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA</p>	
<b>COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS</b> Universidade Estadual de Londrina/ Hospital Universitário Regional Norte do Paraná Registro CONEP 268	
Parecer N° 192/07 CAAE N° 0191.0.268.000-07	Londrina, 14 de novembro de 2007
<b>PESQUISADOR: FÁBIO YUZO NAKAMURA</b>	
Ilmo Sr.  O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina/ Hospital Universitário Regional Norte do Paraná" de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS, <u>APROVA</u> a execução do projeto:  <p style="text-align: center;"><b>"Estimativa do TRIMP no treinamento do Taekwondo"</b>.</p> Informamos que a Sr. deverá comunicar, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá ser apresentado ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.	
Situação do Projeto: <b>APROVADO</b>	
Atenciosamente,   Prof.ª. Dra. <i>Nilza Maria Diniz</i> Coordenadora Comitê de Ética em Pesquisa-CEP/UEL	
<small>         Campus Universidade: Bairro Cruz Verde - CEP 840-900, Londrina - Fone (41) 371-4000 FAX (41) - Fax 371-4400 - Caixa Postal 6091 - CEP 84031-990 - Internet: <a href="http://www.uel.br">http://www.uel.br</a>          Hospital Universitário/Centro de Ciências da Saúde: Av. Nelson Klock, 88 - Vila Operária - Fone (41) 361-2669 FAX (41) - Fax 371-6943 e 371-7195 - Caixa Postal 791 - CEP 84038-400          Londrina - PARANÁ - BRASIL          Fone: (41) 371-1118 - Fax: (41) 371-2375 (fax)       </small>	

**ANEXO B:** Termo de consentimento livre e esclarecido.

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

---

**I – DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU LEGAL RESPONSÁVEL**


---

**1. Nome do participante:**

.....

Documento de Identidade Nº :.....Sexo: ( ) M ( ) F

Data de Nascimento:...../...../.....

Endereço:.....Nº:.....Apto:

.....Bairro:.....CEP:.....

Cidade:.....

Telefone:.....E-mail:.....

---

**II – DADOS SOBRE A PESQUISA**


---

**1. Título do Protocolo de Pesquisa:****2. Pesquisador:****3. Avaliação do Risco da Pesquisa:**

Sem Risco ( )      Risco Mínimo (X)      Risco Médio ( )  
 Risco Baixo ( )      Risco Maior ( )

---

**1. Duração da Pesquisa:**

O experimento com os atletas será conduzido no período de uma semana de treinamento dos mesmos.

---

**III – REGISTRO DAS EXPLICAÇÕES DO PESQUISADOR AO PACIENTE OU SEU REPRESENTANTE LEGAL SOBRE A PESQUISA, CONSIGNANDO:**
**1. Justificativa e objetivo:**

Atualmente não existem dados disponíveis na literatura sobre o monitoramento da sobrecarga de treinamento na modalidade taekwondo, o que possibilitaria averiguar o real impacto da sobrecarga imposta durante o período de treino do atleta.

A habilidade de monitorar as cargas de treinamento é um fator fundamental para o processo de periodização (FOSTER *et al.*, 2001) já que o objetivo final do treinamento é preparar os atletas para alcançar seus melhores resultados em suas competições mais importantes (SUZUKI *et al.*, 2006). Foster (1998) também aponta a importância de monitorar da sobrecarga do treinamento como forma de prevenção do overtraining.

O monitoramento da sobrecarga de treinamento tem sido realizado por meio da mensuração dos impulsos de treinamento (TRIMP). O TRIMP é uma medida de unidade arbitrária que pode ser obtida pela FC (FOSTER *et al.*, 2001), [La] (SEILER *et al.*, 2006), consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) (LUCIA *et al.*, 2003) e percepção subjetiva de esforço (PSE) (IMPELLIZZERI *et al.*, 2004).

Em modalidades intermitentes (como é o caso do taekwondo) são poucos os estudos realizados com o objetivo de monitorar a sobrecarga de treinamento por meio do TRIMP. Foster (2001), mensuraram os TRIMPs a partir da FC e PSE durante o treinamento de jogadores de basquetebol. Adicionalmente, Impellizzeri *et al.* (2004) relacionaram os TRIMPs obtidos por meio de três métodos de FC com o da PSE, em jogadores de futebol. Os resultados apresentaram correlação significativa entre as medidas obtidas ( $r = 0,50 - 0,85$ ,  $p < 0,01$ ).

Desse modo, a estimativa do TRIMP no taekwondo, será uma ferramenta útil para os técnicos dessa modalidade. Além disso, no caso de ocorrer boa similaridade entre o padrão das respostas dos diferentes métodos de estimativa do TRIMP, isso poderá fornecer métodos práticos e de baixo custo para o cálculo do TRIMP na modalidade.

## **2. Procedimentos que serão adotados durante a pesquisa:**

Durante a pesquisa serão realizadas medidas para estimar o impulso de treinamento (TRIMP), por meio das respostas da [La], PSE e FC apresentadas nas sessões de treinamento dos atletas.

Além disso, os atletas serão submetidos a um teste chamado multistage 20-m shuttle run (LEGER, 1984) para determinação do consumo máximo de O<sub>2</sub> (estimado de forma indireta) e para determinação da FC máxima (FC<sub>máx</sub>).

Abaixo, os procedimentos adotados serão detalhadamente descritos:

### a) Medidas da PSE:

O valor de PSE de cada atleta será coletado 30 min após a sessão de treinamento para assegurar que a percepção de esforço refira-se a sessão de treino como um todo, e não apenas ao exercício mais recente.

Para este estudo será utilizada a escala de Borg CR-10, modificada por Foster *et al.* (1998), e traduzida para língua portuguesa. Todos os atletas que participarão do estudo já são familiarizados com o uso desta escala, segundo informações concedidas pelo treinador.

### b) Coletas de [La]:

Serão coletados 25 µl de sangue em capilares heparinizados. As coletas serão realizadas no lóbulo da orelha dos atletas, a cada 15 minutos da sessão

de treinamento. Imediatamente após as coletas, o sangue será armazenado em tubos eppendorf contendo 50 µl de fluoreto de sódio 1%. O lactato sangüíneo será analisado em um lactímetro da marca YSI 2300 Select.

As coletas de [La], serão realizadas durante 3 sessões de treinamento, tendo intervalo de no mínimo 24 horas entre elas. Em média, os treinamentos têm duração de duas horas. Dessa forma, ao término das três sessões serão feitas 24 coletas de sangue.

#### c) Medidas da FC:

Anteriormente a cada sessão de treinamento serão colocados os cardiofreqüencímetros nos atletas, que irão colocar um protetor de tórax próprio da modalidade, desse modo protegendo o aparelho e evitando um contato direto com o mesmo e conseqüentemente evitando uma possível lesão. Após serem colocados os aparelhos a FC será monitorada continuamente ao longo da sessão.

#### d) Determinação da FCMáx:

Para determinação do  $FC_{max}$ , os sujeitos realizarão o teste de esforço progressivo proposto por Leger (1984) chamado multistage 20-m shuttle run.

Nesse teste, o avaliado deverá deslocar-se de um cone a outro compreendendo uma distância de 20 m entre eles, invertendo o sentido do percurso e retornando ao cone oposto, em ritmo de deslocamento em concordância com sinais sonoros emitidos por um compact disc pré – gravados especificamente para a execução do teste.

A velocidade inicial do teste será de 8,5 km/h com aumento progressivo de 0,5 km/h a cada minuto. A medida que a velocidade do teste aumentar, o intervalo entre os sinais sonoros diminuirá.

O teste será encerrado quando o avaliado interromper seu deslocamento por exaustão voluntária ou não estiver a pelo menos 2 metros do cone por duas vezes, não necessariamente consecutivas, no momento do sinal sonoro.

Para determinação da  $FC_{max}$  os sujeitos serão monitorados por meio de cardiofreqüencímetros Polar® S810i e a  $FC_{max}$  será considerada a maior FC atingida durante o teste.

### 3. Desconfortos e riscos:

Os riscos e desconfortos em virtude dos procedimentos experimentais desse estudo serão mínimos. Dentro desse contexto as coletas de lactato sangüíneo se configuram como a única medida que pode levar a uma leve desconforto. Não obstante, é uma medida segura, sem riscos para os participantes.

No que se refere aos cardiofreqüencímetros e a utilização da escala de Borg CR -10, além de não causarem desconfortos, os dois métodos também são seguros e sem riscos à integridade dos participantes.

Além disso, no presente estudo todo o esforço será feito para minimizar os possíveis riscos a integridade física dos participantes por meio de informações preliminares relacionadas aos níveis de saúde e aptidão física desses sujeitos mediante observações realizadas durante o período dos testes.

#### **4. Benefício esperado:**

A quantificação do impulso de treinamento (TRIMP) no taekwondo será uma medida útil para a periodização do treinamento de atletas dessa modalidade. Além disso, havendo boa similaridade entre o padrão das respostas dos diferentes métodos de estimativa do TRIMP, haverá bons indicativos sobre a validade de métodos de estimativa do TRIMP na modalidade, mais acessíveis e de um custo mais baixo, como é o caso da percepção subjetiva de esforço.

---

### **V – ESCLARECIMENTOS DADOS PELO PESQUISADOR SOBRE GARANTIAS DO SUJEITO DA PESQUISA**

#### **1. Exposição dos resultados e preservação da privacidade dos voluntários:**

Os resultados obtidos nesse estudo serão publicados, independente dos resultados encontrados, contudo sem que haja a identificação dos indivíduos que prestaram sua contribuição como sujeitos da amostra que serão mantidos em sigilo respeitando a privacidade conforme normas éticas.

#### **2. Despesas decorrentes da participação no projeto de pesquisa:**

Os voluntários estarão isentos de qualquer despesa ou ressarcimento decorrente desse projeto de pesquisa.

#### **3. Liberdade de consentimento:**

A permissão para participar desse projeto é voluntária. Portanto, os sujeitos estarão livres para negar esse consentimento ou parar de participar em qualquer momento desse estudo, se desejar, sem que isto traga prejuízo à continuidade da assistência.

#### **4. Questionamentos:**

Os sujeitos envolvidos no experimento terão acesso, a qualquer tempo, às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa. Quaisquer perguntas sobre os procedimentos experimentais utilizados nesse projeto são encorajadas. Se houver qualquer dúvida ou questionamento, por favor, nos solicite informações adicionais

#### **5. Responsabilidade do participante:**

As informações que você possui sobre o seu estado de saúde ou experiências prévias de sensações incomuns com o esforço físico poderão afetar a segurança e o valor do seu desempenho. O seu relato imediato das sensações durante os

esforços também são de grande importância. Você é responsável por fornecer por completo tais informações quando solicitado pelos avaliadores.

---

**VI – PARA CONTATO**

**Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura**  
**Rua Pio XII, 626 Apto 902**  
**Edifício Studio D - CEP 86020-381**  
**Telefone: (43) 33232581**  
**E-mail: fabioy\_nakamura@yahoo.com.br**  
**Londrina/PR**

---

**VII – CONSENTIMENTO PÓS-  
ESCLARECIDO**

**Declaro que, após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.**

**Londrina, \_\_\_\_\_ de  
\_\_\_\_\_ de 2007.**

---

**Assinatura do participante**

---

**Assinatura do pesquisador**  
(carimbo ou nome legível)