

DANIELE DETANICO

**EFEITOS AGUDOS DAS LUTAS E DA SESSÃO DE TREINO DE
JUDÔ EM INDICADORES DE FADIGA E DANO MUSCULAR**

FLORIANÓPOLIS (SC), 2014.

DANIELE DETANICO

**EFEITOS AGUDOS DAS LUTAS E DA SESSÃO DE TREINO DE
JUDÔ EM INDICADORES DE FADIGA E DANO MUSCULAR**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como pré-requisito para obtenção do título de Doutora em Educação Física.

Orientadora: Dr^a. Saray Giovana dos Santos

FLORIANÓPOLIS (SC), 2014.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Detanico, Daniele

Efeitos agudos das lutas e da sessão de treino de judô
em indicadores de fadiga e dano muscular / Daniele
Detanico ; orientadora, Saray Giovana dos Santos -
Florianópolis, SC, 2014.

119 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. torque. 3. potência muscular. 4.
creatina-quinase. 5. esportes de combate. I. dos Santos,
Saray Giovana. II. Universidade Federal de Santa Catarina.
Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

Daniele Detanico

EFEITOS AGUDOS DAS LUTAS E DA SESSÃO DE TREINO DE JUDÔ EM INDICADORES DE FADIGA E DANO MUSCULAR

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutora”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Florianópolis, 19 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Física

Banca Examinadora:

Profa. Dr^a. Saray Giovana dos Santos - UFSC (orientadora)

Prof. Dr. Emerson Franchini – USP

Prof. Dr. Ciro José Brito – UFS

Prof. Dr^a. Cíntia De La Rocha Freitas – UFSC

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo – UFSC

AGRADECIMENTOS

Depois de cumprida essa etapa final do doutoramento, gostaria de tecer alguns agradecimentos a quem contribuiu direta ou indiretamente com a realização desta obra.

Família, obrigada pelo apoio de todas as horas e incentivo em continuar a carreira acadêmica.

Saray, obrigada pela jornada de aprendizagem e amizade de tantos anos. Sinto-me muito honrada de ocupar um espaço que um dia foi seu e, ao mesmo tempo, sinto uma responsabilidade enorme. Obrigada pelas orientações, pela amizade e pelos conselhos de toda hora.

Juliano, obrigada por toda ajuda na construção desta tese. Obrigada pelo companheirismo e por estar presente em todos os momentos.

Agradeço especialmente aos membros da banca. Ao prof. Franchini por se mostrar sempre prestativo e pelas valiosas contribuições desde a época do mestrado. Ao prof. Ciro que nos poucos encontros que tivemos contribuiu enormemente com esse trabalho. Ao prof. Luiz Guilherme por se mostrar sempre prestativo e disposto a ajudar no que for preciso. A prof^a. Cíntia pelas contribuições na qualificação e por me ajudar a resolver todos os problemas que eu não tinha antes de ser professora da UFSC.

Agradeço aos colegas que prestaram fundamental ajuda nas coletas de dados: Naia e Mari nas coletas de sangue, Tati, Fran, Pablo e Daiane.

Agradeço aos meus amigos de longa data que estão sempre por perto. Fran minha amiga de todas as horas, Susi e Simone minhas irmãzinhas “alemoas”.

Agradeço aos judocas que se dispuseram a participar deste estudo, em especial aos colegas da UFSC: Filipinho, Fábio, Raphael Paz, Rafael Mafetoni, Helton, Mário, Fred, Gabriel, Pedro, Diogo e Renato.

Agradeço ao Hospital Universitário da UFSC pelas análises das amostras de sangue.

Por fim, agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFSC e seus coordenadores.

RESUMO

As lutas competitivas e as sessões de treino de judô exigem elevada demanda metabólica e neuromuscular dos atletas. Os esforços realizados nessas situações são intermitentes e na maior parte do tempo em alta intensidade. Isso pode gerar alterações fisiológicas agudas no organismo, como fadiga, cansaço excessivo e até queda no desempenho. Desse modo, este estudo objetivou investigar os efeitos agudos de uma sequência de lutas e de uma sessão de treino de judô sobre indicadores de fadiga e dano muscular. Participaram 30 atletas de judô do sexo masculino, sendo 20 do estudo 1 (efeitos das lutas em indicadores de fadiga e dano muscular) e 10 do estudo 2 (efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular). O estudo 1 foi composto por 3 lutas de 5 min com 15 min de intervalo entre elas. Foram realizadas as seguintes avaliações antes e após cada luta: torque isocinético no movimento de rotação externa/interna de ombro, salto vertical (CMJ) e coleta sanguínea para análise das enzimas creatina-quinase (CK) e lactato desidrogenase (LDH). O estudo 2 foi composto por uma sessão de treino de 90 min, no qual foram identificadas concentrações de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço (PSE da sessão) logo após a sessão (indicadores da carga interna de treino). Além disso, foram realizadas as seguintes avaliações antes e 48h após a sessão de treino: torque isocinético no movimento de rotação externa/interna de ombro, CMJ, coleta sanguínea (análise da CK), escala visual de dor e percepção subjetiva de recuperação (PSR). Utilizou-se teste t para amostras dependentes, teste de Wilcoxon e análise de variância para medidas repetidas, a fim de realizar as comparações antes e após as lutas e sessão de treino. Em relação às sucessivas lutas, foi encontrada redução nos valores de torque de rotação interna (PT_{IN}) e externa (PT_{EX}) do ombro na pós-luta 2 e pós-luta 3 em relação à pré-luta ($p < 0,01$). O percentual de redução foi de 5,3% no PT_{EX} e 3,9% no PT_{IN} após a luta 3 em relação à pré-luta. Verificou-se diminuição nos valores de altura no CMJ na pós-luta 2 e pós-luta 3 em relação a pré-luta ($p < 0,01$). O percentual de redução foi 3,2% após a luta 3 em relação à pré-luta. As concentrações séricas das enzimas CK e LDH aumentaram significativamente após a terceira luta ($p < 0,05$). Com relação à sessão de treino, foi encontrado pico de lactato sanguíneo de $8,60 \pm 2,37 \text{ mmol.L}^{-1}$ e PSE-sessão de 8, considerado muito difícil. Observou-se redução significativa da altura no CMJ 48h após a sessão ($p = 0,02$), não sendo verificadas alterações nas variáveis do torque de rotação externa/interna do ombro ($p > 0,05$). Houve aumento da concentração sérica da CK e da percepção de dor

tardia, assim como diminuição da percepção de recuperação 48h pós-treino ($p < 0,01$). De modo geral, pode-se concluir que três lutas em sequência foram causadoras de fadiga tanto nos membros superiores quanto inferiores e capazes de provocar danos na musculatura esquelética. A sessão de treino provocou dano muscular nos membros inferiores, não sendo reportado nos membros superiores.

Palavras-chave: torque, potência muscular, creatina-quinase, lactato, percepção subjetiva de esforço, esporte de combate.

ABSTRACT

Effects of judo matches and training session on markers of fatigue and muscle damage

Judo bouts and training sessions require high metabolic and neuromuscular demand in judo athletes. The efforts in these situations are intermittent and most of the time at high intensity. Acute physiological changes in the body may lead to fatigue, soreness and even drop in performance. Thus, this study aimed to investigate acute effects of successive judo bouts and training session on markers of fatigue and muscle damage. Thirty male judo athletes took part of this study, being 20 of study 1 (effects of successive judo bouts on markers of fatigue and muscle damage) and 10 of study 2 (effects of training session on markers of muscle damage). Study 1 was composed of three 5-min judo bouts each separated by 15 min of passive rest. Following evaluations were performed: shoulder external/internal rotation isokinetic torque, countermovement jump (CMJ), blood sample collection for serum creatine kinase (CK) and lactate dehydrogenase (LDH) analysis. Study 2 was composed by 90-min training session. Blood lactate peak and rating of perceived exertion (RPE) was collected after training session (markers of internal training load). Besides, following evaluations were performed before and 48-h after training session: shoulder external/internal rotation isokinetic torque, CMJ, blood sample collection (CK analysis), muscle soreness and perceived recovery status (PRS). T-test for dependent samples, Wilcoxon test and analysis of variance for repeated measures were used for comparisons before and after judo bouts and training session. Regarding successive bouts, significant reduction of shoulder internal (PT_{IN}) e external (PT_{EX}) rotation torque in post-bout 2 and post-bout 3 compared to pre-bout ($p < 0.01$) was verified. Significant decrease of jump high in CMJ in post-bout 2 and post-bout 3 ($p < 0.01$) regarding pre-bout was found. The reduction percentage was 3.2% in post-bout 3. Serum CK and LDH increased after the third bout ($p < 0.01$). Regarding the training session, $8.60 \pm 2.37 \text{ mmol.L}^{-1}$ of blood lactate peak and 8 of RPE (very hard) were found. Significant reduction of jump high in CMJ 48-h after the session were reported ($p = 0.02$), however no significant difference was verified in the isokinetic torque variables of shoulder external/internal rotation ($p > 0.05$). Serum CK and muscle soreness increased and PRS decreased 48-h after the session ($p < 0.01$). In general, it may conclude that three successive judo bouts provoke fatigue in both upper and lower

limbs, and muscle damage. Judo session training induced muscle damage in lower limbs, not being reported in upper limbs.

Keywords: torque, muscle power, creatine kinase, lactate, rating of perceived exertion, combat sports.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação teórica das relações entre exercício e dano muscular.	37
Figura 2. Representação do delineamento do estudo 1.	56
Figura 3. Representação do delineamento do estudo 2.	56
Figura 4. Escala 0-10 de Foster et al. (2001).....	59
Figura 5. Representação da amplitude do movimento de rotação externa/interna do ombro.	60
Figura 6. Escala de percepção visual de dor.....	62
Figura 7. Escala de percepção de recuperação de Laurent et al. (2011).63	
Figura 8. Concentrações séricas das enzimas CK e LDH antes e após a terceira luta.	68
Figura 9. Concentrações de lactato sanguíneo no pré-treino, no terceiro e no quinto minuto após a sessão de treino.	69
Figura 10. Percepção subjetiva de dor e de recuperação (PSR) antes e 48h após a sessão de treino..	71
Figura 11. Concentração sérica da enzima CK antes e 48 após a sessão de treino.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos judocas dos estudos 1 e 2.	54
Tabela 2. Parâmetros do torque na rotação externa e interna do ombro no momento de pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3.	66
Tabela 3. Parâmetros neuromusculares do CMJ obtidos na pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3.	67
Tabela 4. Parâmetros de torque na rotação externa e interna do ombro mensurados no pré-treino e 48h pós-treino.	70
Tabela 5. Parâmetros neuromusculares do CMJ obtidos no pré-treino e 48h pós-treino.	70

LISTA DE SIGLAS

[Lac]	Concentração de lactato sanguíneo
ALT	Alanine amino-transferase
AST	Aspartate amino-transferase
APT _{EX}	Ângulo do pico de torque externo
APT _{IN}	Ângulo do pico de torque interno
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
CK	Creatina-quinase
CMJ	Countermovement jump
FC	Frequência cardíaca
F _{MAX}	Força máxima
H	Altura no CMJ
LDH	Lactato-desidrogenase
PM	Potência média
PSE	Percepção subjetiva de esforço
PSR	Percepção subjetiva de recuperação
PT _{EX}	Pico de torque no movimento de rotação externa
PT _{IN}	Pico de torque no movimento de rotação interna
RE:RI	Razão entre o torque de rotação externa e interna do ombro

SUMÁRIO

1.1	Contextualização do problema	17
1.2	Objetivo geral.....	20
1.3	Objetivos específicos.....	20
1.4	Justificativa	20
1.5	Hipóteses	21
1.6	Variáveis do estudo: definição e classificação	22
1.7	Delimitação do estudo.....	24
1.8	Limitações do estudo.....	24
2.1	Aspectos metabólicos e neuromusculares determinantes do desempenho no judô.....	27
2.2	Etiologia e mecanismos da fadiga muscular	33
2.3	Dano muscular: principais marcadores e implicações no desempenho.....	37
2.4	Indicadores da carga interna ao exercício	42
2.5	Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de luta	45
2.6	Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de treino	48
3.1	Caracterização da pesquisa.....	53
3.2	Participantes do estudo.....	54
3.4	Tratamento experimental.....	57
3.4.1	Simulação de luta	57
3.4.2	Sessão de treino.....	57
3.5	Avaliações pré e pós-lutas e sessão de treino.....	60
3.5.1	Avaliação do torque isocinético no movimento de rotação externa/interna do ombro	60
3.5.2	Avaliação dos parâmetros neuromusculares do salto vertical	61
3.5.3	Análise bioquímica de amostra sanguínea	62
3.5.4	Escala visual de dor tardia.....	62
3.5.5	Percepção subjetiva de recuperação (PSR)	63

3.6 Tratamento dos dados de força	63
3.7 Análise estatística.....	64
4.1 Estudo 1: Efeitos da sequência das lutas em indicadores de fadiga e dano muscular	65
4.2 Estudo 2: Efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular.....	68
5. DISCUSSÃO	73
5.1 Estudo 1	73
5.2 Estudo 2	80
6. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS	89
ANEXO 1	109
APÊNDICE 2.....	115

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

Um dos objetivos das investigações da área de desempenho esportivo é determinar os principais marcadores que possam ser utilizados como controle dos efeitos do treinamento, buscando a melhora do rendimento e evitando possíveis prejuízos no organismo do atleta. O treinamento físico visa o aperfeiçoamento do desempenho por meio de mecanismos ligados a intensidade e volume de treino que promovem o aumento da tolerância ao exercício, ocasionado por processos de caráter mecânico, metabólico e neuromuscular (COYLE, 1990).

Dependendo da demanda do exercício e da resposta do atleta a estes estímulos, pode-se desencadear fenômeno conhecido como fadiga. Segundo Enoka e Duchateau (2008), fadiga é a diminuição da capacidade máxima de produção de força ou potência. É importante ter em mente que fadiga não é o ponto de falha ou o momento em que o músculo começa a exaustão, mas sim, a diminuição da máxima força ou potência em que os músculos envolvidos podem produzir, a qual se desenvolve gradualmente após o início da atividade física prolongada.

Os mecanismos determinantes da fadiga ainda não estão bem esclarecidos na literatura, uma vez que vários fatores estão envolvidos, desde o sistema nervoso central (SNC) até mecanismos localizados dentro do músculo esquelético (FITTS, 1994; KENT-BRAUN, 1999). Embora não haja um consenso entre os autores quanto à gênese e os mecanismos da fadiga, é possível apontar alguns como: falta de disponibilidade de energia para contração muscular (SAHLIN, 1992; SAHLIN et al., 1998), acúmulo de metabólitos (íons H^+) que induzem a acidose celular (FITTS, 1994), desequilíbrios eletroquímicos nos cátions Na^+ , K^+ , na enzima ATPase e nos processos de transporte do Ca^{2+} (LEPPIK et al., 2004), aumento do fosfato inorgânico (WESTERBLAD et al., 2002) ou até mecanismos ligados a um comando central (AMENT; VERKERKE, 2009). Estes fatores podem ser considerados os principais mecanismos da quebra de homeostasia da célula e decréscimo da capacidade contrátil das fibras esqueléticas.

Dependendo da intensidade do exercício e da tolerância do atleta a este, além da perda momentânea de força logo após o exercício (fadiga), podem ocorrer danos ou microlesões na musculatura esquelética, fazendo com que os atletas diminuam as cargas de treino ou se afastem dos treinamentos. Esses danos causam dor, inchaço e

principalmente redução da força muscular que pode durar vários dias (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004; TWIST; ESTON, 2005; HOWATSON; MILAK, 2009).

Com o exercício prolongado ou intenso, ocorre diminuição da permeabilidade ou rompimento da membrana sarcoplasmática, permitindo o extravasamento celular de algumas proteínas e de enzimas como a creatina-quinase (CK) e a lactato-desidrogenase (LDH) para o meio intersticial (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; FOSCHINI et al., 2007). Elevadas concentrações séricas destas enzimas durante o repouso são considerados marcadores clínicos de dano muscular (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). Os principais determinantes desse tipo de lesão no tecido muscular incluem a intensidade e duração do esforço (HARTMANN; MESTER, 2000), o tipo de ação muscular realizada, sendo a contração excêntrica a principal responsável pelos danos em comparação a exercícios isométricos e concêntricos (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004) e o nível de treinamento dos atletas (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007).

No judô, o estresse metabólico e neuromuscular, causadores de fadiga e danos musculares, é induzido pelas lutas e pelo treinamento. Tradicionalmente durante as competições, os atletas de judô realizam várias lutas no mesmo dia, com curtos períodos de intervalo entre as mesmas (cerca de 15 min) (FRANCHINI et al., 2004). Nesse sentido, esse tipo de esforço pode gerar perda momentânea de força ou até danos no tecido muscular, os quais poderão determinar o desempenho nas lutas seguintes, principalmente nas fases finais das competições (CARBALLERA; IGLESIAS; CALVO, 2008).

Considerando esses aspectos, alguns estudos tem se preocupado em investigar variáveis de força e potência nos membros superiores e inferiores após simulações de luta no judô. Dentre estes, Carballeira e Iglesias (2007) analisaram diversos exercícios de força isométrica (preensão manual, agachamento, supino e remo pronado) e salto vertical antes e após um combate de judô e constataram diminuição da força apenas no exercício do supino. Outros estudos observaram redução da força de preensão manual após a segunda luta (total de 2) (IGLESIAS et al., 2003) e a partir da terceira (total de 4 lutas) (BONITCH-GÓNGORA et al., 2012). Já Bonitch-Domínguez et al. (2010) não encontraram diferença no agachamento *squat* após quatro lutas de judô. Nessa perspectiva, de modo geral, parece que os membros inferiores são menos afetados pelo esforço das lutas quando comparado aos membros superiores. Isso pode ser explicado, pois os membros inferiores estão envolvidos em ações curtas de alta intensidade durante a execução das

técnicas, enquanto os membros superiores estão envolvidos em ações de força, resistência e potência (FRANCHINI; ARTIOLI; BRITO, 2013).

Devido a alta intensidade das lutas, além da fadiga aguda, podem ocorrer danos no tecido esquelético. Ribeiro et al. (2006) reportaram aumento da CK imediatamente após uma luta de judô 5 min, apesar de não observarem alterações em lutas com durações menores (1,5 min e 3 min). Em outras modalidades, como o jiu-jitsu, foi observado aumento da LDH e da enzima hepática ALT após uma luta, apontando que o esforço provocou danos musculares, provavelmente em função da alta intensidade da luta, demonstrado pelo aumento da ALT (ANDREATO et al., 2012). Na luta greco-romana foi observado aumento da CK de modo linear após cinco combates (KRAEMER et al., 2001) e após um dia de torneio (BARBAS et al., 2011), além da redução progressiva da força com prejuízos mais acentuados nos membros superiores (KRAEMER et al., 2001; BARBAS et al., 2011).

Com relação ao estresse fisiológico induzido pelo treinamento, sabe-se que as sessões de treino de judô geralmente são em alta intensidade (BRITO et al., 2011) e que a maioria dos judocas realiza de três a seis treinos semanais, se considerado atletas de não-elite e elite, respectivamente. As sessões de treino podem conter períodos de recuperação que nem sempre são suficientes, resultando em cansaço, dor e queda no desempenho. Estudos prévios têm verificado alterações metabólicas pós-treinos, como aumento plasmático da CK e LDH (marcadores de dano muscular), além de alterações na resposta imune do organismo após uma sessão de treino (CHINDA et al., 2003; UMEDA et al., 2008b; MENDES et al., 2009; BRITO et al., 2011) e após vários dias de treinamento de campo (MOCHIDA et al., 2007; UMEDA et al., 2008a; LASKOWSKI et al., 2011; CHISHAKI et al., 2013). Apesar do estresse metabólico e neuromuscular ser uma consequência do processo de adaptação ao treinamento (SMITH, 2003), é importante estar atento quando estas alterações metabólicas perduram por semanas ou meses. Esse quadro prolongado pode ser considerado um sinal de *overreaching*, conhecido como uma fase pré *overtraining* (LEHMANN; FOSTER; KEUL, 1993).

Partindo dos pressupostos destacados sobre o estresse fisiológico induzido pelas lutas e pelo treinamento de judô e suas implicações no desempenho, formulou-se como problema de pesquisa: quais os efeitos da sequência de lutas e de uma sessão de treino de judô sobre indicadores de fadiga e dano muscular em judocas?

1.2 Objetivo geral

Investigar os efeitos agudos da sequência de lutas e da sessão de treino de judô sobre indicadores de fadiga e dano muscular.

1.3 Objetivos específicos

- Comparar os parâmetros de torque isocinético nos membros superiores antes e após a sequência das lutas.
- Comparar parâmetros neuromusculares obtidos no salto vertical antes e após a sequência das lutas.
- Comparar a concentração sérica das enzimas CK e LDH antes e após a sequência das lutas.
- Identificar a carga interna de treino pela percepção subjetiva de esforço (PSE da sessão) e as respostas do lactato sanguíneo pós-treino.
- Comparar os parâmetros de torque isocinético nos membros superiores antes e 48h após a sessão de treino.
- Comparar parâmetros neuromusculares obtidos no salto vertical antes e 48h após a sessão de treino.
- Comparar a percepção subjetiva de dor tardia, percepção de recuperação, concentrações séricas da enzima CK antes e 48h após a sessão de treino.

1.4 Justificativa

As ações do judô, seja em situação de combate ou durante o treinamento, exigem elevada solicitação metabólica e neuromuscular. Os esforços realizados nessas situações são intermitentes e na maior parte do tempo em alta intensidade (MIARKA et al., 2012; FRANCHINI et al., 2013). Isso pode gerar alterações agudas no organismo dos atletas, como fadiga, cansaço excessivo e até queda no desempenho, podendo durar dias ou semanas. Dessa forma, a compreensão dos efeitos das lutas ou sessões de treino sobre indicadores de fadiga e dano muscular pode servir como diagnóstico do estresse metabólico e da tolerância do atleta ao exercício. A partir destas informações, técnicos e preparadores físicos podem observar possíveis falhas na planificação das cargas de treino, evitando o desencadeamento de processos deletérios ao desempenho.

Apesar da importância dos aspectos mencionados, há escassez de estudos na literatura analisando efeitos da fadiga e dano muscular em

três ou mais lutas, como geralmente ocorre nas competições de judô. Encontrou-se um estudo analisando fadiga durante quatro lutas de judô utilizando como marcador a força de preensão manual (BONITCH-GÓNGORA et al., 2012), a qual indica apenas a força de pegada (agarre), não podendo ser extrapolado para os membros superiores. Outra investigação analisou os efeitos de quatro lutas de judô na potência obtida na fase concêntrica do agachamento, (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010), ação esta que não acontece isolada em situações de luta. Diversas técnicas de projeção no judô utilizam os movimentos de flexão e extensão de joelhos, ou seja, há uma fase excêntrica antes de uma concêntrica. Em adição, não foram encontrados estudos analisando marcadores de dano muscular após sequência de lutas, sendo que Ribeiro et al. (2006) investigaram concentrações séricas da CK e torque isocinético após uma luta.

Considerando à sessão de treino no judô, não foram encontrados estudos analisando a força muscular e dor tardia, considerados indicadores importantes de dano muscular. Os estudos encontrados se preocuparam em analisar somente marcadores bioquímicos de dano muscular (CK, LDH, ALT e AST) e da resposta imune (contagem de leucócitos, neutrófilos, atividade fagocitária) após uma sessão de treino (CHINDA et al., 2003; UMEDA et al., 2008b; MENDES et al., 2009; BRITO et al., 2011) ou após vários dias de treinamento de campo (MOCHIDA et al., 2007; UMEDA et al., 2008a; LASKOWSKI et al., 2011; CHISHAKI et al., 2013).

Tendo em vista as lacunas presentes na literatura no que diz respeito aos efeitos agudos da fadiga e dano muscular após lutas em sequência e após a sessão de treino, justifica-se a necessidade deste estudo. Além disso, sabendo que as informações obtidas nesta investigação poderão ser utilizadas por técnicos e preparadores físicos de judô na melhora da planificação das cargas de treino e diminuição de possíveis lesões musculares devido ao treinamento justifica-se a relevância do estudo.

1.5 Hipóteses

As hipóteses deste estudo são:

H₁: a sequência das lutas provocará diminuição do torque isocinético nos membros superiores;

H₂: a sequência das lutas causará diminuição da altura do CMJ;

H₃: a sequência das lutas provocará aumento da concentração sérica das enzimas CK e LDH;

H₄: haverá diminuição do torque isocinético nos membros superiores mensurado 48h após a sessão de treino;

H₅: haverá diminuição da altura do CMJ 48h após a sessão de treino;

H₆: haverá aumento da dor tardia e diminuição da percepção de recuperação 48h após a sessão de treino;

H₇: haverá aumento da concentração sérica da enzima CK 48h após a sessão de treino.

1.6 Variáveis do estudo: definição e classificação

1.6.1 Variáveis independentes

a) Sequência de lutas

Operacional: foram realizadas três lutas sucessivas de 5 min com intervalo de 15 min de recuperação passiva entre elas.

b) Sessão de treino

Operacional: foi realizada uma sessão de treino de 90 min, sendo a carga interna de treino identificada pela percepção subjetiva de esforço (PSE da sessão) e pelas concentrações de lactato sanguíneo pós-sessão.

1.6.2 Variáveis dependentes

a) Altura do CMJ

Conceitual e operacional: altura máxima de elevação do centro de gravidade durante o salto vertical realizado com contra-movimento (BOSCO, 1999).

b) Força máxima (F_{MAX})

Conceitual: valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir, independentemente do fator tempo (CARVALHO; CARVALHO, 2006).

Operacional: pico de força obtido em contração dinâmica durante o CMJ.

c) Potência média (PM)

Conceitual: valor médio do produto da força e velocidade obtido durante a fase concêntrica do salto vertical (BOSCO, 1999).

Operacional: valor médio da potência obtida durante o CMJ.

d) Pico de torque no movimento de rotação externa (PT_{EX}) e interna (PT_{IN}) do ombro

Conceitual: torque é uma grandeza física associada à possibilidade de rotação em torno de um eixo decorrente da aplicação de uma força em um corpo (HAMILL; KNUTZEN, 2008).

Operacional: pico de torque isocinético obtido durante o movimento de rotação externa e interna do ombro.

e) Razão entre o torque de rotação externa e interna do ombro (RE:RI)

Conceitual: indica a proporcionalidade da relação entre a força dos músculos rotadores externos e internos (razão RE:RI) (ELLENBECKER; DAVIES, 2000).

Operacional: quociente entre o pico de torque de rotação externa e rotação interna do ombro.

f) Ângulo do pico de torque externo (APT_{EX}) e interno (APT_{IN}) do ombro

Conceitual: ângulo obtido entre o antebraço e o plano horizontal (HAMILL; KNUTZEN, 2008).

Operacional: ângulo em que ocorre o pico de torque externo e interno no movimento de rotação externa/interna do ombro.

g) Concentrações séricas das enzimas CK e LDH

Conceitual: concentração de enzimas que extravasam para o interstício na ocorrência de dano no tecido muscular (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007).

Operacional: foram analisadas as concentrações séricas das enzimas antes e após as lutas em sequência e antes e 48h após a sessão de treino.

h) Dor muscular de início tardio

Conceitual: caracterizada como a sensação de desconforto ou dor no músculo esquelético que começa algumas horas após o exercício e pode durar até 96h (TRICOLI, 2001).

Operacional: foi utilizada a escala visual de percepção de dor antes e 48h após a sessão de treino.

i) Percepção subjetiva de recuperação (PSR)

Operacional: percepção subjetiva analisada por meio da escala de percepção de recuperação de Laurent et al. (2011).

1.6.3 Variáveis de controle

- a) tempo das lutas e da sessão de treino;
- b) intervalo entre as avaliações;
- c) tempo das avaliações pós-luta e pós-treino;
- d) nível de treinamento dos avaliados;
- e) aquecimento corporal pré-avaliações;
- f) hidratação e temperatura;
- g) uniformização do ambiente de coleta;
- h) ausência de lesões no momento das coletas.

1.6.4 Variáveis intervenientes

- a) estado nutricional;
- b) fatores motivacionais;
- c) composição das fibras musculares;
- d) fatores genéticos.

1.7 Delimitação do estudo

Este estudo investigou apenas judocas do sexo masculino adultos com idade entre 18-30 anos que realizavam treinamentos regularmente na região da Grande Florianópolis.

1.8 Limitações do estudo

Algumas limitações do estudo podem ser destacadas:

- A falta de informações sobre o nível de condicionamento aeróbio e anaeróbio dos atletas, a qual poderia auxiliar no melhor entendimento dos efeitos da fadiga e dano muscular após a sequência das lutas e a sessão de treino.
- O fato de não terem sido realizadas avaliações imediatamente e 24h após a sessão de treino, sendo que as informações obtidas nesses dois momentos poderiam auxiliar em maiores explicações sobre os efeitos

agudos da sessão de treino na produção de força, potência e dano muscular.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Para compor o referencial teórico, selecionou-se os seguintes tópicos: Aspectos metabólicos e neuromusculares determinantes do desempenho no judô; Etiologia e mecanismos da fadiga muscular; Dano muscular: principais marcadores e implicações no desempenho; Indicadores da carga interna ao exercício; Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de luta; Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de treino.

2.1 Aspectos metabólicos e neuromusculares determinantes do desempenho no judô

O judô é caracterizado como esporte intermitente em que ambos os metabolismos anaeróbio e aeróbio são solicitados durante o esforço (FRANCHINI et al., 2011a). A contribuição da via anaeróbia láctica pode ser observada a partir das elevadas concentrações de lactato obtidas após simulações de luta (entre 8 e 14 mmol.L⁻¹) (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010; FRANCHINI et al., 2009; HERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2009), embora nesses estudos não tenham sido computadas as contribuições dos demais sistemas energéticos.

O sistema aeróbio, por responder rapidamente à demanda energética do exercício, tem um papel importante também em esforços máximos de curta duração (GASTIN, 2001), como é o caso dos combates de judô. A capacidade aeróbia tem sido relacionada à maior remoção de lactato sanguíneo pós-luta (DETANICO et al., 2012a; FRANCHINI et al., 2003), enquanto a potência aeróbia parece ser uma das variáveis determinantes na manutenção da intensidade em lutas com duração máxima (5 min) (FRANCHINI et al., 2007). Gariod et al. (2005) verificaram que os judocas mais treinados aerobiamente apresentaram maior ressíntese de fosfocreatina, o que poderia gerar maior recuperação nos intervalos durante a luta. Tais aspectos podem contribuir para que o judoca mantenha a intensidade durante a luta e na sequência destas, contribuindo no controle do processo de fadiga.

Analisando a contribuição energética em exercícios de *nage-komi* (entrada de golpe em movimento seguido de projeção) durante 5 min, Franchini et al. (2008) observaram que a via aeróbia foi responsável por aproximadamente 82% da contribuição energética nesse tipo de exercício, seguida pela via anaeróbia aláctica (15%) e anaeróbia láctica (1,5%). Apesar desses exercícios se aproximarem de situações de combate (tempo, ações de projeção), pelo fato de não haver disputa de

pegada no *judogi* e nem resistência do oponente, provavelmente há menor solicitação anaeróbia láctica se comparado à luta propriamente. Mesmo assim, acredita-se que a predominância energética de uma luta de 5 min seja advinda da via aeróbia, seguida pela anaeróbia aláctica e anaeróbia láctica.

Além da solicitação energética, a performance no judô pode ser atribuída a fatores neuromusculares. A força apresenta diferentes manifestações, como a força isométrica máxima, resistência de força, força explosiva e potência muscular (BOSCO, 2007). A força isométrica máxima é considerada como o valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir, independentemente do fator tempo (CARVALHO; CARVALHO, 2006). De acordo com Bosco (2007), durante a contração isométrica, o desenvolvimento da força é determinado por dois mecanismos: o nível de ativação das unidades motoras (UMs) e a frequência de disparos dos estímulos nervosos.

A resistência de força, por sua vez, é definida como a capacidade do músculo ou grupo muscular realizar repetidamente a contração muscular em determinado intervalo de tempo (KOMI, 2006). Quando um esforço é máximo e prolongado, no início do esforço todas as fibras musculares são recrutadas, no entanto, com o prosseguimento do trabalho, as fibras rápidas são as primeiras a diminuir a ativação, enquanto as fibras lentas continuam a produzir energia mecânica. Do contrário, se o esforço for submáximo, as fibras lentas são as primeiras a serem recrutadas, mas com a continuidade do trabalho, as fibras lentas diminuem a ativação e as fibras rápidas passam a ser mais recrutadas (BOSCO, 2007).

Durante a luta, ocorrem constantes mudanças dinâmicas devido a movimentação dos atletas, na qual o judoca requer uma combinação de força máxima e de resistência para controlar a distância entre ele e o oponente (FRANCHINI et al., 2011b; RATAMESS, 2012). A pegada, por exemplo, exige força isométrica máxima do antebraço (preensão manual) e resistência de força (dinâmica) nas regiões dos braços e do tronco para a manutenção da pegada por um período prolongado (FRANCHINI et al., 2004). A musculatura da parte superior do tronco, especialmente o grande dorsal e o peitoral maior também realiza trabalho de resistência de força, ao puxar ou empurrar o oponente constantemente. Já na luta solo, a combinação força e resistência também se faz necessária (CARBALLEIRA; IGLESIAS, 2007), a fim de imobilizar, sair de uma imobilização, realizar chaves e estrangulamentos.

Diversos estudos analisaram a força isométrica máxima de prensão manual em judocas, conforme descritos em Franchini et al. (2011a) e na maioria destes percebe-se uma superioridade da força isométrica na mão dominante. Por outro lado, foram encontrados poucos estudos que investigaram outros indicadores da força isométrica ou que utilizaram avaliações específicas para o judô. Ache Dias et al. (2012) analisaram o pico de força e o índice de fadiga durante 10 s de prensão manual em judocas e não encontraram diferença significativa entre a dominância, porém quando comparam as variáveis entre judocas e não-judocas, o índice de fadiga foi maior nos não-judocas, indicando que a resistência de força é uma variável que sofre efeito do treinamento. Detanico et al. (2012b) investigaram a força máxima (F_{MAX}) e a taxa de decréscimo da F_{MAX} em teste isométrico de 5 s durante teste de puxada no *judogi* e encontraram diferença significativa entre a dominância nas duas variáveis, sendo a F_{MAX} maior no membro dominante e a resistência maior no membro não-dominante.

Em outra investigação, Franchini et al. (2011a) desenvolveram um teste de resistência de força isométrica e dinâmica utilizando as mangas do *judogi* preso a uma barra. Quando o teste é realizado de maneira dinâmica utiliza-se o número de repetições máximas como indicador de desempenho e quando o teste é isométrico computa-se o tempo de sustentação com os cotovelos flexionados. No estudo citado, foram comparados atletas da Seleção Brasileira de Judô com atletas de nível estadual e foram observadas diferenças significativas apenas no teste dinâmico, sendo que esta variação parece discriminar melhor atletas de diferentes níveis, o que não aconteceu com o teste isométrico.

Utilizando dinamômetro isocinético, Ruivo, Pezarat-Correia e Carita. (2012) compararam o torque isocinético nos movimentos de rotação interna (RI) e externa (RE) de ombro em velocidades de 60 e 180° s⁻¹ e encontraram valores superiores nos judocas em ambas as velocidades, assim como na razão entre os torques (RE:RI) quando comparados aos não-judocas. Essas diferenças foram atribuídas ao nível de treinamento de força específico da modalidade. A razão RE:RI indica a proporcionalidade de força muscular entre os músculos agonistas e antagonistas do movimento de rotação do ombro, no qual é possível identificar desequilíbrios de força entre certos grupamentos musculares (ELLENBECKER; DAVIES, 2000).

Além da força máxima e da resistência de força, a força explosiva ou taxa de desenvolvimento de força (TDF) e potência muscular são manifestações de força presentes nas ações do judô. Segundo Carvalho e Carvalho (2006), estas não devem ser tomadas

como sinônimas, pois dependem de fatores bastante diferentes, têm características distintas e necessitam de metodologias e métodos específicos e independentes no seu treino e desenvolvimento. A força explosiva é o resultado da relação entre a força produzida e o tempo necessário disponível, ou seja, a mais rápida manifestação de força no mínimo espaço de tempo (CORVINO et al., 2009), a qual também é conhecida como taxa de desenvolvimento de força (TDF).

Geralmente, os movimentos explosivos são produzidos com baixa aceleração, devido às elevadas cargas empregadas, porém com um alcance máximo ou quase máximo de produção de força em uma unidade de tempo, ou seja, com máxima velocidade de contração muscular. Essa velocidade, segundo Carvalho e Carvalho (2006), é conseguida por aumento do recrutamento, da frequência de atividade e da sincronização das unidades motoras (UMs). Esses valores máximos de TDF, segundo Aagard et al. (2002), são alcançados em um período de tempo entre 100 e 300 ms após o início da contração muscular. No entanto, diferentes fatores podem determinar a magnitude da TDF, tais como o tipo e as características de contração das fibras musculares e a coordenação intramuscular (recrutamento, frequência da descarga de impulsos e sincronismo das unidades motoras) (CARVALHO; CARVALHO, 2006).

Outra variável de força explosiva é o tempo até atingir a força máxima (TF_{MAX}) e juntamente com a TDF são componentes importantes em esportes que requerem ações balísticas, como o judô. O TF_{MAX} foi analisado durante a apreensão manual em judocas no estudo de Ache Dias et al. (2012) que não observaram diferença entre a dominância e entre judocas e não-judocas. Em outro estudo (DETANICO et al., 2012b), foram analisadas a TDF e o TF_{MAX} durante teste específico de puxada no *judogi*, apresentando diferença significativa entre a dominância (valores maiores no membro dominante).

Ao contrário da força explosiva que reflete a produção rápida de força na fase estática e início do encurtamento do músculo, a potência muscular é caracterizada como o produto da força pela velocidade, sendo a força provinda do torque máximo que um músculo ou grupo muscular podem gerar em determinada velocidade (KOMI, 2006). Neste caso, o determinante agora será a velocidade que o segmento vai atingir em determinado nível de força.

O conceito de potência muscular tornou-se bem evidenciado na curva hiperbólica força-velocidade (C f-v) de Hill (1938), o qual mostra que quanto mais elevada é a carga a vencer, mais força tem de ser produzida pelo componente contrátil e menor é a velocidade de

encurtamento desses componentes musculares. De acordo com Dugan et al. (2004), não há um consenso na literatura das cargas que apontem uma combinação ideal entre força e velocidade para a otimização da potência. No entanto, sugere-se cargas em torno de 35-40% da máxima força isométrica e cerca de 35-45% da velocidade máxima de contração para a obtenção da máxima potência (BOSCO, 2007). Desse modo, os fatores que afetam tanto a força muscular quanto a velocidade de encurtamento determinarão a potência a ser produzida.

Segundo Enoka (2000), quando chega um impulso nervoso ao músculo, os principais determinantes da produção de potência são o número de fibras musculares ativadas em paralelo e a velocidade com que os miofilamentos podem converter energia em trabalho mecânico. Além disso, a melhoria da coordenação intermuscular também tem se mostrado uma possibilidade para o aumento da potência muscular, pois expressa a capacidade da melhor cooperação possível entre os músculos agonistas, antagonistas e sinergistas (CARVALHO; CARVALHO, 2006).

Fatores de natureza estrutural, mecânica e funcional determinarão a força e a velocidade das contrações musculares, que implicarão diretamente na potência (ENOKA, 2000). Entre estes fatores pode-se citar a capacidade de recrutamento neural e mecanismos músculo-elásticos a exemplo do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (KOMI, 2000). Nas ações de ataque do judô são necessários elevados níveis de potência muscular de membros inferiores (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010; FRANCHINI et al., 2011a), a fim de atingir a pontuação máxima na luta (*ippon*), que se caracteriza por velocidade, eficiência e eficácia no golpe. A otimização da potência durante a execução de algumas técnicas de projeção depende de mecanismos músculo-elásticos, como o CAE (MONTEIRO et al., 2011). Este fenômeno é evidenciado quando o judoca executa uma fase excêntrica de flexão de joelhos seguida por uma fase concêntrica, em que ocorre um pré-alongamento das fibras musculares e armazenamento de energia elástica (durante a fase excêntrica), a qual é reutilizada na contração concêntrica com aumento na eficiência do movimento (DETANICO et al., 2012a). A ação do CAE tem um propósito bem definido, que é o aumento da potencialização muscular na fase final do movimento (ação concêntrica) quando comparado à ação concêntrica isolada, sendo que este mecanismo parece resultar no aumento da potência muscular (KOMI; GOLLHOFER, 1997).

Contudo, percebe-se que em algumas técnicas de projeção do judô não há ocorrência do CAE, como as de “varrida” de um ou dois

membros. Estas também são dependentes da potência muscular, porém possivelmente mais relacionadas a fatores neurais (recrutamento de unidades motoras) do que propriamente do CAE (DETANICO et al., 2012a).

Um dos métodos que vindo sendo utilizado como discriminador da potência muscular são os saltos verticais desenvolvidos por Bosco (1999). Estes são considerados válidos e confiáveis na determinação da potência em atletas de diferentes modalidades esportivas (MARKOVIC et al., 2004), incluindo o judô. Com relação a este aspecto, Zaggelidis et al. (2012) compararam a performance no *counter movement jump* (CMJ), *squat jump* (SJ) e *drop jump* 20 e 40 cm de altura entre sujeitos não-treinados e judocas experientes e observaram que os judocas tiveram melhor desempenho em todas as tarefas de salto vertical quando comparado aos sujeitos não-treinados. Embora os saltos verticais não sejam movimentos típicos do judô, o treinamento específico ao longo dos anos faz com que os judocas otimizem melhor o mecanismo do CAE, indicando que os saltos verticais são sensíveis para discriminar a potência muscular em atletas de judô.

Além disso, alguns estudos têm investigado a relação dos saltos verticais com o desempenho no judô. Detanico et al. (2012a) encontraram correlação significativa entre o desempenho no CMJ (altura do salto) e o número de arremessos no SJFT e Franchini et al. (2005) encontraram correlação positiva entre a percentagem de vitórias durante etapas da Copa do Mundo de Judô e o desempenho no CMJ em atletas de judô do sexo masculino. Analisando as categorias de peso, Detanico et al. (2012b) verificaram que o desempenho no CMJ (altura do salto) foi maior nos judocas de categorias mais leves, pois estes apresentaram maior velocidade de decolagem no salto.

Considerando os estudos apontados, verifica-se uma relação positiva entre a força muscular nas suas diferentes manifestações (força isométrica máxima, resistência de força, força explosiva e potência muscular) e o desempenho no judô. Assim, é importante considerar estas especificidades no planejamento das atividades e das sessões de treinamento ao longo do planejamento do treinamento.

Em suma, o judô é caracterizado como um esporte intermitente e de alta intensidade, cujo fornecimento de energia é advindo de ambos os sistemas aeróbio e anaeróbio. Desse modo, destaca-se a importância do treinamento tanto da capacidade quanto da potência aeróbia e anaeróbia. As diferentes manifestações de força muscular (máxima, resistência e potência) são importantes para o desempenho físico na modalidade. Assim, diversos estudos têm se preocupado em investigar a

transferência desta capacidade neuromuscular para ações específicas do judô.

2.2 Etiologia e mecanismos da fadiga muscular

A fadiga muscular é definida por Green (1997) como a incapacidade do músculo esquelético gerar elevados níveis de força ou manter esses níveis no tempo. Já Enoka e Duchateau (2008) definem fadiga como a diminuição da capacidade de produção máxima de força ou potência. Para os autores, fadiga e incapacidade para continuar a tarefa não devem ser tomados como sinônimas. Fadiga não é o ponto de falha ou o momento em que o músculo começa a exaustão, mas sim, a diminuição da máxima força ou potência em que os músculos envolvidos podem produzir, a qual se desenvolve gradualmente após o início da atividade física prolongada.

Os mecanismos determinantes da fadiga ainda não estão bem esclarecidos na literatura, uma vez que vários fatores estão envolvidos, desde o sistema nervoso central (SNC) até mecanismos localizados dentro do músculo esquelético (FITTS, 1994; KENT-BRAUN, 1999). A contribuição relativa tanto dos componentes centrais quanto periféricos parece ser dependente do tipo de tarefa a ser realizada. Durante ações musculares intermitentes, tanto a fadiga central quanto a periférica são desenvolvidas quando o esforço é máximo, no entanto, quando o esforço é submáximo ou quando a recuperação é suficiente entre as ações musculares, a fadiga é causada principalmente devido a fatores periféricos (NORDLUND et al., 2004).

Enquanto a fadiga central refere-se à incapacidade de ativar completamente um músculo voluntariamente, ou seja, depende da capacidade de condução do impulso neural, a fadiga periférica implica na redução da capacidade do músculo produzir força (NORDLUND; THORSTENSSON; CRESSWELL, 2004). Segundo os autores, dentre os fatores que afetam a fadiga central, pode-se apontar mecanismos ligados ao córtex motor, diminuição da facilitação dos fusos musculares e da sensibilidade dos motoneurônios. Em relação à fadiga periférica, o fornecimento de energia, tipologia de fibras musculares recrutadas, nível de força do sujeito antes da fadiga, duração e intensidade do esforço estão entre os principais determinantes (FITTS, 1994).

Apesar de saber da existência de mecanismos de ordem central e periférica que determinam o estado de fadiga, na prática é difícil determinar com precisão a contribuição relativa de cada sistema. Nesse sentido, Enoka e Stuart (1992) propuseram quatro pontos que fornecem

uma base para avaliação sistemática dos mecanismos neurais e neuromusculares da fadiga. São eles: tarefa-dependência; relação força-fadigabilidade; estratégia muscular e; senso de esforço.

Segundo os autores, os aspectos ligados à tarefa-dependência incluem o nível de motivação do sujeito, a estratégia neural (padrão de ativação do músculo e do comando do motor), a intensidade e duração da atividade, a velocidade, o tipo de contração (concêntrica, excêntrica e isométrica) e o tempo em que a atividade é continuamente sustentada. Esses fatores podem afetar os mecanismos de fadiga ligados ao SNC, como o drive motor, os músculos e as unidades motoras que são ativadas (estratégia neural), a propagação neuromuscular, o acoplamento excitação-contração, a disponibilidade de substrato energético, o meio intracelular, o aparato contrátil e o fluxo sanguíneo muscular.

Adicionalmente, parece existir uma relação hiperbólica entre a força e o tempo de sustentação da atividade, conhecida como relação força-fadigabilidade. Quanto maior a força exercida por um músculo ou unidade motora durante a tarefa mais rapidamente o músculo fadiga (ENOKA; STUART, 1992). Outro ponto citado pelos autores na identificação dos aspectos neuromusculares da fadiga é a estratégia muscular. Esta descreve a habilidade do músculo em reduzir o disparo dos seus motoneurônios de modo a acomodar a mudança na redução da taxa de relaxamento mediada bioquimicamente. Concomitante a isso, há uma diminuição da força em exercício máximo sustentado. Do ponto de vista funcional, a estratégia muscular é a otimização da força e a garantia de ativação econômica pelo SNC no músculo fadigado.

Por fim, o senso de esforço é outro fator utilizado na identificação dos mecanismos da fadiga, ou seja, o papel do esforço percebido na diminuição da performance. Para Enoka e Stuart (1992), o julgamento do indivíduo baseado no esforço para gerar uma força pode ser diferente da magnitude da força exercida. É possível, especialmente em condições clínicas, que um indivíduo reporte esforço relacionado à fadiga, mas sem diminuição da capacidade de gerar força. Esse julgamento é conhecido como senso de esforço que diferencia a sensação de força da magnitude de uma contração muscular. Porém, para fins de avaliação, tanto o senso de esforço quanto a perda de força são considerados características essenciais na identificação da fadiga muscular.

Sabe-se que não existe uma simples causa da fadiga e, em função disso, diversas teorias procuram explicar esse complexo fenômeno. Dentre as mais clássicas, Sahlin (1992) e Sahlin et al. (1998) apontam que a falta de energia disponível (ATP) para contração

muscular é o principal mecanismo da fadiga. Por sua vez, Fitts (1994) sugere que a produção do lactato está relacionada à liberação dos íons H^+ e à diminuição do pH intramuscular. Esses mecanismos seriam agentes depressores da contração, por meio da inibição da liberação de Ca^{2+} , no aumento do Ca^{2+} livre, na inibição do motoneurônio, no tempo de transição do estado de ligação das pontes cruzadas de forte para fraca e na inibição das enzimas associadas à glicogenólise e à glicólise. Tais aspectos estariam diretamente relacionados à diminuição na capacidade contrátil da fibra esquelética e, conseqüentemente, na queda na produção de força e na atividade elétrica do músculo (MASUDA et al., 2001).

Por outro lado, Robergs, Ghiasvand e Parker (2004) contestaram essa associação entre a produção de lactato e a fadiga muscular. De acordo com os autores, o processo de acidose láctica não seria determinante para a fadiga muscular por dois fatores: a) a glicólise isoladamente não seria capaz de produzir todos os prótons (H^+) causadores da acidose e; b) a enzima lactato-desidrogenase (LDH) atuaria como uma substância tampão e não acidificante do citoplasma, pois durante a formação do lactato via LDH há o consumo de H^+ , ou seja, a formação de lactato retardaria o desenvolvimento da acidose celular por agir como uma substância tampão. Nesse sentido, Leppik et al. (2004) afirmam que as vias primárias de fadiga parecem ocorrer, principalmente por meio de desequilíbrios eletroquímicos nos cátions Na^+ , K^+ , na enzima ATPase e nos processos de transporte do Ca^{2+} .

O aumento do fosfato inorgânico (Pi) também aparece como agente da fadiga muscular durante exercício intenso (WESTERBLAD et al., 2002). Segundo os autores, o aumento do Pi, oriundo da quebra da PCr, atuaria diretamente nas miofibrilas e nos mecanismos relacionados à sensibilidade e consumo de Ca^{2+} . Cabe ressaltar que as condições experimentais em que os músculos esqueléticos foram estimulados nesses estudos não se assemelham fisiologicamente ao exercício físico voluntário (BERTUZZI et al., 2009), necessitando assim de mais investigações.

Adicionalmente, outra proposta que ganhou força nos últimos anos é de que a fadiga muscular está ligada a prevenção organizada por um comando central (SNC), ou seja, a tarefa seria interrompida antes para prevenir o colapso total (AMENT; VERKERKE, 2009). Estudos que sustentam essa teoria observaram que músculos fadigados mantêm sua capacidade de produção de força quando submetidos, por exemplo, à estimulação elétrica (TAYLOR; GANDEVIA, 2008). Isso sugere que a

interrupção do esforço não está restrita aos fenômenos locais que acontecem no músculo (KRONBAUER; CASTRO, 2013).

Considerando fadiga e tipos de ações musculares, sabe-se que as contrações isométrica e concêntrica dependem da ativação muscular e da disponibilidade de substrato energético para as pontes cruzadas, enquanto a contração excêntrica, que inclui o CAE, conta com a energia elástica armazenada nos elementos passivos do músculo esquelético (KRONBAUER; CASTRO, 2013). Nesse sentido, pode-se pensar que a fadiga ocorrerá previamente em uma contração isométrica ou concêntrica quando comparado às ações excêntricas que envolvem o CAE. Isso é verdade quando o exercício é de curta duração, porém segundo Komi (2000), quando o esforço excêntrico é prolongado, é preciso que sejam considerados três elementos: metabólico, mecânico e neural. Considerando esses aspectos, a diminuição da performance em uma corrida de longa distância, por exemplo, se dá também por perda de energia elástica dos músculos, causada pelo aumento da rigidez dos tendões (DE ZEE; BOJSEN-MOLLER; VOIGT, 2000). As alterações nas propriedades mecânicas dos elementos passivos (elásticos) do músculo, como consequência do esforço, geram a deterioração da função muscular com diminuição da tolerância ao impacto (KOMI, 2000). Isso reduz a energia potencial elástica armazenada nos elementos passivos e, conseqüentemente, aumenta a necessidade de energia metabólica para um novo encurtamento muscular, causando desequilíbrios eletroquímicos na fibra muscular e provocando prejuízos na sua capacidade contrátil.

Em suma, a fadiga é um fenômeno no qual são conhecidas as consequências, porém ainda há muitas dúvidas quanto a sua etiologia, devido ao enorme e complexo emaranhado de fatores que podem determiná-la. O que se sabe é que fadiga é resultado de alterações na homeostasia na célula muscular esquelética, devido à falta de energia disponível e acúmulo de diversos metabólitos que diminuem a capacidade contrátil da fibra ou ainda causada por mecanismos protetores de ordem central. Ainda, em exercícios prolongados que envolvem ações excêntricas, tanto os elementos ativos (produção de energia) quanto passivos (elásticos) alteram a capacidade de produção de força. Enfim, para fins de avaliação da fadiga se faz necessário à análise de mecanismos neurais e neuromusculares, os quais, segundo Enoka e Stuart (1992), incluem tarefa-dependência, relação força-fadigabilidade, estratégia muscular e senso de esforço.

2.3 Dano muscular: principais marcadores e implicações no desempenho

Dependendo da intensidade do exercício e da tolerância do atleta a este, além da perda momentânea de força logo após o exercício (fadiga), podem ocorrer danos ou lesões na musculatura esquelética, fazendo com que os atletas se afastem dos treinamentos ou diminuam as cargas de treino. Para diagnosticar a presença de lesões no tecido esquelético, alguns indicadores têm sido utilizados, tais como: marcadores bioquímicos, principalmente as concentrações séricas das enzimas creatina-quinase (CK) e lactato-desidrogenase (LDH); perda da força muscular e; presença de dor muscular tardia (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004; FOSCHINI et al., 2007).

Os sintomas internos de danos no tecido muscular, de acordo com Byrne, Twist e Eston (2004), incluem rompimento da estrutura muscular intracelular, do sarcolema e da matriz extracelular, causando deficiência prolongada da função muscular. Mais especificamente, os danos à fibra muscular pós-exercício ocorrem na estrutura das fibras musculares da linha Z, no sarcolema, túbulos T e miofibrilas (FOSCHINI et al., 2007), conforme a Figura 1.

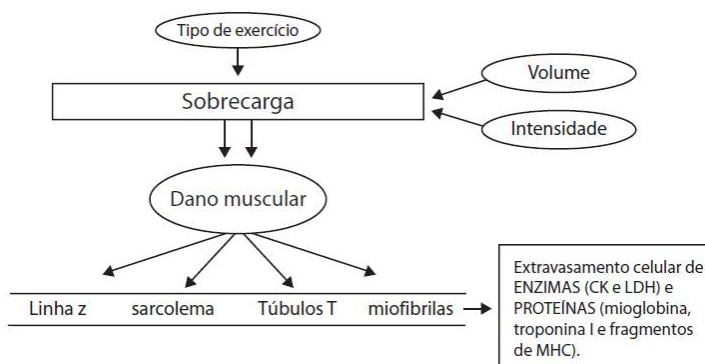


Figura 1. Representação teórica das relações entre exercício e dano muscular (FOSCHINI et al., 2007).

Com o exercício prolongado ou intenso, ocorre um aumento das concentrações internas de íons cálcio, o que promove a abertura dos canais de potássio ou degeneração da própria membrana sarcoplasmática, permitindo o extravasamento celular das enzimas creatina-quinase (CK) e lactato-desidrogenase (LDH) e de algumas

proteínas (mioglobina, troponina I e fragmentos de cadeia pesada de miosina) para o meio intersticial (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; FOSCHINI et al., 2007) (Figura 1). Elevadas concentrações séricas destas substâncias, principalmente da CK, em sujeitos saudáveis, estão relacionadas com o estado de treinamento físico. No entanto, se esses níveis continuarem elevados em repouso pode ser um sinal clínico de dano muscular e fadiga profunda (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007).

A CK é uma proteína globular que está distribuída nos tecidos, com função fisiológica predominante na célula muscular. Existem três isoformas de CK no citoplasma: CK-MM encontrada em abundância no músculo esquelético; a CK-MB encontrada no músculo cardíaco e; CK-BB observada nas células cerebrais (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007). No tecido muscular esquelético, a função da CK-MM ou simplesmente CK é auxiliar o metabolismo na ressíntese de adenosina trifosfato (ATP), pois é responsável pela hidrólise da creatinafosfato (CP), separando o fosfato inorgânico (Pi) da creatina e liberando energia para contração (FOSCHINI et al., 2007). Essa energia servirá para ligar uma molécula de Pi com o ADP, formando o ATP.

Por outro lado, após a realização do esforço intenso, há o extravasamento das moléculas de CK para o citoplasma da célula, devido ao rompimento do sarcolema, sendo que suas concentrações podem permanecer aumentadas em até sete dias. Geralmente, o pico de CK ocorre entre 24-72 h após o exercício (BYRNE; ESTON, 2002 a,b; SUZUKI et al., 2004; TWIST; ESTON, 2005; HOWATSON; MILAK, 2009), porém já foi encontrado valores de pico 96 h após um exercício excêntrico de alta intensidade (COOKE et al., 2009).

Segundo Foschini et al. (2007), a concentração sérica da CK está sujeita as variações fisiológicas que afetam a atividade da enzima, como: sexo, idade, massa muscular, tipo de exercício realizado e etnia. Em função disso, os valores de CK apresentam elevada variabilidade, sendo considerados normais valores entre 55-170 U/L para homens e 45-135 U/L para mulheres saudáveis (WALLACH, 2000). Para atletas valores de CK de 200-250 U/L para homens e 100-150 U/L para mulheres são considerados normais (HARTMANN; MESTER, 2000) e valores acima de 500 U/L têm sido utilizados como parâmetro para indicar lesão ao tecido muscular (MARTÍNEZ-AMAT et al., 2005).

A LDH é outra proteína que extravasa para o citoplasma em função do rompimento do sarcolema. A LDH apresenta cinco isoenzimas (LDH 1, 2, 3, 4 e 5), sendo a LDH-5 considerada marcador de lesão no tecido esquelético (WALLACH, 2000). Segundo o autor, a

LDH aumenta de 12 a 24 h após o esforço, atingindo o máximo de 2-4 dias e retornando ao normal de 8-14 dias. Estudos têm mostrado que o pico de LDH pode ocorrer logo após o esforço (SUZUKI et al., 2004), entre 24-48 h (BARONI et al., 2010) ou após 72 h (COOKE et al., 2009), dependendo principalmente da intensidade, duração e tipo de contração. Os valores de referência para adultos normais são de 100-250 U/L (WALLACH, 2000).

Além dos marcadores bioquímicos, a perda da capacidade de produção de força e a presença de dor muscular de início tardio são outros indicativos de dano muscular (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). É importante destacar que a diminuição da força logo após o exercício não necessariamente indica que houve dano na musculatura esquelética. Se o torque retornar aos valores basais após algumas horas, é sinal que o esforço provocou apenas um estado de fadiga muscular. Do contrário se a perda de força se prolongar por dias, é um indicativo que o esforço causou, além da fadiga momentânea, danos no tecido muscular. Aliado a isso, a presença de dor muscular surge aproximadamente oito horas após o exercício, aumentando progressivamente de intensidade nas primeiras 24 h e alcançando o máximo de intensidade entre 24 e 72 h (TRICOLI, 2001).

O fenômeno da dor tardia foi explicado por Armstrong et al. (1984) da seguinte maneira: na medida em ocorre o rompimento do sarcolema e o extravasamento de algumas proteínas para o meio intersticial, estas atrairiam monócitos que se converteriam em macrófagos nas áreas da lesão. Um acúmulo adicional de histaminas e quininas no interstício, resultado da fagocitose e da necrose celular, assim como uma pressão tecidual elevada, decorrente do edema no local ativariam os receptores de dor, resultando na sensação de dor e desconforto.

Diversos estudos têm utilizado o decréscimo da força muscular e a presença de dor como indicadores de dano muscular após diferentes exercícios. Howatson e Milak (2009) verificaram redução da contração voluntária máxima logo após 15 *sprints* de 30 m permanecendo assim até 48 h após o esforço; o pico de dor foi 48 h após os *sprints*. Twist e Eston (2005) constataram redução do pico de potência até 72 h após o exercício pliométrico (10 séries de 10 saltos verticais), já a o pico de dor foi observado 48 h após o esforço.

Em protocolo de avaliação isométrico de extensão do joelho, Byrne e Eston (2002a) observaram redução de 30% do torque logo após o exercício, sendo que os valores só retornaram aos de base sete dias após um exercício excêntrico. Em outra investigação, Byrne e Eston

(2002b) verificaram que ambos os torques isométrico, concêntrico e excêntrico diminuíram aproximadamente 20% 1 h após o exercício, 25% um dia após, 15% três dias e 13% quatro dias após o exercício. O desempenho nos saltos verticais (CMJ, SJ e DJ) também diminuiu após o exercício persistindo por três dias.

Alguns estudos ainda procuraram analisar a ingestão de suplementos com o intuito de aumentar a capacidade de recuperação após o exercício. Nesse sentido, Cooke et al. (2009) verificaram que a ingestão de creatina proporcionou um aumento na capacidade de recuperação do torque isocinético de flexão e extensão de joelho (21%) e na força isométrica máxima (10%) durante os quatro dias analisados. Greer et al. (2007) observaram que a suplementação de BCAA (aminoácidos de cadeia ramificada) provocou aumento da recuperação do torque isocinético de flexão/extensão de joelho somente 48h após o exercício. No entanto, ainda não há um consenso quanto ao tipo de suplementação, dosagem e a capacidade de recuperação muscular pós-exercício intenso.

É importante salientar que os danos no tecido muscular dependem de alguns fatores, tais como: a intensidade e duração do exercício, tipo de ação muscular realizada e nível de treinamento dos atletas (Figura 1). Considerando o primeiro fator, em exercícios supramáximos, os danos musculares parecem estar relacionados mais com a duração do que intensidade do exercício, demonstrado pelas concentrações de CK e LDH mais elevadas nesse tipo de exercício (KARAMIZRAK et al., 2004). No entanto, de acordo com a revisão de Hartmann e Mester (2000), o estresse muscular não depende apenas da duração do exercício, mas também da intensidade, uma vez que ambos (volume e intensidade) têm influência sobre a redução dos fosfatos de alta energia na célula muscular.

Em adição, o tipo de ação muscular é um fator determinante, sendo a ação excêntrica considerada a principal responsável pelos danos musculares em comparação a exercícios isométricos e concêntricos (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004), como verificado em estudos prévios pelo aumento da CK em exercícios excêntricos (BROWN; CHILD; DONNELLY, 1997; BYRNE; ESTON, 2002). A tensão excessiva nesse tipo de ação muscular induz inicialmente a ruptura da membrana intracelular e extracelular, predispondo certas miofibrilas à degeneração progressiva, que permitem a hidrólise de proteínas estruturais, causando danos na musculatura esquelética (LIEBER; FRIDÉN, 1999; BROWN; CHILD; DONNELLY, 1997).

A forma de ação muscular excêntrica raramente ocorre isolada nos movimentos humanos, sendo que a função natural do músculo ocorre em uma sequência de ação excêntrica seguida por uma ação concêntrica, conhecida como ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (KOMI, 2000). Essa função muscular é identificada em atividades da vida diária e em diversas ações esportivas, como correr, saltar, arremessar e levantar pesos (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). Desse modo, segundo os autores, ações excêntricas contribuem ativamente no CAE e, portanto, danos musculares são comuns durante exercícios prolongados ou intensos envolvendo o CAE.

Outro fator que determina os danos musculares é o nível de treinamento dos atletas. Segundo Brancaccio, Maffulli e Limongelli (2007), atletas bem-treinados tendem a apresentar menor pico de atividade sérica da CK quando comparado a indivíduos não-treinados, indicando que o treinamento é um fator de prevenção de danos musculares. O treinamento específico para o grupo muscular envolvido no exercício, tipo de contração e padrão de movimento executado aumenta a resistência da fibra muscular ao dano estrutural (NOSAKA; CLARKSON, 1995).

Por outro lado, quando o treinamento é inadequado ou a relação treino-recuperação não está equilibrada, ou seja, o período de recuperação entre os estímulos é insuficiente, pode ser observado aumento dos níveis de CK, que combinado com a redução da tolerância ao exercício e presença de dor, é indicador de *overreaching* (LEHMANN; FOSTER; KEUL, 1993). Esse processo ocorre após vários dias de treinamento intenso, podendo ser definido como uma fase *pré-overtraining* (SILVA et al., 2001). Neste caso, a recuperação do atleta ocorre após alguns dias de afastamento dos treinamentos ou diminuição das cargas de treino.

Em suma, os danos musculares caracterizam-se pela desorganização na estrutura celular provocado por um esforço intenso, no qual há extravasamento de enzimas e proteínas para o meio intersticial da célula. Dentre os principais marcadores do dano muscular estão o aumento das proteínas séricas CK e LDH, perda da força muscular e presença de dor tardia. Entre os fatores que afetam os danos no tecido esquelético estão a intensidade e duração do exercício, o tipo de ação muscular realizada, sendo a ação excêntrica mais susceptível a lesões que as demais (isométrica e concêntrica), além do nível de treinamento dos atletas.

2.4 Indicadores da carga interna ao exercício

Quantificar as cargas ou intensidade de treinamento é uma necessidade elementar dentro do processo de treinamento esportivo, especificamente neste estudo para verificar possíveis efeitos da fadiga e dano muscular. Conforme descrito por Freitas, Miroski e Bara Filho (2012), ser hábil em quantificar a carga de treinamento e conhecer o quanto de carga deve-se aplicar em cada momento da periodização, torna-se um passo muito importante para o sucesso desportivo.

De acordo com Impellizzeri, Rampinini e Coutts (2005), as adaptações induzidas pelo treinamento são decorridas no nível de estresse imposto ao organismo, chamada de carga interna de treinamento. A magnitude da carga interna é determinada, principalmente, pelo treino prescrito (carga externa de treinamento). Assim, o processo de controle do treinamento passa pelo monitoramento desta carga interna de treino.

Diversos parâmetros podem ser utilizados para avaliar a carga interna de exercício, sendo os mais comuns o monitoramento da frequência cardíaca (FC), da concentração de metabólitos no sangue como o lactato e a percepção subjetiva do esforço (PSE) (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010).

A frequência cardíaca (FC) constitui-se em um dos métodos mais utilizados para avaliar a intensidade do esforço em diversas modalidades esportivas. Este método baseia-se na correlação linear existente da FC com o gasto energético e com o consumo de oxigênio (VO_2). Esta relação mantém-se linear mesmo em atividades intermitentes, pois foi verificada correlação significativa entre FC e VO_2 obtido num teste de corrida contínua e noutro de corrida intermitente (BANGSBO, 1994). Nas lutas, a utilização da FC como indicador da carga interna tem sido utilizada em sessões de treino (BRITO et al., 2011; MILANEZ et al., 2011a; VIVEIROS et al., 2011; MILANEZ; PEDRO, 2012) ou em lutas simuladas (BRANCO et al., 2013), visto que não é permitido o uso de equipamentos durante as competições.

Por essa razão, a concentração de lactato sanguíneo e a PSE têm sido os métodos mais utilizados na quantificação da carga interna de treino. Em relação ao primeiro, a quantificação das concentrações de lactato [Lac] pós-exercício indica a taxa de liberação de energia anaeróbia láctica durante o exercício (LACOUR et al. 1990). Assim, altos valores de [Lac] sanguíneo verificados após um esforço indicam elevada taxa de participação da glicólise anaeróbia e, conseqüentemente que o exercício foi realizado em alta intensidade. No entanto, certa cautela

deve ser adotada ao utilizar as [Lac] como indicador da taxa de participação da glicólise anaeróbia. Buchheit e Laursen (2013) apontam algumas limitações deste método, como a influência de respostas individuais, o efeito do tempo de coleta em relação ao exercício prévio, o efeito da aptidão aeróbia e a pobre associação entre lactato sanguíneo e muscular, especialmente em exercícios intermitentes de alta intensidade. Considerando essas limitações, a concentração de lactato sanguíneo pós-esforço pode ser utilizada como indicador da participação anaeróbia láctica, sendo os valores categorizados em: > 3 mmol/L – baixa, > 6 mmol/L – moderada, > 10 mmol/L – alta e > 14 mmol/L – muito alta (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Nas modalidades de combate, diversos estudos têm utilizado a [Lac] sanguíneo como indicador da carga de esforço, sendo que a maioria procura fazer associações entre [Lac], FC e PSE (FRANCHINI et al., 1998; SERRANO et al., 2001; BONITCH et al., 2005; MILANEZ et al.; 2011a; MILANEZ et al.; 2011b; PERANDINI et al., 2012; BRANCO et al., 2013).

A utilização da PSE talvez seja o método mais utilizado para quantificação da carga de treinamento. Sua utilização está baseada na premissa de que os ajustes fisiológicos promovidos pelo estresse físico produzem sinais sensoriais aferentes que são capazes de alterar a percepção subjetiva do esforço (BERTUZZI et al., 2006). Assim, pode-se dizer que a percepção de esforço seria a sensação de quão pesado, difícil, ou desgastante foi a tarefa física executada. A PSE tem se apresentado como uma ferramenta simples e eficaz para uso nas lutas que, devido a sua natureza intermitente, apresentam maior dificuldade para quantificar as intensidades de trabalho.

A PSE foi previamente proposta por Borg (1982), o qual desenvolveu duas escalas, uma variando de 0-20 e outra de 0-10, sendo 0 “repouso” e 10 ou 20 “extremamente pesado”. Mais tarde, Foster et al. (2001) adaptaram a escala CR-10 de Borg e propuseram o método PSE da sessão. As diferenças entre a escala CR-10 e a escala de Foster et al. (2001) estão nos fracionamentos e nos descritores utilizados. Por exemplo, a escala CR-10 apresenta o fracionamento “0,5” e os descritores utilizados são “fraco”, “pesado” e “extremamente pesado”, enquanto Foster et al. (2001) utiliza os descritores “fácil”, “difícil” e “máximo”.

O método PSE da sessão de Foster et al. (2001) se baseia em um simples questionamento: “Como foi sua sessão de treino?” A resposta a este questionamento pode ser fornecida a partir da escala 0-10, que classifica a intensidade de exercício (NAKAMURA;

MOREIRA; AOKI, 2010). De acordo com os autores, recomenda-se realizar a avaliação da PSE 30 min após a sessão para que atividades leves ou intensas realizadas ao final da sessão não dominem a avaliação. Tempo superior a este também deve ser evitado a fim de evitar o esquecimento e a atenuação da avaliação subjetiva da intensidade da sessão de treinamento. No entanto, foi verificado que a aplicação da escala realizada 15 min após o término da sessão de treino possui a mesma validade (OLIVEIRA et al., 2013). A PSE pode ser apresentada com valores referentes à escala ou ainda multiplicar este valor da escala pelo tempo total da sessão ou atividade realizada (unidades arbitrárias).

Esse método tem sido considerado uma ferramenta válida para identificar a carga interna de esforço no judô (BONITCH et al., 2005). Os autores encontraram fortes correlações entre FC, PSE e períodos de esforço durante lutas em situação competitiva. Em adição, Serrano et al. (2001) observaram correlações do PSE com o pico de lactato sanguíneo e a variação de lactato durante um torneio de judô. Todavia, outros estudos não têm observado fortes associações do PSE com [Lac] sanguíneo e FC. Branco et al. (2013) não encontraram correlação entre o PSE e FC em 4 lutas de judô, além de fracas correlações do [Lac] sanguíneo e variação de [Lac] com o PSE. Franchini et al. (1998) não reportaram correlações entre PSE e [Lac] em três lutas simuladas no judô em três níveis (juvenil, júnior e sênior), com exceção da primeira luta na classe júnior.

É importante destacar que certos cuidados devem ser tomados ao utilizar o PSE como indicador da intensidade do treino. Por possuir forte correlação com a intensidade do esforço (velocidade, trabalho, potência) e fatores fisiológicos (frequência cardíaca, consumo de oxigênio, ventilação, etc), a reposta da PSE é afetada por fatores como mudanças de temperatura e pressão parcial de oxigênio (ESTON, 2012). Além disso, a PSE pode ser afetada por fatores ambientais, como o aumento de estímulos sensoriais externos que podem diminuir a sensação de esforço (HADDAD et al., 2011). De acordo com Branco et al. (2013), durante a luta de judô existe uma grande quantidade de processamento de dados visual (disputa de pegada), proprioceptivos (tentativas de perturbar o equilíbrio), cinestésico (posições para projeção) e auditivo (orientações técnico-táticas fornecidas pelo treinador). Essas perturbações diminuem ou até desaparecem em situações não-competitivas, por exemplo, o que poderia subestimar a percepção de esforço.

De modo geral, pode-se verificar a existência de diferentes métodos para quantificar a carga interna de treino ou intensidade de

exercício, cada uma apresentando suas particularidades e pontos positivos e negativos. A utilização de tais métodos descritos acima parece ser uma estratégia válida e de grande relevância, visto a importância do controle da carga de treino dentro do processo de treinamento.

2.5 Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de luta

A análise da fadiga e alterações metabólicas ligadas ao dano muscular e resposta imune tem sido alvo de investigação nos esportes de combate, principalmente em situações específicas da modalidade, como as lutas, sejam elas realizadas de maneira simulada ou em situações competitivas.

Nesse sentido, Bonitch-Góngora et al. (2012) investigaram o pico de força de preensão manual em judocas antes e após quatro combates de judô e verificaram redução na força isométrica a partir do terceiro combate, além da relação inversa entre a força isométrica e as concentrações de lactato após os combates. Em outro estudo, Bonitch-Domínguez et al. (2010) analisaram concentrações de lactato sanguíneo e potência muscular nos membros inferiores (agachamento com cargas) antes e após quatro combates de judô. Não foi reportada diferença significativa na potência, força e velocidade antes e depois dos combates, porém houve aumento nas concentrações de lactato pós-lutas, indicando que apesar da elevada demanda anaeróbia láctica, o estímulo da luta não afetou a capacidade de gerar força nos membros superiores.

Carballeira e Iglesias (2007) investigaram concentrações de lactato sanguíneo e diversos exercícios de força isométrica (preensão manual, agachamento, supino e remo pronado) e potência de membros inferiores (salto vertical) antes e após um combate de judô. Foi constatado aumento significativo do lactato sanguíneo e diminuição da força isométrica somente no exercício de supino, sugerindo uma perda maior de força nos membros superiores em relação aos membros inferiores. Resultados semelhantes foram encontrados por Iglesias et al. (2003), ao observarem redução apenas da força de preensão manual após duas lutas de judô, sem diferença no salto vertical. Assim, parece que os membros inferiores são menos afetados pelo esforço das lutas, quando comparado aos membros superiores. Isso pode ser explicado, pois os membros inferiores estão envolvidos em ações curtas de alta intensidade durante a execução das técnicas, enquanto os membros

superiores estão envolvidos em ações de força, resistência e potência (FRANCHINI; ARTIOLI; BRITO, 2013).

Em outro estudo, Ribeiro et al. (2006) investigaram as concentrações das enzimas séricas LDH e CK, das enzimas hepáticas AST (aspartato amino-transferase) e ALT (alanina amino-transferase), além do torque isocinético no movimento de flexão/extensão de ombro e da atividade eletromiográfica nos músculos deltóide anterior, peitoral maior e redondo maior após simulações de luta de diferentes durações (90, 180 e 300 s). Os autores não encontraram diferença significativa no torque isocinético, porém as enzimas hepáticas (AST e ALT) tiveram um aumento após todas as lutas, sugerindo que as proteínas musculares alanina e glutamina foram recrutadas para a síntese de ATP, devido ao aumento da intensidade das lutas; as concentrações da CK aumentaram somente após a luta de 300 s; a ativação eletromiográfica do músculo agonista aumentou após a luta de 90 s, sendo que na luta de 180 s houve aumento do antagonista e na luta de 300 s houve diminuição da atividade do músculo agonista. Os autores concluíram que os esforços da luta de 300 s podem ter induzido lesões no tecido muscular caracterizadas pela elevação da CK sérica, embora a lesão não tenha sido suficiente para detectar fadiga quando mensurada através da dinamometria isocinética. Além disso, houve alteração enzimática e eletromiográfica, sugerindo adaptações metabólicas e neurais a partir do estresse das lutas de judô.

Branco et al. (2013) investigaram a associação entre frequência cardíaca, percepção de esforço (PSE) e concentrações de lactato sanguíneo em quatro lutas sucessivas. Os autores constataram correlações significativas entre a PSE e a frequência cardíaca somente após a primeira e segunda lutas e entre a variação do PSE e a variação das concentrações de lactato entre todas as lutas. Assim, os autores sugerem que a escala da PSE deve ser utilizada com cautela, visto que fatores fisiológicos e psicológicos podem influenciar nas respostas dos participantes, ou seja, nem sempre esta reflete com precisão o grau de esforço.

Com relação a outras modalidades esportivas de combate, como a luta greco-romana, Kraemer et al. (2001) analisaram variáveis metabólicas e neuromusculares durante um torneio (5 combates) e perceberam que houve diminuição na capacidade de gerar força em diversos testes (preensão manual, salto vertical e testes isométricos) e aumento nos metabólitos que refletem fadiga e danos musculares que vão sendo acumulados na medida em que o torneio avança. Em estudo similar com lutadores, Barbas et al. (2011) analisaram variáveis de

desempenho, metabólicas e marcadores de dano muscular e resposta imune após um dia de simulação de torneio. Foi reportado que as concentrações de lactato sanguíneo ultrapassaram valores de 17 mmol.L^{-1} , a CK, Proteína C-reativa, concentração IL-6 e contagem de leucócitos aumentaram de modo linear após cinco combates. Em relação ao desempenho, houve uma diminuição progressiva, com prejuízos de força mais acentuados nos membros superiores (força de preensão manual) do que nos inferiores (salto vertical). Estes resultados sugerem que os combates podem induzir a significativas demandas fisiológicas que afetam negativamente o desempenho, aumentando o estado de inflamação na musculatura esquelética, especialmente nas fases finais do torneio.

No jiu-jitsu, Andreato et al. (2013) investigaram ações técnico/táticas em 22 lutas e analisaram a percepção subjetiva de esforço (PSE), força de preensão manual e a resposta metabólica da glicose e lactato sanguíneo após uma luta de jiu-jitsu. Os autores observaram diminuição da força de preensão manual na mão direita e esquerda, além de aumento do lactato sanguíneo e da glicose após a luta. A percepção do esforço foi considerada difícil (15 em uma escala de 6-20). Analisando a estrutura técnico-tática das lutas, observou-se decréscimo da intensidade no decorrer das lutas.

Em outro estudo no jiu-jitsu, Andreato et al. (2012) analisaram marcadores bioquímicos antes de uma luta simulada, após o aquecimento, logo após a luta (7 min) e após a recuperação (14 min). Dentre os principais resultados, os autores verificaram que o esforço realizado durante a luta provocou mobilização de lipídios e proteínas como substratos energéticos para contração muscular, observado pelo aumento das concentrações de lactato, HDL-colesterol e da enzima hepática ALT, respectivamente (mensurados logo após a luta). Além disso, houve aumento da LDH logo após a luta, indicando sinais de dano muscular, embora não tenha sido encontrado aumento da CK.

Alguns estudos têm sido direcionados à recuperação metabólica e neuromuscular após situações de luta. No judô, Hamdi et al. (2013) testaram três tipos de recuperação: passiva, ativa (corrida a 50% do VO_2max) e combinação ativa/passiva após quatro lutas sucessivas de judô. Foi verificado que a combinação ativa/passiva resultou nas melhores performances nos saltos verticais (CMJ e SJ), força de preensão manual e força isométrica máxima dorsal quando comparada à recuperação passiva; a recuperação ativa resultou em melhores valores da força isométrica dorsal quando comparado a recuperação passiva; já comparando a combinação ativa/passiva e a recuperação ativa, somente

a força de preensão manual apresentou melhores resultados. Assim, parece que a combinação ativa/passiva é a melhor alternativa para auxiliar na recuperação da força e potência muscular em lutas sucessivas, semelhante ao que ocorre nas competições de judô.

Franchini et al. (2009) testaram o efeito da recuperação ativa (corrida a 50% do VO_2 pico) e passiva após uma luta de judô no teste de Wingate para membros superiores, no *Special Judo Fitness Test* (SJFT) e no desempenho de outra luta. Os resultados indicaram que o tempo de intervalo (15 min) foi suficiente para recuperar a potência e capacidade anaeróbia (desempenho no teste de Wingate) e manter o desempenho em teste específico (SJFT), independente do tipo de recuperação. Porém os autores observaram que a razão de chance de ganhar uma luta aumentou dez vezes quando um judoca realizava recuperação ativa após uma luta e seu oponente realizava recuperação passiva.

Em suma, diversos estudos têm investigado indicadores de fadiga, danos musculares e tipos de recuperação após situações de luta em esportes de combate. De maneira geral, a grande maioria dos estudos aponta que o esforço provocado pelas lutas acarreta decréscimo na capacidade de produção de força, além de alterações metabólicas, ligadas ao dano muscular e resposta imune. Investigações sobre diferentes formas de treinamento e tipos de recuperação durante a competição devem continuar a serem testados, a fim de minimizar os efeitos da fadiga e do dano estrutural.

2.6 Fadiga e danos musculares em esportes de combate: estudos em situações de treino

Diversos estudos têm documentado os efeitos da fadiga e alterações metabólicas ligadas ao dano muscular e resposta imune após sessões de treinamento. Dentre eles, Umeda et al. (2008a) analisaram marcadores bioquímicos de danos musculares e relacionaram com fadiga mental, obtida pelo questionário do perfil do estado de humor (POMS), em judocas do sexo feminino após uma semana de treinamento de campo. Pode-se verificar que a hemoglobina, glicose sanguínea, colesterol total, contagem de leucócitos e imunoglobina-G tiveram decréscimo após o treinamento de campo, enquanto a enzima hepática AST e os marcadores de dano muscular (CK e LDH) tiveram aumento. Os neutrófilos oxidativos também aumentaram, os quais são responsáveis pela reação anti-inflamatória desencadeada pela lesão muscular (PEAKE; SUZUKI, 2004). Houve aumento da fadiga mental

ao final do treinamento de campo, sendo observadas correlações significativas entre os marcadores de dano e resposta imune e os escores de fadiga mental, sugerindo que o treinamento de campo no judô leva ao aparecimento e acúmulo de fadiga física e mental, sendo estes relacionados.

Brito et al. (2011) investigaram respostas metabólicas após uma sessão de treino de judô com ingestão de carboidratos (CHO) e sem ingestão (placebo). Foi constatado aumento dos neutrófilos e contagem de leucócitos nos dois grupos, porém os atletas do grupo CHO apresentaram menores concentrações de leucócitos e neutrófilos após a sessão de treino quando comparado ao placebo. A glicose sanguínea aumentou no grupo CHO enquanto no placebo diminuiu, indicando que o consumo do CHO pode ter sido benéfico para manutenção dos níveis de glicose, diminuindo os prejuízos no sistema imune causados pela sessão de treino.

Mendes et al. (2009) analisaram os efeitos da suplementação de carboidrato (CHO) durante uma sessão de treino sobre a função imune de atletas de judô. No grupo que ingeriu carboidrato houve aumento da glicose sanguínea após a sessão de treino no grupo CHO e redução no grupo placebo (PLA). O cortisol aumentou durante a sessão de treino, independente do tipo de solução consumida, bem como durante a recuperação no grupo PLA. O consumo de CHO resultou em menor leucocitose, quando comparado com o PLA. Assim, parece que a ingestão de CHO por atletas de judô durante uma sessão de treino resultou em menor perturbação da contagem total de leucócitos e suas subclasses: linfócitos, monócitos, eosinófilos e neutrófilos, sugerindo proteção à saúde imunológica de judocas.

Chishaki et al. (2013) analisaram variáveis bioquímicas antes e após uma semana de treinamento específico de judô em atletas com dois níveis de desidratação (moderado – razão entre o volume de plasma depois do treino e antes do treino < 1 e severo – razão entre os volumes > 1). Dentre os principais achados, foi constatado aumento dos marcadores de dano muscular (CK, LDH, AST e ALT), aumento da contagem de leucócitos e neutrófilos nos dois grupos de desidratação, indicando que houve inflamação devido ao dano estrutural. Além disso, foram observadas correlações significativas entre a desidratação severa e marcadores de lesão muscular e imunossupressão.

Em outro estudo, Laskowski et al. (2011) analisaram o efeito de três dias de treinamento de campo no judô nos danos musculares, resposta inflamatória e marcadores de estresse oxidativo. Os autores observaram aumento da CK após o último dia de treinamento, sendo que

os níveis permaneceram elevados até 12 horas depois do treino. Além disso, houve aumento nos níveis de citocinas pró e anti-inflamatória que foram significativamente relacionadas com a CK, além de aumento da LPO (peróxido de lipídico) e H_2O_2 (peróxido de oxigênio) que são marcadores de estresse oxidativo.

Umeda et al. (2008b) investigaram alterações nos marcadores miogênicos, de dano muscular e resposta imune após uma sessão de treinamento de judô com duração de 120 min. Foi verificado que as enzimas miogênicas (AST, ALT, CK e LDH) aumentaram significativamente quando comparado aos valores antes da sessão, além do aumento nos leucócitos, neutrófilos e imunoglobulinas, devido a alta intensidade da sessão. Em outro estudo após uma sessão de treino, Chinda et al. (2003) também observaram aumento na contagem de leucócitos e neutrófilos e das enzimas miogênicas (AST, ALT, CK e LDH) duas horas após a sessão, indicando dano no músculo esquelético causados pelo esforço intermitente de alta intensidade. Além disso, foi verificada diminuição da atividade fagocitária, devido ao aumento da atividade oxidativa dos neutrófilos e da contagem de leucócitos, indicando que a sessão de treino também é capaz de induzir mudanças na capacidade imuno-funcional do organismo.

Mochida et al. (2007) analisaram os efeitos de um período de treinamento normal de judô de 64 dias e de um período de 6 dias de treinamento intenso nos níveis de neutrófilos, leucócitos, imunoglobinas e enzimas miogênicas (AST, ALT, CK e LDH). Foi observado aumento nas enzimas miogênicas, apontando danos musculares, tanto no período de 6 dias após o treinamento intenso quanto 64 dias pós-treinamento em relação ao pré-treinamento. Da mesma forma, houve aumento nas imunoglobinas séricas e na contagem de leucócitos e neutrófilos nos dois períodos avaliados, indicando a reação anti-inflamatória aos danos provocados pelo esforço intenso. Porém, foi constatada diminuição da atividade fagocitária e de espécies reativas ao oxigênio somente após 64 dias de treinamento, sugerindo que o treinamento pode induzir a mudanças na atividade imuno-funcional.

Com o intuito de investigar a recuperação após uma sessão de treino de jiu-jitsu, Santos et al. (2012) investigaram as concentrações séricas de CK e LDH, força isométrica e dinâmica específica (*judogi hangrip test*), além da percepção de dor após uma sessão de treino de 90 min em dois grupos (controle e intervenção com crioterapia). Os autores observaram redução da força isométrica após a sessão de treino no grupo controle, redução da percepção de dor na recuperação no grupo que realizou crioterapia. Além disso, houve aumento da CK e LDH no

grupo controle, porém não houve mudança na CK no grupo da crioterapia, indicando que esse procedimento parece retardar ou até evitar danos musculares, além de diminuir a percepção de dor.

Dentre os estudos descritos, percebe-se que a maior preocupação está ligada à resposta imune e marcadores bioquímicos de dano muscular após o esforço intermitente e de alta intensidade, característicos das sessões de treinamento de judô e das lutas de domínio.

3. MÉTODO

3.1 Caracterização da pesquisa

Este estudo pode ser caracterizado como aplicado quanto à natureza, quantitativo quanto à abordagem do problema e experimental quanto aos objetivos, de acordo com Silva et al. (2011). Quanto ao delineamento, pode ser classificado como pré-experimental, no qual um grupo é submetido a um tratamento (em dois momentos) e o controle dos efeitos é realizado por meio de um teste antes da experiência (pré-teste) e um teste ao final (pós-teste), conforme Campbell e Stanley (1979).

Para definição do delineamento experimental, foram controlados os fatores de interveniência, tanto na validade interna quanto externa. Em relação à validade interna, foram controlados os fatores que provêm da experiência. a) testagem: os indivíduos receberam as mesmas instruções em todas as fases de coleta de dados (pré e pós-luta e pré e pós-treino), sendo fornecidos estímulos verbais, padronizados e realizados sempre pelo mesmo avaliador; b) expectativa: este aspecto foi controlado padronizando as informações e tratamento dado pelos avaliadores a cada atleta durante as coletas. Dentre os fatores que provêm da experiência, não foi possível controlar a história, o que leva a caracterizar o delineamento do estudo como pré-experimental.

Em relação aos fatores de distorção que provêm dos participantes: a) controle da maturação: foram selecionados indivíduos com idades semelhantes, além disso, o estudo foi de curta duração (efeitos agudos do exercício), diminuindo possíveis efeitos de desenvolvimento maturacional dos participantes; b) regressão estatística: o controle deste foi realizado selecionando indivíduos com níveis iniciais de treinamento semelhantes; c) perda experimental: foram selecionados três participantes a mais do estipulado pelo cálculo *a priori* do número amostral, a fim de proporcionar número adequado mesmo que houvesse mortalidade da amostra; d) instrumentação: todos os instrumentos de coleta de dados possuíam índices de validade e reprodutibilidade, sendo que os mesmos foram utilizados tanto no pré quanto no pós-teste.

Quanto à validade externa, a fim de garantir a possibilidade de generalização dos resultados, foram controlados os seguintes fatores: a) efeitos da interação da tendência de seleção, buscando selecionar os atletas de judô com características semelhantes, ausência de patologias, disfunções, dentre outros, garantindo assim a replicação de seus

resultados e seu uso para outras populações de judocas; b) efeitos relativos dos procedimentos experimentais, os quais foram controlados simulando a situação de luta e a sessão de treino mais próxima possível da realidade esportiva. Na avaliação de laboratório, realizou-se um período de ambientação ao local e familiarização com os equipamentos de coleta de dados.

3.2 Participantes do estudo

Participaram deste estudo 30 judocas do sexo masculino, sendo 20 do estudo 1 (Efeitos da sequência de lutas em indicadores de fadiga e dano muscular) e 10 do estudo 2 (Efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular). As características dos judocas participantes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características dos judocas dos estudos 1 e 2.

	Idade (anos)	Prática (anos)	Massa corporal (kg)	Estatura (cm)	Gordura corporal (%)
Estudo 1 (n = 20)	20,70 ± 4,57	6,40 ± 4,73	72,80 ± 12,65	174,01 ± 8,71	13,89 ± 3,06
Estudo 2 (n = 10)	25,10 ± 4,31	7,05 ± 6,71	81,47 ± 12,81	176,35 ± 8,10	15,78 ± 4,58

Dentre os participantes do estudo 1, dois eram da categoria super-ligeiro (<55 kg), cinco da categoria leve (55-60 kg), quatro meio-leve (60-66 kg), três da categoria leve (66-73 kg), dois meio-médio (73-81 kg), dois médio (81-90 kg) e dois meio-pesado (90-100 kg). Em relação à graduação, seis eram faixa laranja (4° Kyu), quatro faixa verde (3° Kyu), dois faixa roxa (2° Kyu), sete faixa marrom (1° Kyu) e um faixa preta (1° Dan).

No estudo 2, um judoca era da categoria leve, um leve, três meio-médio, três médio e dois meio-pesado. Quanto à graduação, três eram faixa laranja, três faixa verde, dois faixa roxa, um faixa marrom e um faixa preta.

Todos os participantes do estudo estavam realizando treino técnico/tático regularmente entre 3-4 vezes na semana (média de 3 vezes) com duração de 90 min no período das avaliações. Além disso,

todos os judocas participaram ou iriam participar de competições em nível estadual e alguns de nível nacional durante o ano corrente.

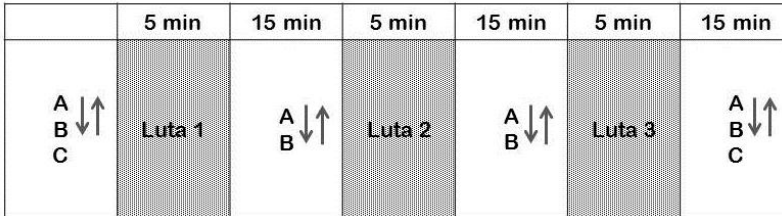
A seleção dos participantes foi realizada de modo intencional não-probabilística, com adesão por voluntariado. Foram adotados os seguintes critérios de inclusão: 1) participação em competições oficiais de judô durante o último ano; 2) treinamento de pelo menos três vezes por semana; 3) não estar lesionado no momento da coleta; 4) competir em categorias menores que a “pesado”; 4) assinar o termo de consentimento livre e esclarecido antes das coletas de dados.

3.3 Procedimentos e design experimental

Antes de iniciarem os procedimentos para a coleta de dados, os judocas que participaram do estudo foram esclarecidos sobre os objetivos e os procedimentos da pesquisa, para então assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1). O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da UFSC (parecer 119.014 de 08/10/2012 – Anexo 2). Os dados foram coletados no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), no Laboratório de Biomecânica (BIOMECA) e no *dojo* (local de prática do judô) do Centro de Desportos da UFSC.

Antecedendo as coletas, os atletas realizaram aquecimento específico para cada tipo de avaliação a ser realizada. Foram investigados dois delineamentos: a) estudo 1 – Efeitos da sequência de luta em indicadores de fadiga e dano muscular (Figura 2). Na primeira etapa foram realizadas as medidas de base de torque isocinético no movimento de rotação externa/interna de ombro, salto vertical (CMJ) e coleta de amostra sanguínea para análise das enzimas CK e LDH. Em seguida foi realizada a primeira luta e logo após coleta das variáveis de força (torque e CMJ); a segunda luta e coleta das variáveis de força (torque e CMJ); a terceira luta e coleta das variáveis de força e coleta sanguínea; b) estudo 2 – Efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular (Figura 3). Na primeira etapa foram realizadas as seguintes medidas de torque isocinético, CMJ, escala visual de dor, percepção subjetiva de recuperação (PSR) e coleta de amostra sanguínea. Na segunda etapa foi realizada a sessão de treino e identificada a carga interna de treino através da percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentrações de lactato sanguíneo ([Lac]). Na terceira etapa (48 h após o treino) foram realizadas novamente as medidas da escala visual de dor, PSR, torque isocinético, CMJ e coleta sanguínea. Nas avaliações de força (torque isocinético e CMJ), a avaliação dos

atletas foi randômica, ou seja, não houve uma ordem de avaliação, a fim de eliminar possíveis interferências entre as avaliações. No estudo 1, as avaliações do torque isocinético e CMJ foram realizadas entre os minutos 3-6 após a primeira, segunda e terceira luta. A coleta sanguínea foi realizada entre os minutos 6-8 após a terceira luta. No estudo 2, todas as avaliações foram realizadas 48h após o início da sessão de treino.



A: Torque isocinético
 B: CMJ
 C: Coleta sanguínea (CK; LDH)
 A e B: medidas entre o 4º e 6º min pós-luta

Figura 2. Representação do delineamento do estudo 1.

Pré-treino	SESSÃO DE TREINO	48 h pós-treino
<ul style="list-style-type: none"> - Torque isocinético; - CMJ; - Coleta sanguínea (CK); - Percepção de dor; - Percepção de recuperação (PSR) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta sanguínea [Lac] - Percepção subjetiva de esforço (PSE) 	<ul style="list-style-type: none"> - Torque isocinético; - CMJ; - Coleta sanguínea (CK); - Percepção de dor; - Percepção de recuperação (PSR)

Figura 3. Representação do delineamento do estudo 2.

3.4 Tratamento experimental

3.4.1 Simulação de luta

Os atletas realizaram três lutas com duração de 5 min (tempo oficial - IJF), mesmo que ocorresse *ippon* (pontuação máxima que em competição determina o final da luta). Os judocas foram informados que deveriam completar as três lutas. Todas as lutas foram organizadas de modo que o confronto foi realizado entre atletas com diferença de massa corporal inferior a 10%. O intervalo entre as lutas e as avaliações posteriores foi de 15 min de recuperação passiva, como utilizado em estudos prévios (BONITCH-DOMÍNGUEZ et al., 2010, BONITCH-GÓNGORA et al., 2012), a fim de simular uma situação real de competição. O regulamento das lutas seguiu as regras da Federação Internacional de Judô.

3.4.2 Sessão de treino

Os judocas participaram de uma sessão tradicional de treino de judô com duração de 90 min. As atividades foram as seguintes:

1) Aquecimento (15 min): deslocamento em diferentes velocidades (trote e *sprint*) e diferentes posições (para frente, de costas e lateral); corrida com entrada de técnica solitário (*tendoku-renshiu*); exercícios de resistência muscular que incluíram agachamento, flexão de cúbitos, abdominal e exercícios isométricos para costas (2 séries de 10 repetições); disputa de “pegada”.

2) Treino técnico (35 min): treinamento técnico composto por *uchi-komi* (entradas repetitivas de técnica sem projeção) com 5 séries de 20 repetições com 20 s de intervalo durante 5 min; 5 séries de 10 repetições com 10 s de intervalo durante 1 min; *uchi-komi* com deslocamento (5 séries de 8 repetições com ênfase na fase de *kuzushi* – desequilíbrio e *tsukuri* – preparação, 30s de intervalo durante 6 min). É importante destacar que as repetições de *uchi-komi* foram alternadas entre os dois judocas, sendo o tempo total de *uchi-komi* aproximadamente de 24 min. Adicionalmente, foi realizado o treino de *nage-komi* (ataques repetitivos com projeção) com 5 séries de 1 min de atividade e 1 min de intervalo trocando o oponente durante 5 min. O tempo total no *nage-komi* foi de aproximadamente 10 min, considerando os dois judocas.

3) *Randori* (simulação de luta) (40 min): composto por quatro lutas de solo (*ne-waza*) com duração de 2 min cada e intervalo de 2 min e quatro lutas em pé (*tachi-waza*) com duração de 3 min cada e com intervalo de 4 min entre elas.

As atividades e a sequência destas foram baseadas no estudo de Brito et al. (2011) e semelhante a outros estudos (CHINDA et al., 2003; UMEDA et al., 2008b; MENDES et al., 2009) que descreveram uma sessão de treino tradicional de judô.

3.4.2.1 Determinação da carga interna de treino

Para identificar a carga interna de treino da sessão utilizou-se o método da percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentrações de lactato sanguíneo pré e pós-sessão. Esse método tem sido utilizado em estudos prévios durante sessões de treino no judô (VIVEIROS et al., 2011; BRANCO et al., 2013), karatê (MILANEZ et al., 2011a; MILANEZ; PEDRO, 2012) e taekwondo (PERANDINI et al., 2012).

O método PSE da sessão foi proposto por Foster et al. (2001) e utiliza a adaptação da escala CR-10 de Borg (Figura 4). A aplicação da escala foi realizada 15 min após o término da sessão de treino (OLIVEIRA et al., 2013), no qual o atleta deve responder a seguinte pergunta: “Como foi a sua sessão de treino?” A resposta ao questionamento é fornecida a partir da escala apresentada na Figura 4. O avaliado deveria escolher um descritor e depois um número de 0 a 10, que também poderia ser fornecido em decimais. O valor máximo (10) foi considerado o maior esforço físico realizado pela pessoa e o valor mínimo a condição de repouso absoluto (0).

Classificação	Descritor
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 0-10 de Foster et al. (2001).

O cálculo da carga de treino, através do método da PSE da sessão, foi realizado a partir da multiplicação do escore da PSE pela duração total da sessão expressa em minutos (incluindo o aquecimento, volta à calma e pausas entre esforços, no caso do treinamento intermitente) (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010). O produto da PSE (intensidade na classificação) pela duração da sessão (volume) foi expresso em unidades arbitrárias. A estimativa da carga interna de treino através do método PSE da sessão foi utilizada previamente por Garatachea et al. (2012) durante 7 semanas de treinamento de campo em judocas da Seleção Espanhola.

Adicionalmente, foram coletadas 25 µl de sangue do lóbulo da orelha com auxílio de um capilar heparinizado e transferido para tubos plásticos com tampa contendo 50 µl de fluoreto de sódio a 1% nos instantes pré, 3º e 5º min após a sessão de treino para a análise das concentrações de lactato sanguíneo. A leitura das amostras sanguíneas foi realizada em um analisador eletroquímico (YSI 2700 STAT, Yellow Springs, OH, USA).

3.5 Avaliações pré e pós-lutas e sessão de treino

3.5.1 Avaliação do torque isocinético no movimento de rotação externa/interna do ombro

A avaliação do torque isocinético no movimento de rotação externa/interna do ombro foi realizada nos estudos 1 e 2 no momentos pré e pós-lutas (1, 2 e 3) e pré e 48h pós-treino, respectivamente. A utilização desse movimento já foi utilizada em estudo prévio com atletas de judô (RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012). Para a realização da rotação externa/interna do ombro foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex Multi-Joint System-Pro, Shirley, New York). Durante o teste os sujeitos permaneceram sentados na cadeira com o eixo de rotação alinhado à região glenoumeral, com o ombro posicionado a 45° de abdução. A amplitude do movimento de rotação externa/interna foi de 70°, sendo os ângulos de rotação externa e interna formados pelo antebraço e o plano horizontal. Foi considerado 0° o início da rotação interna e 70° o final da rotação interna/início da rotação externa (Figura 5).

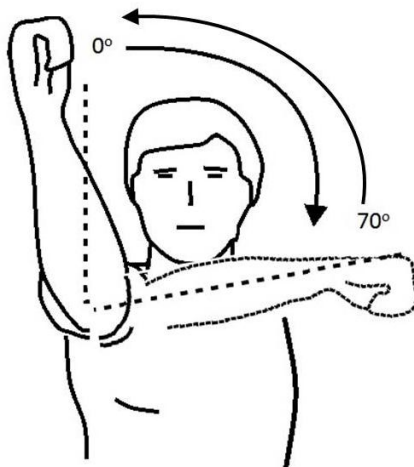


Figura 5. Representação da amplitude do movimento de rotação externa/interna do ombro.

Após realizarem a familiarização com o movimento de rotação externa/interna do ombro, os avaliados executaram uma série de quatro repetições no modo concêntrico/concêntrico no lado dominante, sendo considerada para análise a repetição que resultasse no maior torque na rotação externa e interna. A velocidade adotada para os movimentos foi fixada em 180°/s. Esta velocidade tem sido utilizada em estudos que analisaram o movimento de rotação externa/interna de ombro, conforme apontado em estudos prévios (ALDERINK; KUCK, 1986; ELLENBECKER; DAVIES, 2000; ELLENBECKER; ROETERT, 2003; RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012).

3.5.2 Avaliação dos parâmetros neuromusculares do salto vertical

Os atletas realizaram o salto vertical com contra-movimento (CMJ) (BOSCO, 1999) no estudo 1 e 2. A avaliação foi realizada nos seguintes momentos: pré e pós-lutas (1, 2 e 3) e pré-treino e 48h pós-treino. O protocolo do CMJ consiste em partir de uma posição em pé, com as mãos na cintura e executar um salto com contra-movimento, flexionando os joelhos até próximo a 90°. Foi utilizada uma plataforma de força portátil, do tipo piezoelétrica (Kistler®, Quattro Jump, 9290AD, Winterthur, Switzerland) que mensura a força vertical. As informações adquiridas foram transmitidas via cabo a um computador na frequência de 500 Hz. Foram realizados três CMJ em cada momento de avaliação, sendo considerada para análise a média das variáveis indicadoras de potência muscular (altura do salto e potência média) e do pico de força na fase concêntrica do salto.

Os saltos verticais têm sido amplamente utilizados nas modalidades de lutas, em especial no judô, principalmente para identificar a potência muscular de membros inferiores (CARBALLEIRA; IGLESIAS; CALVO, 2008; CARBALLEIRA; IGLESIAS, 2007; FRANCHINI et al., 2005; SERTIC; SEGEDI; MOLANOVIC, 2006; DETANICO et al., 2012a). Além disso, os saltos verticais parecem ser sensíveis aos efeitos de treinamento específico da modalidade (ZAGGELIDIS et al., 2012).

3.5.3 Análise bioquímica de amostra sanguínea

Foram coletadas amostras de sangue venoso nos estudos 1 e 2 nos momentos pré e pós-luta 3, além de pré e 48 h pós-treino, respectivamente. Em cada momento foram coletados 4 ml de sangue venoso da veia cubital do braço dos avaliados, através de tubos de *Vacutainer* contendo gel coagulante. Em seguida, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente por 10 minutos e centrifugadas com a rotação de 3000 RPM durante 15 min para separação do soro e eritrócitos. Após a análise bioquímica das amostras, foram obtidos os valores séricos das enzimas creatina-quinase (CK) e lactato-desidrogenase (LDH).

3.5.4 Escala visual de dor tardia

A escala visual de dor foi utilizada no estudo 2 a fim de identificar a ocorrência de dor antes e 48h após a sessão de treino. Essa escala varia de 0 a 10, onde 0 considera-se ausência de dor e 10 dor insuportável (Figura 6). A escala permite também valores intermediários entre 0-10. Segundo Twist e Eston (2005), a escala de dor utilizada após um esforço elevado e/ou prolongado é considerada um dos marcadores de dano muscular.



Figura 6. Escala de percepção visual de dor.

3.5.5 Percepção subjetiva de recuperação (PSR)

Antes e 48h após a sessão de treino (estudo 2) foi coletada a percepção subjetiva de recuperação (PSR) utilizando a escala proposta por Laurent et al. (2011) (Figura 7). Esta escala varia de 0-10, no qual o 10 é muito bem recuperado e 0 muito mal recuperado. A PSR, de acordo com Laurent et al. (2011), pode ser uma ferramenta útil na identificação de sinais precoces de *overtraining*, antes mesmo do diagnóstico de outros sintomas estabelecidos pela síndrome.

OMNI	Escala de Percepção de Recuperação	Expectativa
10	Muito Bem Recuperado / Altamente Energético	Expectativa de Desempenho Aumentado
9		
8	Bem Recuperado / Um pouco Energético	
7		Expectativa de Desempenho Similar
6	Moderadamente Recuperado	
5	Adequadamente Recuperado	
4	Um Pouco Recuperado	
3		Expectativa de Desempenho Diminuído
2	Não Bem Recuperado / Um pouco Cansado	
1		
0	Muito Mal Recuperado / Extremamente Cansado	

Figura 7. Escala de percepção de recuperação de Laurent et al. (2011).

3.6 Tratamento dos dados de força

Os dados de torque ($N.m^{-1}$) foram exportados do software *Biodex Advantage* e tratados em uma rotina elaborada em ambiente MatLab (MathWorks, Natick, Massachusettes, USA). Inicialmente, os dados de torque foram filtrados por um filtro *Butterworth* de quarta ordem passa-baixa de 20 Hz, enquanto que os dados angulares foram filtrados por um filtro *Butterworth* de quarta ordem passa-baixa de 10 Hz. Em seguida foram calculadas as seguintes variáveis: a) pico de torque na rotação externa do ombro (PT_{EX}); b) pico de torque na rotação interna do ombro (PT_{IN}); c) razão entre o pico de torque de rotação externa e interna ($RE:RI$); proporção de força entre os músculos agonista e antagonista (ELLENBECKER; DAVIES, 2000); d) ângulo de torque de rotação externa (APT_{EX}): ângulo em que ocorre o pico de

torque externo; e) ângulo de torque de rotação interna (APT_{IN}): ângulo em que ocorre o pico de torque externo.

O sinal de força de reação do solo (FRS) no CMJ foi exportado do software *Quattro Jump* e tratado em uma rotina elaborada em ambiente MatLab. O sinal foi filtrado por um filtro *Butterworth* de quarta ordem passa-baixa de 20 Hz. Foram identificadas as seguintes variáveis: a) altura do salto: calculada por meio do método da dupla integração da força; utilizou-se a média da altura obtida nas três tentativas de cada avaliação; b) potência média (PM): valor médio de potência obtido nas três tentativas de cada avaliação; c) força máxima (F_{MAX}): pico de força obtido na fase concêntrica do CMJ.

3.7 Análise estatística

A fim de verificar a reprodutibilidade das medidas obtidas pelo dinamômetro isocinético e pela plataforma de força utilizou-se o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) entre as três primeiras tentativas no pré-teste e o erro padrão de estimativa (EPE). Para apresentação dos dados foi utilizada estatística descritiva (média e desvio-padrão). A normalidade dos dados e dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk. A esfericidade de dados foi assumida de acordo com os resultados do teste de Mauchly. Para verificar se houve diferença entre as variáveis neuromusculares, bioquímicas, percepção de dor e escala de recuperação pré e pós-treino foi utilizado o teste t para amostras dependentes (dados paramétricos) ou teste de Wilcoxon (dados não-paramétricos). Para verificar as diferenças entre as variáveis neuromusculares pré e pós-lutas foi utilizada análise de variância para medidas repetidas com *post-hoc* de Bonferroni. Foi adotado nível de significância de 5% para todos os testes e o software utilizado para as análises foi o SPSS *Statistics* 17.0. Adicionalmente foi calculado o *effect size* (tamanho do efeito) e poder estatístico (PO) dos testes por meio do software G*Power 3.1. Utilizou-se os seguintes critérios de classificação para o *effect size*: < 0,1 trivial; 0,1-0,3 = trivial/pequeno; 0,3-0,5 = pequeno; 0,5-0,7 = pequeno/moderado; 0,7-1,1 = moderado; 1,1-1,3 = moderado/grande; 1,3-1,9 = grande; 1,9-2,1 = grande/muito grande e; > 2,1 efeito muito grande (BATTERHAM; HOPKINS, 2006).

4. RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados do estudo 1 (Efeitos da sequência das lutas em indicadores de fadiga e dano muscular) e, posteriormente os resultados do estudo 2 (Efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular).

4.1 Estudo 1: Efeitos da sequência das lutas em indicadores de fadiga e dano muscular

Na sequência das lutas foram analisados o pico de torque e o ângulo do pico de torque no movimento de rotação externa/interna de ombro no momento pré-luta, após a primeira, segunda e terceira lutas. Com relação às medias de reprodutibilidade, os valores do coeficiente de correlação intraclasse (CCI) das três primeiras tentativas na pré-luta ficaram entre 0,98-0,99 para as variáveis analisadas, mostrando alta reprodutibilidade. Os valores de erro padrão de estimativa (EPE) ficaram entre 2,9-4,3% para todas as variáveis de torque.

Na Tabela 2 estão apresentados os valores de pico de torque na rotação externa (PT_{EX}) e interna (PT_{IN}) do ombro, a razão entre torque externo e interno ($RE:RI$) e o ângulo de torque externo (APT_{EX}) e interno (APT_{IN}) no momento de pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3. Pode-se observar diminuição de 6,5% no PT_{EX} e 5,8% no PT_{IN} na pós-luta 2 ($p = 0,01$; $p = 0,01$, respectivamente) e 5,3% no PT_{EX} e 3,9% no PT_{IN} na pós-luta 3 ($p = 0,03$; $p = 0,02$, respectivamente) em relação à pré-luta. Um efeito moderado foi observado no PT_{EX} e pequeno/moderado efeito no PT_{IN} após a luta 3 em relação ao repouso. Não houve diferença significativa na $RE:RI$, APT_{EX} e APT_{IN} entre as lutas. Desse modo, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, aceita-se H_1 que indicava diminuição do torque isocinético no decorrer das lutas.

Tabela 2. Parâmetros do torque na rotação externa e interna do ombro no momento de pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3.

	Pré-luta	Pós-luta 1	Pós-luta 2	Pós-luta 3	F(p)	ES
PT _{EX} (N.m)	45,85 ± 8,33	44,05 ± 9,15	42,87 ± 8,79 *	43,40 ± 8,45 *	7,19 (<0,01)	0,78
PT _{IN} (N.m)	62,18 ± 16,86	61,45 ± 18,89	58,56 ± 15,94 *	59,73 ± 19,12 *	3,27 (0,02)	0,50
RE:RI	0,75 ± 0,11	0,74 ± 0,10	0,76 ± 0,11	0,76 ± 0,14	0,93 (0,43)	0,15
APT _{EX} (°)	55,62 ± 6,95	55,27 ± 5,09	55,72 ± 6,31	54,49 ± 5,56	0,42 (0,62)	0,24
APT _{IN} (°)	27,85 ± 9,56	29,84 ± 9,60	31,11 ± 11,0	29,29 ± 10,98	1,19 (0,32)	0,14

Nota: PT_{EX} = pico de torque na rotação externa; PT_{IN} = pico de torque na rotação interna; RE:RI = razão entre torque externo e interno; APT_{EX} = ângulo de torque externo; APT_{IN} = ângulo de torque interno; ES = *effect size* entre pré-luta e pós-luta 3.

* Significativamente diferente da pré-luta.

Além das variáveis de torque, foram analisados parâmetros neuromusculares obtidos no CMJ (altura do salto, potência média e pico de força). A reprodutibilidade das três primeiras avaliações no pré-teste foram reportadas pelo CCI, que ficou entre 0,98-0,99 para as variáveis analisadas, mostrando alta reprodutibilidade. Os valores de EPE ficaram entre 1,7-2,2% para todas as variáveis.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores de altura, potência média (PM) e pico de força (F_{MAX}) obtido no CMJ no momento de pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3. Verificou-se diminuição de 3,6% nos valores da altura na pós-luta 2 (p = 0,002) e 3,2% pós-luta 3 (p = 0,008) em relação a pré-luta. Além disso, observou-se redução de 2,7% na pós-luta 2 (p = 0,02) e 2,3% na pós-luta 3 (p = 0,04) em comparação com a pós-luta 1. Foi verificado efeito moderado da altura do salto na pós-luta 3 em relação ao repouso e pequeno/moderado efeito em relação a pós-luta 1. Não houve diferença significativa na PM e F_{MAX} após a sequência de lutas. Assim, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, aceita-se H₂, que afirmava haver redução na altura do salto após a sequência de lutas.

Tabela 3. Parâmetros neuromusculares do CMJ obtidos na pré-luta, pós-luta 1, pós-luta 2 e pós-luta 3.

	Pré-luta	Pós-luta 1	Pós-luta 2	Pós-luta 3	F(p)	ES
H	45,4 ±	44,9 ±	43,7 ±	43,9 ±	10,41	0,88
(cm)	5,2	5,6	5,8 *#	6,1*#	(<0,01)	
PM	27,7 ±	27,9 ±	27,5 ±	27,4 ±	1,04	0,15
(W.kg ⁻¹)	3,9	3,6	4,4	3,9	(0,61)	
F _{MAX}	23,2 ±	23,7 ±	23,4 ±	23,5 ±	1,07	0,21
(N.kg ⁻¹)	2,43	2,0	2,3	2,0	(0,37)	

Nota: H = altura no CMJ; PM = potência média no CMJ; F_{MAX} = pico de força na fase concêntrica do CMJ; ES = *effect size* entre pré-luta e pós-luta 3.

*Significativamente diferente da pré-luta; # Significativamente diferente da pós-luta 1.

No momento pré-luta e pós-luta 3 foram analisadas as concentrações séricas das enzimas CK e LDH, conforme demonstrado na Figura 8. Foi observado aumento de 28,7% da CK (pré-luta = 357,72 ± 178,12 U.L⁻¹; pós-luta 3 = 460,44 ± 192,61 U.L⁻¹; ES = 1,56 – moderado/grande efeito; PO = 1) e 26,8% da LDH (pré-luta = 237,40 ± 72,99 U.L⁻¹; pós-luta 3 = 301,0 ± 102,45 U.L⁻¹; ES = 0,86 – moderado efeito; PO = 0,89) após a sequência de lutas. Portanto, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, aceita-se H₃, que afirmava haver aumento da concentração das enzimas CK e LDH após as lutas.

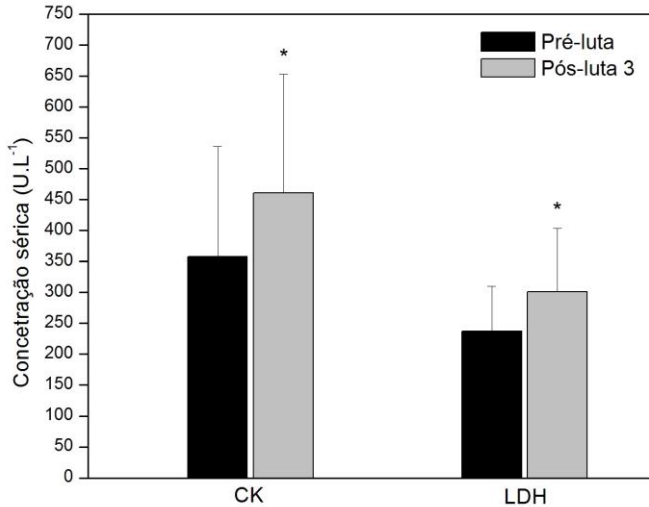


Figura 8. Concentrações séricas das enzimas CK e LDH antes da primeira e após a terceira luta.

* $p < 0,05$.

4.2 Estudo 2: Efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular

Para análise dos efeitos da sessão de treino em indicadores de dano muscular inicialmente foram obtidas algumas medidas que caracterizam a carga interna de treino. Para isso foi utilizado o método da Percepção Subjetiva de Esforço da sessão (PSE) e concentração de lactato sanguíneo. A carga interna no treino, obtida pelo PSE, foi de $706,5 \pm 79,51$ unidades arbitrárias (PSE = 8; tempo total da sessão: 90 min).

A Figura 9 mostra a concentração de lactato sanguíneo obtida antes ($1,25 \pm 0,32$ mmol.L⁻¹), no terceiro ($8,60 \pm 2,37$ mmol.L⁻¹) e no quinto minuto ($7,75 \pm 2,59$ mmol.L⁻¹) após a sessão de treino. Foram observadas diferenças significativas entre todas as medidas ($p < 0,01$).

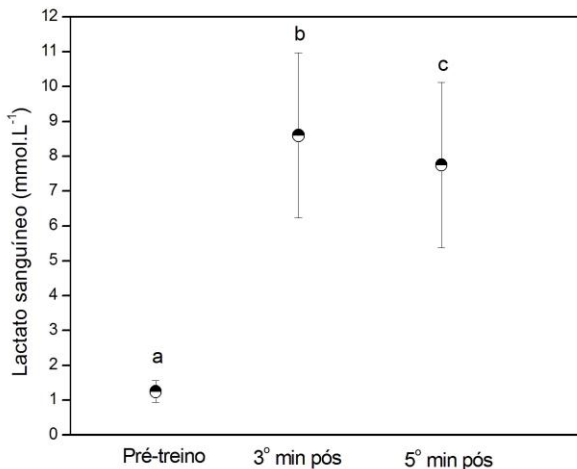


Figura 9. Concentrações de lactato sanguíneo no pré-treino, no terceiro e no quinto minutos após a sessão de treino. Letras diferentes mostram diferença significativa ($p < 0,01$).

Na Tabela 4 estão apresentados os valores de pico de torque na rotação externa (PT_{EX}) e interna (PT_{IN}) do ombro, razão entre torque externo e interno ($RE:RI$) e ângulo de torque externo (APT_{EX}) e interno (APT_{IN}) no momento antes do treino e 48h após a sessão. Pode-se observar que não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis antes e 48h após o treino. Desse modo, aceita-se a hipótese nula e rejeita-se H_4 , quando afirmava que haveria diminuição do torque isocinético 48h pós-treino.

Tabela 4. Parâmetros de torque na rotação externa e interna do ombro mensurados no pré-treino e 48h pós-treino.

	Pré-treino	48h pós-treino	p	ES	PO
PT _{EX} (N.m)	54,33 ± 8,10	55,25 ± 8,69	0,13	0,38	0,29
PT _{IN} (N.m)	64,85 ± 9,54	64,21 ± 8,63	0,36	0,12	0,10
RE:RI	0,84 ± 0,08	0,90 ± 0,09	0,07	0,53	0,66
APT _{EX} (°)	51,57 ± 3,56	53,91 ± 4,56	0,18	0,56	0,50
APT _{IN} (°)	26,3 ± 11,03	26,02 ± 9,86	0,47	0,10	0,08

Nota: PT_{EX} = pico de torque na rotação externa; PT_{IN} = pico de torque na rotação interna; RE:RI = razão entre torque externo e interno; APT_{EX} = ângulo de torque externo; APT_{IN} = ângulo de torque interno; ES = *effect size*; PO = poder observado.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de altura do salto, potência média (PM) e pico de força (F_{MAX}) obtida no CMJ no pré-treino e 48h pós-treino. Observou-se redução significativa de 2,9% nos valores de altura após a sessão de treino e moderado efeito. Nas demais variáveis não foram verificadas alterações. Assim, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se H₅, que afirmava que a sessão de treino provocaria diminuição da altura no CMJ.

Tabela 5. Parâmetros neuromusculares do CMJ obtidos no pré-treino e 48h pós-treino.

	Pré-treino	48h pós-treino	p	ES	PO
H (cm)	46,61 ± 5,93	45,27 ± 5,6*	0,02	0,80	0,75
PM (W.kg ⁻¹)	27,86 ± 4,96	28,07 ± 4,10	0,33	0,14	0,11
F _{MAX} (N.kg ⁻¹)	23,51 ± 3,09	23,58 ± 4,30	0,48	0,02	0,05

Nota: H = altura no CMJ; PM = potência média no CMJ; F_{MAX} = pico de força na fase concêntrica do CMJ; ES = *effect size*; PO = poder observado. * Significativamente diferente do pré-treino.

Além dos indicadores neuromusculares, foram avaliadas a percepção subjetiva de dor e de recuperação antes do treino e 48h pós-treino (Figura 10). Pode-se observar aumento significativo da dor (pré-treino = 0,7 ± 1,1; pós-treino = 3,4 ± 2,0; p = 0,003; ES = 1,36 – moderado/grande efeito; PO = 0,99) e diminuição da percepção de

recuperação (pré-treino = $9,0 \pm 1,1$; pós-treino = $7,1 \pm 0,9$; $p = 0,01$; $ES = 2,43$ – efeito muito grande; $PO = 1$). Desse modo, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se H_6 , que afirmava que haveria aumento da dor tardia e diminuição da percepção de recuperação 48h após a sessão de treino.

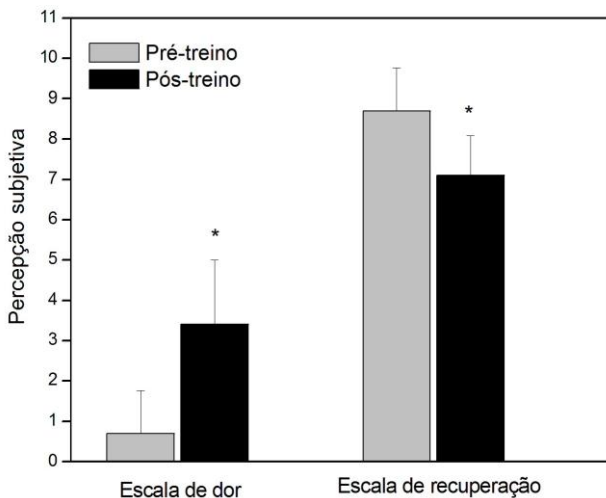


Figura 10. Percepção subjetiva de dor e de recuperação (PSR) antes e 48h após a sessão de treino. * $p < 0,01$.

Na Figura 11 está apresentada a concentração sérica da enzima CK antes ($188,10 \pm 99,4 \text{ U.L}^{-1}$) e 48h pós-treino ($281,0 \pm 176,5 \text{ U.L}^{-1}$), no qual foi observado aumento de 49,4% ($p = 0,01$; $ES = 0,88$ – moderado efeito; $PO = 0,91$) 48h após o treino. Em função disso, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se H_7 , que indicava aumento da CK 48h pós-treino.

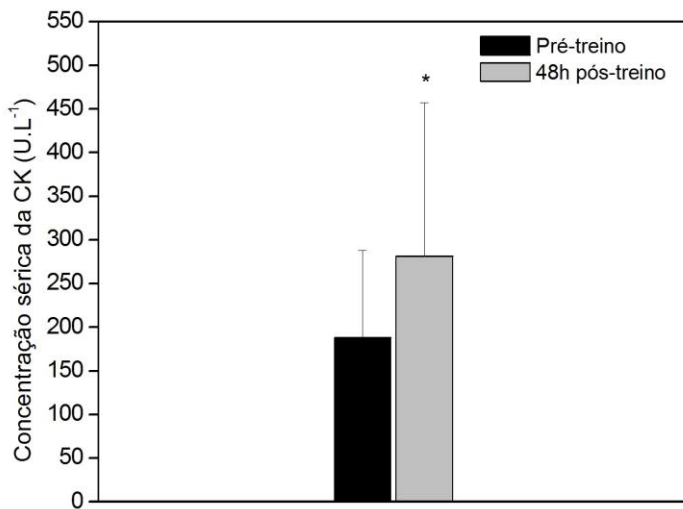


Figura 11. Concentração sérica da enzima CK antes e 48 após a sessão de treino; * $p < 0,01$.

5. DISCUSSÃO

5.1 Estudo 1

A primeira etapa desta tese (estudo 1) teve como objetivo analisar os efeitos da sequência de três lutas sobre o torque isocinético (movimento de rotação externa/interna do ombro), o desempenho no CMJ e as concentrações séricas das enzimas CK e LDH.

Em relação ao torque, analisou-se no presente estudo os movimentos de rotação externa e interna do ombro, visto serem ações amplamente utilizadas durante as lutas. A rotação externa, por exemplo, é observada principalmente quando o judoca puxa a manga do *judogi* do seu adversário tentando provocar sua queda (RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012). Já o movimento de rotação interna do ombro pode ser observado em situações de movimentação para manter a distância entre o judoca e seu oponente.

A fim de caracterizar o grupo de judocas do estudo quanto ao nível de força apresentado, confrontou-se os valores de pico de torque com os de estudo prévio que analisou judocas de nível competitivo semelhante (RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012). Os valores de pico de torque no movimento de rotação externa (PT_{EX}) e interna (PT_{IN}) obtidos no presente estudo assemelharam-se aos reportados no referido estudo em judocas portuguesas, para a mesma velocidade angular ($180^\circ/s$). De acordo com os autores, o pico de torque nesse movimento foi superior em judocas quando comparado a não-judocas, o que sugere que o movimento de rotação externa/interna de ombro é influenciado pelo treinamento específico da modalidade.

Analisando os efeitos da fadiga gerada pelas lutas sobre os picos de torque, verificou-se diminuição significativa do PT_{EX} e PT_{IN} após a luta 2 e 3 em relação à pré-luta, indicando que não houve completa restauração da força após as lutas. A magnitude da redução do PT_{EX} foi de 6,5% e 5,3% após as lutas 2 e 3, respectivamente, enquanto no PT_{IN} a redução foi 5,3% e 3,9% após as lutas 2 e 3, respectivamente.

Os efeitos agudos das lutas de judô em parâmetros neuromusculares dos membros superiores já foram investigados em pesquisas anteriores (IGLESIAS et al., 2003; CARBALLEIRA; IGLESIAS, 2007; BONITCH-GÓNGORA et al., 2012), porém este é o primeiro estudo a analisar as implicações das lutas sobre o torque isocinético durante ações funcionais envolvendo os membros superiores. Um dos primeiros estudos a investigar a força de preensão manual após 2 combates foi o de Iglesias et al. (2003), os quais observaram

diminuição de 5% na força após o primeiro combate e 15% após o segundo. Por sua vez, Carballeira e Iglesias (2007) verificaram redução da força máxima no exercício de supino após um combate, apontando a ocorrência de fadiga nos membros superiores. Bonitch-Góngora et al. (2012) submetem judocas a quatro lutas de 5 minutos e avaliaram as alterações na força de preensão manual. Os autores observaram diminuição significativa na força após o terceiro e quarto combates em comparação com os valores de repouso.

Em outras modalidades de lutas também foi reportada diminuição da força após situações de combate. Andreato et al. (2013) verificaram diminuição de 11 e 16% da força isométrica máxima de preensão manual na mão direita e esquerda, respectivamente, após uma luta de jiu-jitsu. Na luta greco-romana, Kraemer et al. (2001) analisaram variáveis neuromusculares durante um torneio e perceberam diminuição na capacidade de gerar força em diversos testes (preensão manual, salto vertical e testes isométricos). Em estudo similar com lutadores, Barbas et al. (2011) observaram diminuição progressiva da força, com prejuízos de força mais acentuados nos membros superiores (força de preensão manual) do que nos inferiores (salto vertical) ao longo de um dia de torneio. Estes resultados sugerem que os combates podem induzir a significativas demandas fisiológicas que afetam negativamente o desempenho, especialmente nas fases finais do torneio.

No presente estudo a redução do pico de torque foi observada a partir da segunda luta. De acordo com Franchini, Artioli e Brito (2013), a maior parte do tempo na luta de judô é gasta com movimentação e disputa de pegada, a qual requer altos níveis de força isométrica e de resistência de força nos membros superiores. Neste sentido, considerando que todos os atletas realizaram três lutas durante 5 min (tempo oficial), pode-se sugerir que a elevada força exercida poderia explicar o aparecimento da fadiga já após a segunda luta, permanecendo esse quadro também no terceiro combate.

A razão entre os picos de torque (RE:RI) foi outra variável analisada neste estudo, a qual indica a proporcionalidade de força muscular entre os músculos agonistas do movimento de rotação externa e interna do ombro (ELLENBECKER; DAVIES, 2000). Os judocas avaliados no presente estudo apresentaram RE:RI entre 0,66-0,75, sendo considerada segundo Alderink e Kuck (1996) adequada para esses grupos musculares. Ao analisar os efeitos da fadiga sobre a RE:RI, não se verificou alterações ao longo das lutas. Assim, embora tenha ocorrido redução dos picos de torque, a razão entre eles permaneceu inalterada, indicando que o equilíbrio muscular entre os músculos rotadores do

ombro não foi afetado pela fadiga. As implicações disto são bastante relevantes para o esporte em questão, pois níveis adequados de razão de torque auxiliam na manutenção da estabilidade articular, prevenindo lesões, além de possibilitar a manutenção da eficiência na execução das ações do judô, que envolvem os movimentos de rotação do ombro (RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012).

Em relação aos ângulos em que ocorreram os PT_{EX} e PT_{IN} , pode-se observar que os mesmos ocorreram entre 15° - 27° de rotação. De acordo com Bobbert et al. (2008), a posição angular de uma articulação envolvida no movimento pode indicar o comprimento muscular em que está ocorrendo a produção de força. Variações nestas posições poderão influenciar a magnitude do torque gerado pelo músculo. Está relatado que quando as fibras musculares encontram-se em comprimentos muito encurtados ou muito alongados há menor interação entre as pontes cruzadas (actina e miosina), diminuindo a capacidade de produção de força (GORDON; HUXLEY; JULIAN, 1966). Porém, não foram encontrados outros estudos que analisassem os valores angulares de rotação externa/interna do ombro para que pudessem ser comparados aos desta investigação.

A fadiga nos músculos rotadores do ombro parece não ter influenciado a posição angular em que ocorreu o pico de torque (APT_{IN} e APT_{EX}). Alterações nesta variável em função da fadiga têm sido normalmente associada a lesões musculares (PROSKE; MORGAN, 2001; PROSKE et al., 2004). Tem sido observado que o músculo fadigado ou lesionado excentricamente tende a ter o pico de torque em ângulos maiores, ou seja, em comprimentos musculares mais alongados (BROCKETT; MORGAN; PROSKE, 2001). Esta seria uma adaptação neuromuscular protetiva contra a lesão muscular. De acordo com Brockett, Morgan e Proske (2001), a adição de sarcômeros em série permite que as fibras musculares trabalhem em comprimentos mais longos, evitando o ramo descendente da curva comprimento-tensão, que é a região de maior instabilidade e mais susceptível a danos.

Além dos parâmetros investigados nos membros superiores, também foi analisada a influência da fadiga gerada nas lutas sobre variáveis neuromusculares obtidas no salto vertical, como o desempenho (altura do salto), a potência e a força produzida. Quando comparadas essas variáveis antes e após as lutas, observou-se redução significativa apenas da altura do salto após a luta 2 e 3 (redução de 3,6 e 3,2%, respectivamente) quando comparado à pré-luta.

Os mecanismos da fadiga são dependentes de alguns aspectos como a tarefa-dependência considerando, por exemplo, o tipo de

contração muscular (ENOKA; STUART, 1992). Na maior parte do tempo durante as lutas de judô, os membros inferiores realizam ações concêntricas e excêntricas que envolvem o ciclo alongamento-encurtamento (CAE). Por exemplo, diversas técnicas de projeção no judô utilizam os movimentos de flexão e extensão de joelhos, ou seja, há uma fase excêntrica antes de uma concêntrica (DETANICO et al., 2012a). Sabe-se que as ações concêntricas e isométricas dependem basicamente do nível de ativação muscular (elementos ativos), enquanto a contração excêntrica depende tanto da capacidade de ativação muscular quanto da energia elástica armazenada nos elementos passivos do músculo esquelético (KRONBAUER; CASTRO, 2013).

Em atividades intensas e prolongadas envolvendo o CAE ocorre diminuição da capacidade contrátil da fibra, assim como a perda de energia elástica armazenada no tecido conectivo, causada pelo aumento da rigidez dos tendões (DE ZEE; BOJSEN-MOLLER; VOIGT, 2000). Essa redução do potencial elástico do músculo aumenta a necessidade de mais energia metabólica para um novo encurtamento muscular (KOMI, 2000), causando desequilíbrios eletroquímicos da fibra muscular e provocando prejuízos na sua capacidade contrátil. Nesse sentido, atividades prolongadas e intensas contendo ações combinadas excêntricas-concêntricas (CAE), como as lutas de judô, podem afetar a capacidade de produzir força, principalmente excêntrica. Assim, acredita-se que este seja o principal mecanismo de indução à fadiga nos membros inferiores observada nos judocas deste estudo.

Por outro lado, pesquisas prévias não observaram diferença na altura do CMJ tanto após uma luta (CARBALLEIRA; IGLESIAS, 2007) quanto após duas lutas de judô (IGLESIAS et al., 2003). Em outra investigação, Bonitch-Domínguez et al. (2010) verificaram não haver mudança no pico de potência, obtido em teste máximo de agachamento, após quatro combates de judô. Segundo os autores, os membros inferiores são menos solicitados durante as lutas quando comparado aos membros superiores, o que poderia explicar tais resultados.

Diferentemente da altura do salto, a PM e a F_{MAX} não apresentaram alteração no decorrer das lutas. De acordo com Markovic e Jaric (2007), a altura do salto é considerada um indicador absoluto de potência, que independe das dimensões corporais (massa corporal, percentual de gordura, entre outros) e, segundo os autores, parece ser um parâmetro mais sensível para detectar efeitos de treinamento, nível competitivo ou, como avaliado neste estudo, efeitos da fadiga muscular. No presente estudo, os valores de potência e força foram normalizados pela massa corporal, a fim de possibilitar inferências estatísticas.

Mesmo assim, esses índices parecem não serem sensíveis o suficiente para detectar pequenas mudanças, como ocorreu na altura do salto.

Ao avaliar os efeitos da sequência das lutas sobre as concentrações séricas da CK e LDH, foi observado aumento de 26,8% da LDH e de 28,7% da CK após as lutas quando comparado aos valores pré-lutas. Esses resultados indicam que o esforço das lutas sucessivas foi capaz de provocar danos musculares. A concentração sérica aumentada das enzimas CK e LDH após um esforço em relação ao repouso indica que houve diminuição da resistência ou até rompimento na membrana sarcoplasmática, provocando o extravasamento dessas enzimas e de outras proteínas do meio intracelular para o meio intersticial (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; FOSCHINI et al., 2007). Assim, elevadas concentrações dessas enzimas no soro são marcadores clínicos de dano no tecido esquelético.

Os principais determinantes do dano muscular incluem a intensidade e duração do esforço (HARTMANN; MESTER, 2000) e o tipo de ação muscular realizada. A contração excêntrica é tida como a maior causadora de dano muscular em comparação a exercícios isométricos e concêntricos (BROWN; CHILD; DONNELLY, 1997; BYRNE; ESTON, 2002a,b; TWIST; ESTON, 2005). Segundo Byrne, Twist e Eston (2004), nas ações excêntricas há uma maior sobrecarga imposta, ocasionando maior stress mecânico nas estruturas musculares. Além disso, ações excêntricas contribuem ativamente no CAE e, portanto danos musculares são comuns durante exercícios prolongados ou intensos envolvendo o mesmo. A luta de judô contém ações funcionais, que envolvem contrações isométricas, puramente concêntricas e excêntricas, esta última ocorrendo durante o CAE. Dessa forma, acredita-se que as ações musculares, principalmente aquelas utilizando o CAE, somada à alta intensidade e duração do esforço provocaram o aumento das concentrações séricas da CK e LDH.

Confrontando os resultados do presente estudo com a literatura, Ribeiro et al. (2006) reportaram aumento de 39,9% da CK logo após uma luta de 5 min, além do aumento das enzimas hepáticas ALT e AST após as lutas, as quais indicam que o esforço foi em alta intensidade. Em atletas de jiu-jitsu, Andreato et al. (2012) observaram aumento da LDH e ALT após uma luta, apontando que o esforço provocou danos musculares, provavelmente em função da alta intensidade da luta. Em lutadores (*wrestlers*) foi observado aumento da CK de modo linear após cinco combates (KRAEMER et al., 2001) e após um dia de torneio (BARBAS et al., 2011).

Por último, é importante ressaltar que o pico de concentração da CK e LDH ocorre geralmente entre 24-96 h após o esforço (BYRNE; ESTON, 2002a,b; SUZUKI et al., 2004; TWIST; ESTON, 2005; COOKE et al., 2009; HOWATSON; MILAK, 2009; BARONI et al., 2010). Desse modo, acredita-se que os valores encontrados de CK e LDH não tenham sido seus valores de pico, visto que o extravasamento dessas enzimas continua aumentando em até 96 h.

De maneira geral, verificou-se que três lutas em sequência foram causadoras de fadiga tanto nos membros superiores quanto inferiores e capazes de provocar danos na musculatura esquelética. Nesse sentido, é importante que sejam tomadas medidas, a fim de retardar o aparecimento dos fatores deletérios associados à fadiga e ao dano muscular. Estas medidas devem ser trabalhadas em duas vias. Primeiro, considerando que o estado de treinamento aumenta a resistência da fibra muscular à fadiga e ao dano estrutural (NOSAKA; CLARKSON, 1995; BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007) e que ocorreram reduções de torque nos membros superiores, uma atenção especial no treinamento deveria ser dada para a resistência de força. Já para os membros inferiores, tendo em vista a diminuição da potência, o treinamento da chamada “resistência à força rápida”, conforme preconizado por Bosco (2007), poderia auxiliar na manutenção de níveis ótimos de potência muscular de membros inferiores ao longo das lutas.

Na segunda via pode-se pensar em mecanismos ou estratégias durante as competições que retardem o aparecimento da fadiga e melhore a recuperação neuromuscular. Nessa perspectiva, Hamdi et al. (2013) testaram três tipos de recuperação: passiva, ativa (corrida a 50% do VO_{2max}) e combinação ativa/passiva após quatro lutas sucessivas de judô. Foi verificado que a combinação ativa/passiva resultou nas melhores performances nos saltos verticais (CMJ e SJ), força de preensão manual e força isométrica máxima dorsal quando comparado à recuperação passiva.

Por outro lado, Franchini et al. (2003) analisaram os efeitos de recuperação ativa (corrida a 50% do VO_{2pico}) e passiva após uma luta de judô em 4 testes de Wingate para membros superiores e não encontraram diferença na potência (Wingate) entre os tipos de recuperação. Em estudo semelhante, Franchini et al. (2009) testaram o efeito da recuperação ativa e passiva após uma luta de judô no teste de Wingate para membros superiores, no *Special Judo Fitness Test* (SJFT) e no desempenho de outra luta. Os resultados indicaram que o tempo de intervalo (15 min) foi suficiente para recuperar a potência e capacidade

anaeróbia (desempenho no teste de Wingate) e manter o desempenho em teste específico (SJFT), independente do tipo de recuperação. Porém os autores observaram que a razão de chance de ganhar uma luta aumentou dez vezes quando um judoca realizava recuperação ativa após uma luta e seu oponente realizava recuperação passiva. Assim, para dados mais concretos é importante que sejam investigados diferentes tipos de recuperação entre lutas sucessivas, de preferência em situação competitiva, a fim de aumentar a validade ecológica.

Além do tipo de recuperação, alguns estudos têm investigado se a ingestão de suplementos pode melhorar a recuperação em atividades específicas do judô. Artioli et al. (2007) verificaram que com a ingestão de carboidrato os judocas conseguiram manter o desempenho (número de arremessos) em três avaliações seguidas do *Special Judo Fitness Test* (SJFT) com 5 min de intervalo, sendo esses valores superiores ao do grupo controle. No entanto, em estudo analisando três lutas em sequência com 15 min de recuperação entre elas, não foram observadas alterações nas características temporais das lutas (tempo de esforço, tempo de recuperação, tempo de luta em pé e tempo de luta de solo) e na percepção subjetiva de esforço entre o grupo que ingeriu carboidrato e o controle (ARTIOLI et al., 2006). Em outra investigação, Sterkowicz et al. (2012) não encontraram diferença no desempenho do SJFT antes e após 6 semanas de treinamento de campo entre o grupo que ingeriu creatina-malato e o controle. Desse modo, não há resultados conclusivos a respeito da utilização de suplementos, a fim de melhorar a capacidade de recuperação e, conseqüentemente, o desempenho nas lutas competitivas.

5.2 Estudo 2

O estudo 2 teve como objetivo analisar os efeitos de uma sessão de treino de judô no torque isocinético (movimento de rotação externa/interna do ombro), no desempenho do CMJ e na concentração sérica da enzima CK. As avaliações foram realizadas antes e 48 h após a sessão de treino. Esse período foi escolhido em função de que, normalmente, atletas de judô realizam treinos técnico/tático entre 3-6 vezes na semana, se considerarmos não-élite e elite, respectivamente. A amostra do estudo foi composta por atletas de não-élite que, em sua maioria, treinava três vezes na semana.

Com o intuito de determinar a carga interna de esforço durante a sessão de treino utilizou-se a percepção subjetiva de esforço (PSE) e concentrações de lactato sanguíneo. Essas medidas têm sido amplamente utilizadas nas modalidades de lutas e são consideradas válidas na identificação da carga interna de esforço (SERRANO et al., 2001; BONITCH et al., 2005; MILANEZ et al.; 2011a; MILANEZ et al.; 2011b; PERANDINI et al., 2012). Em relação à PSE, observou-se que, em média, os valores foram classificados como “muito difícil” (PSE = 8). Estudo prévio também encontrou valor similar ao final de uma sessão de treino no judô (BRITO et al., 2011), o que confirma a alta intensidade dos treinos, conforme a percepção dos atletas.

Em relação às concentrações de lactato sanguíneo obtidas pós-esforço, verificou-se valores de $8,60 \pm 2,37 \text{ mmol.L}^{-1}$ no terceiro minuto de recuperação, sendo maior ao mensurado pré-treino ($1,25 \pm 0,32 \text{ mmol.L}^{-1}$). Viveiros et al. (2011) encontraram concentrações de lactato, em média, de 7 mmol.L^{-1} analisando 4 de sessões de treino de judô (mensurado logo após a sessão). As concentrações de lactato sanguíneo pós-esforço costumam ser utilizadas para indicar a taxa de participação da glicólise anaeróbia (LACOUR et al., 1990). Com base na classificação de Buchheit e Laursen (2013), os valores encontrados neste estudo indicam moderada participação glicolítica ($6-10 \text{ mmol.L}^{-1}$). No entanto, esse indicador isoladamente apresenta limitações para estimar a intensidade do esforço, como o efeito da aptidão aeróbia e a pobre associação entre lactato sanguíneo e muscular, especialmente em exercícios intermitentes de alta intensidade (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Em função da característica intermitentes da sessão de treino, há elevada taxa de produção de energia pela fonte anaeróbia alática, visto que o metabolismo aeróbio possibilita a recuperação parcial da fosfocreatina nos intervalos (BISHOP; EDGE; GOODMAN, 2004).

Dessa forma, apesar da moderada participação glicolítica, as fontes anaeróbias aláticas podem sustentar o esforço em intensidade elevada (GAITANOS et al., 1993; BOGDANIS et al., 1996).

Neste estudo a sessão de treino foi composta de exercícios que priorizaram força e resistência muscular (não-específicos do judô), exercícios específicos do judô, como entrada de técnica (*uchi-komi*), repetitivos ataques com projeção (*nage-komi*) e simulação de luta (*randori*). Alguns estudos têm se preocupado em analisar essas etapas da sessão de treino separadamente. Franchini et al. (2008) investigaram a contribuição energética em exercício de *nage-komi* durante 5 min contínuos, verificando que a via aeróbia foi responsável por aproximadamente 82% da contribuição energética, seguida pela via anaeróbia alática (15%) e anaeróbia láctica (1,5%). No presente estudo, o *nage-komi* foi realizado com 5 séries de 1 min com 1 min de intervalo entre as mesmas. Apesar do tempo total de esforço ter sido o mesmo que o utilizado no estudo de Franchini et al. (2008) (5 min), provavelmente houve maior participação anaeróbia durante a atividade devido aos intervalos entre as séries.

Considerando o *uchi-komi*, Sikorski (1985) verificou que o protocolo intermitente (10 séries/10 repetições durante 5 min com 20s de intervalo) exigiu maior demanda glicolítica ($[Lac] = 14,4 \text{ mmol.L}^{-1}$) quando comparado a protocolo contínuo (ritmo autoselecionado de repetições durante 5 min) ($[Lac] = 4,6 \text{ mmol.L}^{-1}$). Já em protocolos de *uchi-komi* máximos de 5 min (*all-out*) foi reportado valor de lactato sanguíneo de 8 mmol.L^{-1} (PUJADAS et al., 2002). É importante destacar que nesse tipo de protocolo ocorreu moderada contribuição da via anaeróbia láctica quando comparado ao protocolo intervalado de Sikorski (1985), porém superior ao protocolo contínuo de ritmo autoselecionado do mesmo autor. No presente estudo foram realizadas 5 séries de 20, 10 e 8 repetições, com intervalos que variaram entre 10-30s, considerando o *uchi-komi* estático e em deslocamento. Pela característica do protocolo intervalado, acredita-se que o treino de *uchi-komi* tenha exigido maior demanda anaeróbia, similar ao protocolo intermitente de Sikorski (1985).

A última etapa da sessão de treino foi o *randori*, sendo a atividade que mais se aproxima das lutas em situação competitiva. Em função disso, acredita-se que seja a atividade mais intensa da sessão. Tem sido relatado concentrações de lactato entre 8 e 14 mmol.L^{-1} no *randori* em pé de 5 min (DETANICO; SANTOS, 2012). Contudo, ao investigar *randori* em sequência, Branco et al. (2013) analisaram 4 *randori* de 5 min com 5 min de intervalo e observaram valores de

lactato de 8,2 mmol.L⁻¹ na primeira luta, 7,7 mmol.L⁻¹ na segunda luta, 7,1 mmol.L⁻¹ na terceira e 7,6 mmol.L⁻¹ na quarta luta. Em outro estudo, Franchini et al. (1998) encontraram valores superiores (próximos a 11 mmol.L⁻¹) em três lutas de 4 min com intervalos próximos a 20 min. Analisando lutas de solo de 2 min com 1,5 min de intervalo, Drigo et al. (1996) encontraram concentrações de lactato de 4,2, 6,7 e 8,4 mmol.L⁻¹ na primeira, segunda e terceira luta, respectivamente.

É importante ressaltar que as concentrações de lactato analisadas no presente estudo foram obtidas logo após o esforço, sendo que não foram investigados os valores após cada etapa da sessão de treino (aquecimento, treino técnico e simulação de luta). Assim, é possível que valores mais elevados de lactato sanguíneo tenham ocorrido ao longo das etapas da sessão de treino, sendo removidos ao longo da sessão.

Antes e após a sessão de treino foram investigadas variáveis de torque, potência e dano muscular. Em relação ao último, quando analisada a concentração sérica da CK antes e 48h após a sessão de treino, foi observado que os valores estavam 49,4% maiores nesta última condição. Isso suporta evidências da ocorrência de dano muscular. Quando o esforço é prolongado e intenso, como aconteceu na sessão de treino, em nível celular ocorre um aumento das concentrações de íons cálcio dentro da célula esquelética. Isso promove a abertura dos canais de potássio ou degeneração da própria membrana sarcoplasmática, permitindo o extravasamento de algumas proteínas e enzimas, como a CK, para o meio intersticial (BRANCACCIO; MAFFULLI; LIMONGELLI, 2007; FOSCHINI et al., 2007). Elevada concentração desta molécula no soro é um sinal clínico de dano muscular ou fadiga profunda, que pode durar vários dias (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004).

No judô, diversos estudos têm se preocupado em analisar dano muscular marcadores da resposta imune imediatamente após a sessão de treino ou após vários dias de treinamento de campo. Umeda et al. (2008a) observaram aumento da enzimas indicadoras de dano muscular (AST, CK e LDH), além do aumento dos neutrófilos após uma semana de treinamento de campo. Chishaki et al. (2013) constataram aumento das enzimas AST, ALT, CK e LDH, aumento da contagem de leucócitos e neutrófilos em dois grupos com diferentes níveis de desidratação (moderado e severo) após uma semana de treino específico. Em outra investigação, Laskowski et al. (2011) observaram aumento da CK após o terceiro dia de treinamento de judô (total de 3 dias), sendo que os níveis permaneceram elevados até 12 horas após a última sessão.

Dentre os estudos que analisaram efeitos imediatamente após a sessão de treino de judô, Umeda et al. (2008b) verificaram aumento das enzimas indicadoras de dano muscular (AST, ALT, CK e LDH), aumento de leucócitos, neutrófilos e imunoglobulinas. Chinda et al. (2003) também observaram aumento na contagem de leucócitos e neutrófilos e das enzimas AST, ALT, CK e LDH duas horas após a sessão, além da diminuição da atividade fagocitária, provavelmente devido ao aumento da atividade oxidativa dos neutrófilos e leucócitos. Essas alterações na resposta imune do organismo parecem permanecer por um período prolongado. Isso foi demonstrado por Mochida et al. (2007), ao reportarem aumento dos marcadores de dano muscular, neutrófilos, imunoglobulina e contagem de leucócitos, tanto no período de 6 dias após o treinamento intenso quanto 64 dias pós-treino.

No presente estudo também foi observado aumento significativo da percepção de dor tardia e diminuição da capacidade de recuperação 48h pós-treino. A dor tardia, juntamente com a produção de força/potência e os marcadores clínicos, é considerada uma importante indicadora de dano muscular (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). O mecanismo que pode explicar a dor de início tardio é que, na medida em ocorre o rompimento do sarcolema e o extravasamento de algumas proteínas para o citoplasma, estas atrairiam monócitos que se converteriam em macrófagos nas áreas da lesão (ARMSTRONG et al., 1984). Segundo os autores, um acúmulo adicional de histaminas e quininas no interstício, resultado da fagocitose e da necrose celular, assim como uma pressão tecidual elevada, ativariam os receptores de dor, resultando na sensação de dor e desconforto. A presença de dor surge aproximadamente oito horas após o exercício, aumentando progressivamente de intensidade nas primeiras 24 h e alcançando o máximo de intensidade entre 24 e 72 h (TRICOLI, 2001).

Além do aumento da dor, houve diminuição da percepção da capacidade de recuperação, identificado pela redução dos valores da escala PSR. Segundo Laurent et al. (2011), a PSR considera fatores psicológicos, como cansaço, falta de energia e sensação de fadiga. Assim, a diminuição da PSR ou da capacidade de recuperação quando observada por um período prolongado de treinamento (dias ou semanas), pode ser um sinal precoce de *overtraining*. No entanto, para que se possa afirmar algo nesse sentido é necessário acompanhamento do atleta durante um período mais prolongado de treinamento.

Quando analisado o torque isocinético, não foi observada alteração 48h após a sessão de treino, tanto no movimento de rotação externa (PT_{EX}) quanto interna (PT_{IN}) do ombro. A sessão de treino do

judô realizada neste estudo priorizou o trabalho específico (treino técnico e simulação de luta durante 75 min), ocorrendo de maneira intermitente e em alta intensidade, com ações em que os membros superiores são amplamente solicitados. Desse modo, era esperada redução do torque isocinético 48 h após a sessão de treino, fato que não ocorreu.

Uma importante característica das ações dos membros superiores durante as atividades específicas da sessão de treino é a predominância de contrações musculares isométricas e concêntricas. Tem sido relatado que exercícios concêntricos e isométricos são menores causadores de dano muscular quando comparado a ações musculares excêntricas (BROWN; CHILD; DONNELLY, 1997; BYRNE; ESTON, 2002). Isso se deve a maior sobrecarga imposta durante o exercício excêntrico, ocasionando maior estresse mecânico nas estruturas musculares (BYRNE; ESTON, 2002; BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). Nesse sentido, acredita-se que por conter poucas ações excêntricas, o esforço não tenha sido suficiente para provocar dano muscular nos membros superiores. No entanto, é possível que alterações no torque tenham ocorrido imediatamente após o treino (fadiga mais aguda) ou 24 h após, no entanto não se prolongaram por 48 h.

A RE:RI também não apresentou diferença significativa quando avaliada antes e 48h após a sessão de treino. Da mesma forma que não houve diferença entre os picos de torque após o treino, a razão entre os torques também não foi alterada. Analisando os valores da RE:RI, verificou-se que nos dois momentos da avaliação (pré e 48h pós-treino) a razão ficou acima da faixa da considerada adequada (entre 0,66-0,75) para o equilíbrio muscular entre os músculos agonistas do movimento de rotação externa e interna do ombro (ALDERINK; KUCK, 1986). Esse desequilíbrio muscular pode ser considerado um potencial fator de risco para lesões musculares e causar instabilidade da articulação glenoumeral (ELLENBECKER; DAVIES, 2000; ELLENBECKER; ROETERT, 2003). Além disso, pode refletir em comprometimento no desempenho nos movimentos que envolvem os rotadores do ombro, por exemplo, enfraquecimento dos músculos que fazem a rotação externa do ombro podem trazer prejuízos principalmente quando o judoca puxa a manga do *judogi* do seu adversário tentando provocar sua queda (RUIVO; PEZARAT-CORREIA; CARITA, 2012).

Os ângulos em que ocorreram o pico de torque externo (APT_{EX}) e interno (APT_{IN}) também não apresentaram diferença quando mensurados antes e 48h após o treino. De acordo com Bobbert et al. (2008), a posição angular de uma articulação envolvida no movimento

pode indicar o comprimento muscular em que está ocorrendo a produção de força. Dessa forma, pode-se sugerir que as ações do treino não alteraram o comprimento em que o músculo produz sua máxima tensão. Em situação de fadiga ou dano estrutural tem sido observado que o músculo tende a ter o pico de torque em ângulos maiores, ou seja, em comprimentos musculares mais alongados (BROCKETT; MORGAN; PROSKE, 2001), sendo este um ajuste neuromuscular protetivo contra a lesão muscular. No entanto, como não houve fadiga nos membros superiores, não era esperado que houvesse alterações no ângulo de pico de torque.

Ao contrário do que ocorreu com os membros superiores, verificou-se que o treino parece ter provocado dano muscular nos membros inferiores. Isso porque foi observada redução de 2,9% da altura do salto no CMJ 48h após a sessão de treino. Conforme descrito no estudo 1, a altura pode ser considerado um indicador de potência de membros inferiores independente das dimensões corporais (MARKOVIC; JARIC, 2007). Por outro lado, força e potência não apresentaram diferença significativa antes e 48h após a sessão de treino. Como foi previamente destacado, esses índices parecem não serem sensíveis o suficiente para detectar pequenas mudanças, como efeitos da fadiga.

No presente estudo, a sessão de treino priorizou o trabalho específico (treino técnico e simulação de luta), no qual tanto membros superiores quanto inferiores foram utilizados nas ações realizadas. Contudo, uma característica presente tanto nas lutas quanto nos treinos de judô é que as ações que envolvem os membros inferiores, em geral são realizadas de maneira “explosiva” quando comparado às ações envolvendo os membros superiores, em que normalmente predomina ações de força, resistência e potência (FRANCHINI; ARTIOLI; BRITO, 2013). Isso poderia levar a um maior estresse neuromuscular nos membros superiores, porém não foi observado no presente estudo.

Outra diferença nas ações dos membros superiores e inferiores durante as atividades específicas da sessão de treino é o tipo de ação muscular realizada. Nas modalidades específicas de treinamento (*uchi-komi*, *nage-komi* e *randori*), os membros superiores realizam predominantemente ações isométricas e concêntricas, enquanto os membros inferiores as ações puramente concêntricas e excêntrica-concêntrica podem ser mais observadas. Diversas técnicas de projeção no judô utilizam o movimento de flexão e extensão de joelhos, em que o músculo do quadríceps realiza uma ação excêntrica seguida por uma concêntrica (DETANICO et al., 2012a). Neste tipo de ação muscular

ocorre o chamado CAE, no qual há um armazenamento de energia elástica nas fibras musculares e nos tendões durante a fase excêntrica, a qual é reutilizada na fase concêntrica (KOMI, 2000), otimizando o desempenho.

Tem sido demonstrado que a melhor utilização do CAE está relacionada ao tipo de treinamento. No judô, Zaggelidis et al. (2012) observaram que o desempenho nos saltos verticais que envolvem o CAE (CMJ e *drop jump*) foi maior nos judocas quando comparado a não-judocas, além de que a capacidade de utilização do CAE foi 4,3% maior nos judocas, sugerindo que esse mecanismo estaria ligado à adaptação ao treinamento específico.

Contudo, ações excêntricas envolvendo o mecanismo do CAE tendem a gerar maior fadiga metabólica e neuromuscular quando comparado a ações isométricas e concêntricas isoladas, podendo-se prolongar por vários dias (BYRNE; TWIST; ESTON, 2004). Estudos têm demonstrado que quando um músculo é danificado por meio de ações pliométricas ou atividades que envolvem o CAE, há uma redução prolongada da força máxima, atividade eletromiográfica, sensibilidade do alongamento-encurtamento, regulação do *stiffness* muscular e articular e desempenho no salto vertical (NICOL et al., 1996; HORITA et al., 1999). No *drop jump*, por exemplo, foi observado aumento do tempo de contato na fase de decolagem devido a diminuição da força e da atividade reflexa do *stiffness*, ou seja, houve uma redução da eficiência e do potencial para acelerar durante o salto (HORITA et al., 1999). Em função desses aspectos, acredita-se que a redução da altura no CMJ 48h após a sessão de treino neste estudo esteja relacionada principalmente ao tipo de ação muscular predominante (ação concêntrica-excêntrica) que envolveu o CAE.

Diante da identificação de evidências de dano muscular nos membros inferiores após a sessão de treino, é importante destacar alguns aspectos de aplicação prática. O estresse metabólico e neuromuscular pode ter efeitos positivos e negativos dependendo do estado do atleta e do processo de recuperação. A sobrecarga ao treinamento faz parte do processo de estresse que leva o atleta a um nível mais elevado que o anteriormente, por meio da adaptação e supercompensação, melhorando assim, o desempenho físico (SMITH, 2003). No entanto, em situações em que o atleta não consegue se recuperar do treinamento, tornando-se progressivamente cansado e sofrendo queda de desempenho prolongado, aparecem os efeitos negativos da sobrecarga (BUDGETT, 1998). Assim, um possível acúmulo de sessões de treino em intensidade que induzem a danos musculares, sem intervalo adequado e por um período prolongado

de treinamento pode representar queda de desempenho e ser um sinal de *overtraining* (LEHMANN; FOSTER; KEUL, 1993). É extremamente importante que esses sinais sejam observados pelos técnicos/preparadores físicos e que os estímulos de treinamento e os processos de recuperação sejam bem planejados ao longo da periodização. Somente assim, os atletas serão capazes de atingir o pico das capacidades físicas e técnico-táticas durante as competições-alvo.

Alguns estudos têm se preocupado em otimizar a capacidade de recuperação pós-treinamento de judô por meio da ingestão de suplementos. Mendes et al. (2009) relataram que consumo de carboidrato antes da sessão de treino resultou em redução na contagem total de leucócitos e suas subclasses (linfócitos, monócitos, eosinófilos e neutrófilos), sugerindo maior proteção à saúde imunológica dos atletas. Brito et al. (2011) verificaram aumento da glicose sanguínea e diminuição da contagem de leucócitos e neutrófilos após uma sessão de treino de judô no grupo que consumiu carboidratos. Desse modo, a ingestão de carboidrato antes da sessão de treino pode ter sido benéfica para manutenção dos níveis de glicose, diminuindo os prejuízos no sistema imunológico causados pelo esforço intenso e prolongado.

Em outro estudo, Sasaki et al. (2013) investigaram a ingestão do aminoácido glutamina na função imune de neutrófilos e nas enzimas miogênicas antes e após uma semana de treinamento em judocas. O programa de treinamento foi composto por corrida intervalada (100-800 m), treino com pesos, corrida de 30 min e *sprints* de 30-50 m e treino técnico-tático de judô. Os autores constaram que o grupo que consumiu glutamina teve melhora na resposta da função dos neutrófilos e na recuperação precoce do dano muscular (não houve alteração nas enzimas miogênicas) durante o treinamento intenso. Isso aconteceria, pois quando o atleta tem sinais de *overtraining*, parece haver uma diminuição da concentração plasmática de glutamina, a qual é responsável pela função imune (NEWSHOLME, 1994). Assim, a ingestão desse aminoácido seria um fator protetivo na resposta imunológica.

No entanto, quando tratamos de suplementação, a maioria dos autores é categórica ao afirmar que mais estudos são necessários para analisar qual tipo de suplementação é adequada a cada modo de esforço, a dosagem e a capacidade de recuperação muscular pós-treino.

6. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES PRÁTICAS

Com base nos resultados encontrados na presente investigação pode-se concluir que a sequência das lutas provocou fadiga nos membros superiores dos judocas, visto que houve redução no torque de rotação externa e interna do ombro a partir da segunda luta, mantendo-se reduzido após a terceira. A razão de torque RE:RI não foi alterada no decorrer das lutas, apontando que o equilíbrio muscular nos rotadores externos e internos não foi afetado pela fadiga. Além disso, observou-se redução da altura no salto vertical a partir da segunda luta, mantendo-se reduzida após a terceira. Esses resultados são evidências da ocorrência de fadiga também nos membros inferiores. Por fim, a partir do aumento das concentrações séricas das enzimas CK e LDH observadas após as três lutas pode-se concluir que as mesmas provocaram dano na musculatura esquelética.

Tais resultados podem trazer importantes contribuições para técnicos e preparadores físicos, alertando para a necessidade de contemplar treinamentos específicos de força, enfatizando principalmente a resistência de força nos membros superiores e a chamada “resistência à força rápida” (BOSCO, 2007) nos membros inferiores. Outro importante aspecto é a possibilidade de utilizar estratégias de recuperação durante as lutas nas competições que objetivem retardar o aparecimento da fadiga e melhorar a recuperação neuromuscular. Nesse sentido, sugere-se a realização de futuros estudos que investiguem, por exemplo, os efeitos de diferentes tipos de recuperação entre lutas (ativa, passiva ou a combinação destas), ou ainda, os efeitos de suplementos alimentares e crioterapia sobre indicadores de fadiga e dano muscular durante lutas em sequência.

Quanto à análise da sessão de treino, pode-se observar moderada taxa de participação do metabolismo glicolítico e percepção subjetiva de esforço considerada elevada. Verificou-se aumento em relação aos valores iniciais (pré-treino) da concentração sérica da enzima CK e da percepção de dor tardia, além da diminuição da percepção de recuperação 48h pós-treino, ratificando assim que o treinamento realizado provocou dano muscular. Ainda, observou-se redução da altura no salto vertical 48h após a sessão de treino, o que confirma que o esforço causou dano muscular nos membros inferiores. Por outro lado, não houve alteração em nenhuma variável de torque no

movimento de rotação externa/interna do ombro 48h após a sessão de treino, sugerindo que não ocorreu dano muscular nos membros superiores.

A partir de tais resultados recomenda-se aos treinadores e preparadores físicos maior atenção à carga de treino imposta aos membros inferiores, visto que as ações musculares durante os treinos específicos de judô geralmente ocorrem excêntrica e com o uso do CAE, os quais causam maiores danos estruturais. Muitas vezes essa sobrecarga sentida nos membros inferiores é pouco considerada na recuperação entre as sessões de treino. Apesar do estresse metabólico e neuromuscular ser uma consequência do processo de adaptação ao treinamento, é importante estar atento a alguns sinais, como a redução da tolerância ao exercício e presença de dor após semanas de treinos intensos. Enfim, os estímulos de treinamento e os processos de recuperação devem ser bem planejados ao longo da periodização para que fatores indesejáveis e deletérios ao desempenho ou até mesmo ocorrência de lesões musculares não ocorram.

Sugere-se que futuras investigações analisem indicadores de fadiga a dano muscular nos membros superiores e inferiores em diferentes momentos após sessão de treino (imediatamente após, 24 e 48h), além de estudos que analisem diferentes tipos de treinamento (contínuo, intervalado e *all-out*) nas modalidades de treinamento específicas do judô durante a sessão de treino.

Por fim, os resultados encontrados no presente estudo representam características de atletas de judô de não-elite (nível competitivo estadual). Desse modo, as respostas obtidas após as lutas e a sessão de treino podem não ser transferidas ou aplicadas em atletas de nível competitivo superior, necessitando assim de investigações futuras nesse tipo de população.

REFERÊNCIAS

AAGARD, P.; SIMONSEN, E.B.; ANDERSEN, J.L.; MAGNUSSEN, P.; DYHRE-POULSEN, P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n.4, p. 1318-1326, 2002.

ACHE DIAS, J.; WENTZ, M.; KÜLKAMP, W.; MATTOS, D.; GOETHEL, M.; BORGES JÚNIOR, N. Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? **Science Sports**, v.27, n.3, p.9-14, 2012.

ALDERINK, G.J.; KUCK, D.J. Isokinetic shoulder strength of high school and college-aged pitchers. **Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy**, v.7, n.4, n.163-171, 1986.

AMENT, W.; VERKERKE, G. J. Exercise and Fatigue. **Sports Medicine**, v. 39, n. 5, p. 389-422, 2009.

ANDREATO, L.V.; FRANCHINI, E.; DE MORAES, S.M.; PASTÓRIO, J.J.; DA SILVA, D.F.; ESTEVES, J.V. et al. Physiological and technical-tactical analysis in Brazilian jiu-jitsu competition. **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 2, p.137-143, 2013.

ANDREATO, L.V.; DE MORAES, S.M.; ESTEVES, J.V.; PEREIRA, R.R.A.; GOMES, T.L.M.; ANDREATO, T.V. et al. Physiological responses and rate of perceived exertion in Brazilian jiu-jitsu athletes. **Kinesiology**, v. 44, n. 2, p.173-181, 2012.

ARMSTRONG, R.B. Mechanisms of exercise induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 16, p.529-538, 1984.

ARTIOLI, G.G.; COELHO, D.F.; BENATTI, F.B.; GAILEY, A.C.; GUALANO, B.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. A ingestão de bicarbonato de sódio pode contribuir para o desempenho em lutas de judô? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 6, p.371-375, 2006.

ARTIOLI, G.G.; GUALANO, B.; COELHO, D.F.; BENATTI, F.B.; GAILEY, A.C.; LANCHÁ JUNIOR, A.H. Does sodium-bicarbonate

ingestion improve simulated judo performance? **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, p. 206-217, 2007.

ASCENSÃO, A.; MAGALHÃES, J.; OLIVEIRA, J.; DUARTE, J.; SOARES, J. Fisiologia da fadiga muscular: delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.3, n.1, p.108-123, 2003.

BANGSBO, J. The physiology of soccer-with special reference to intense intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica Suppl**, v. 619, p.150-155, 1994.

BARBAS, I.; FATOUROS, I.G.; DOUROUDOS, I.I.; CHATZINIKOLAOU, A.; MICHAILIDIS, Y.; DRAGANIDIS, D. et al. Physiological and performance adaptations of elite Greco-Roman wrestlers during a one-day tournament. **European Journal of Applied Physiology**, v.111, n.7, p.1421-36, 2011.

BARONI, B.M.; LEAL JUNIOR, E.C.P.; DE MARCHI, T.; LOPES, A.L.; SALVADOR, M.; VAZ, M.A. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.110, n.6, p.789-796, 2010.

BATTERHAM, A.M.; HOPKINS, W.G. Making meaningful inferences about magnitudes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v.1, p.50-57, 2006.

BERTUZZI, R.C.M.; SILVA, A.E.L.; ABAD, C.C.C.; PIRES, F.L. Metabolismo do lactato: uma revisão sobre a bioenergética e a fadiga muscular. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.11, n.2, p.226-34, 2009.

BERTUZZI, R. C. M.; NAKAMURA, F.Y.; ROSSI, L.C.; KISS, M.A.P.D.; FRANCHINI, E. Independência temporal das respostas do esforço percebido e da frequência cardíaca em relação à velocidade de corrida na simulação de uma prova de 10 km. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 4, p. 175-183, 2006.

BISHOP, D.; EDGE, J.; GOODMAN, C. Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 540-547, 2004.

BOBBERT, M. F.; CASIUS, L. J. R.; SIJPKENS, I. W. T.; JASPERS, R. T. Humans adjust control to initial squat depth in vertical squat jumping. **Journal of Applied Physiology**, v. 105, p. 1428 - 1440, 2008.

BOGDANIS, G.C.; NEVILL, M.E. BOOBIS, L.H. Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 80, n. 3, p. 876-84, 1996.

BONITCH, J.; RAMIREZ, J.; FEMIA, P.; FERICHE, B.; PADIAL, P. Validating the relation between heart rate and perceived exertion in a judo competition. **Medicina Dello Sport**, v. 58, p. 23-28, 2005.

BONITCH-DOMÍNGUEZ, J.G.; BONITCH-GÓNGORA, J.; PADIAL, P.; FERICHE, B. Changes in peak leg power induced by successive judo bouts and their relationship to lactate production. **Journal of Sports Science**, v.28, n.14, p. 1527-1534, 2010.

BONITCH-GÓNGORA, J.; BONITCH-DOMÍNGUEZ, J.G. PADIAL, P.; FERICHE, B. The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 26, n. 7, p. 1863-71, 2012.

BORG, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v. 14, n.5, p. 377-381, 1982.

BOSCO, C. **A Força Muscular**. São Paulo: Phorte, 2007.

BOSCO, C. **Strength assessment with the Bosco's test**. Italian Society of Sport Science: Rome, 1999.

BRANCACCIO, P., MAFFULLI, N., LIMONGELLI, F.M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **Clinics in Sports Medicine**, v.7, n.1, p. 1-18, 2007.

BRANCO, B.H.M.; MASSUÇA, L.M.; ANDREATO, L.V.; MARINHO, B.F.; MIARKA, B.; MONTEIRO, L. et al. Association

between rate of perceived exertion, heart rate and blood lactate in successive judo fights (randori). **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 4, n. 2, p. 125-130, 2013.

BRITO, C.J.; GATTI, K.; MENDEZ, E.L; NÓBREGA, O.T.; CÓRDOVA, C.; MARINS, J.C.B.; FRANCHINI, E. Carbohydrate intake and immunosuppression during judo training. **Medicina Dello Sport**, v.64, n.4, p. 393-408, 2011.

BROCKETT, C. L.; MORGAN, D. L.; PROSKE, U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v. 33, n. 5, p.783-790, 2001.

BROWN, S.J.; CHILD, S.H.; DONNELLY, A.E. Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptations following repeated bouts of eccentric muscle contractions. **Journal of Sports Science**, v.15, p.215-222, 1997.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. **Sports Medicine**, v. 43, n.10, p.927-954, 2013.

BUDGETT, R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. **British Journal of Sports Medicine**, v. 32, p.107-110, 1998.

BYRNE, C.; TWIST, C.; ESTON, R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage theoretical and applied implications. **Sports Medicine**, v.34, n.1, p.49-69, 2004.

BYRNE, C.; ESTON, R. The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, p.417-425, 2002a.

BYRNE, C.; ESTON, R. Maximal-intensity isometric and dynamic exercise performance after eccentric muscle actions. **Journal of Sports Sciences**, v. 20, p.951-959, 2002b.

CAMPBELL, D.T.; STANLEY, J.C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: EPU, 1979.

CARBALLEIRA, E.; IGLESIAS, E. Efectos agudos del enfrentamiento en judo: análisis multiparamétrico. **European Journal of Human Movement**, v.19, p.117-144, 2007.

CARBALLEIRA, E.; IGLESIAS, E.; CALVO, X.D. Análise dos efeitos agudos do enfrentamento no judô, através do estudo da associação entre parâmetros metabólicos e mecânicos. **Fitness & Performance Journal**, v.7, n.4, p. 229-238, 2008.

CARVALHO, C.; CARVALHO, A. Não se deve identificar força explosiva com potência muscular, ainda que existam algumas relações entre ambas. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.6, n.2, p. 241-248, 2006.

CHINDA, D.; UMEDA, T.; SHIMOYAMA, T.; KOJIMA, A.; TANABE, M. NAKAJI, S. et al. The acute response of neutrophil function to a bout of judo training. **Luminescence**, v. 18, p. 278-282, 2003.

CHISHAKI, T.; UMEDA, T.; TAKAHASHI I.; MATSUZAKA, M.; IWANE, K.; MATSUMOTO, H. Effects of dehydration on immune functions after a judo practice session. **Luminescence**, v. 28, n. 2, p. 114-120, 2013.

COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. 2^a Ed. Hillsdale: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.

COOKE, M.B.; RYBALKA, E.; WILLIAMS, A.D.; CRIBB, P.J.; HAYES, A. Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 6, n. 13, p.1-11, 2009.

CORVINO, R.B.; CAPUTO, F.; OLIVEIRA, A.C.; GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 6, p. 428-431, 2009.

COYLE, E.F. Detraining and retention of training-induced adaptations. **Medicine Science of Sports and Exercise**, v. 2, p.1-5, 1990.

DETANICO, D.; DAL PUPO, J.; FRANCHINI, E.; SANTOS, S.
Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. **Science Sports**, v. 27, n.1, p.16-22, 2012a.

DETANICO, D.; ARINS, F.B.; DAL PUPO, J.; SANTOS, S.G.
Strength parameters in judo players: an approach about hand dominance and weight categories. **Human Movement**, v. 13, n. 4, p. 330-336, 2012b.

DETANICO, D.; SANTOS, S.G. Avaliação específica no judô: uma revisão de métodos. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 6, p. 738-748, 2012.

DE ZEE, M.; BOJSEN-MOLLER; VOIGT, M. Dynamic viscoelastic behavior of lower extremity tendons during simulated running. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, p. 1352-1359, 2000.

DRIGO, A.J.; AMORIM, A.R.; MARTINS, C.J.; MOLINA, R.
Demanda metabólica em lutas de projeção e de solo no judô: estudo pelo lactato sanguíneo. **Motriz**, v. 2, n. 2, p. 80-86, 1996.

DUGAN, E.L.; DOYLE, T.L.A.; HUMPHRIES, B.; HASSON, C.
Determining the optimal load for jump squats: a review of methods and calculations. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, n.3, p.668-674, 2004.

ELLENBECKER, T.S.; DAVIES, G.J. The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. **Journal of Athletic Training**, v.35, n.3, p.338-350, 2000.

ELLENBECKER, T.; ROETERT, E.P. Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.6, n.1, p.63-70, 2003.

ENOKA, R.; DUCHATEAU, J. Muscle fatigue: what, why and how it influences muscle function. **Journal of Physiology**, v. 586, n. 1, p.11-23, 2008.

ENOKA, R.M.; STUART, D.G. Neurobiology of muscle fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 72, p. 1631-1648, 1992.

ENOKA, R.M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 2ª Ed. São Paulo: Manole, 2000.

ESTON, R. Use of ratings of perceived exertion in sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 7, p. 175-182, 2012.

FITTS, R.H. Cellular mechanisms of muscle fatigue. **Physiological Reviews**, v.74, n.1, p.49-94, 1994.

FRANCHINI, E.; BRITO, C.J.; FUKUDA, D.H.; ARTIOLI, G.G. The physiology of judo-specific training modalities. **Journal of Strength and Conditioning Research**, *ahead of print*, 2013.

FRANCHINI, E.; ARTIOLI, G.G.; BRITO, C.J. Judo combat: time-motion analysis and physiology. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 13, n. 626-643, 2013.

FRANCHINI, E.; DEL VECCHIO, F.B. **Preparação física para atletas de judô**. 1ª Ed. São Paulo: Phorte, 2008.

FRANCHINI, E.; DEL VECCHIO, F.B.; MATSUSHIGUE, K.A.; ARTIOLI, G.G. Physiological profiles of elite judo athletes. **Sports Medicine**, v.41, n.2, p.147-166, 2011a.

FRANCHINI, E.; DEL VECCHIO, F.B.; OLIVEIRA, R.S.F.; JULIO, U.F.; ROMANO, R.; MATHEUS, L. Performance responses to a periodized judo program, 2005. **Anais**. World Judo Research Symposium, IX. Cairo: International Judo Federation; 2005a, p.24-25.

FRANCHINI, E.; MIARKA, B.; MATHEUS, L.; DEL VECCHIO, F.B. Endurance in judogi grip strength tests: comparison between elite and non-elite judo players. **Archives of Budo**, v.7, n.1, p.1-4, 2011b.

FRANCHINI, E.; NUNES, A.V.; MORAES, J.M.; DEL VECCHIO, F.B. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. **Journal of Physiological Anthropology**, v.26, n.2, p.59-67, 2007.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; BERTUZZI, R.C.M.; KISS, M.A.P.D.M. Nível competitivo, tipo de recuperação e remoção do

lactato após uma luta de judô. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.6, n.1, p.7-16, 2004.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; KISS, M.A.P.D.M.; STERKOWICZ, S.; Physical fitness and anthropometrical differences between elite and non-elite judo players. **Biology of Sports**, v. 22, n.4, p. 315-328, 2005b.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; NAKAMURA, F.Y.; MATSUSHIGUE, K.A.; KISS, M.A.P.D.M. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.43, n.4, p.424-431, 2003.

FRANCHINI, E.; BERTUZZI, R.C.M.; DEGAKI, E.; MELLO, F.C.; FIEBIG, E.; SILVA, W.F.F.L. Energy expenditure in different judo throwing techniques. **Anais. 1st Joint International Pre-Olympic Conference of Sports Science and Sports**, Nanjing, 2008, p.55-60.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; NAKAMURA, F.Y.; MATSUSHIGUE, K.A.; KISS, M.A.P.D.M. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 43, n. 4, p. 424-431, 2003.

FRANCHINI, E.; BERTUZZI, R.C.M.; TAKITO, M.Y.; KISS, M.A.P.D.M. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. **European Journal of Applied Physiology**, v.107, n.4, p.377-383, 2009.

FRANCHINI, E.; TAKITO, M.Y.; LIMA, J.R.P.; HADDAD, S.; KISS, M.A.P.D.M.; REGAZZINI, M.; BÖHME, M.T.S. Características fisiológicas em testes laboratoriais e resposta da concentração de lactato sanguíneo em 3 lutas em judocas das classes Juvenil-A, Júnior e Sênior. **Revista Paulista de Educação Física e Esportes**, v.12, n.1, p.5-16, 1998.

FREITAS, V.H.; MILOSKI, B.; BARA FILHO, M.G. Quantificação da carga de treinamento através do método percepção subjetiva do esforço da sessão e desempenho no futsal. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.14, n.1, p.73-82, 2012.

FOSCHINI, D.; PRESTES, J.; CHARRO, M.A. Relação entre exercício físico, dano muscular e dor muscular de início tardio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.9, n.1, p.101-106, 2007.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J.A.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L.; HROVATIN, L.A.; PARKER, S. et al. A new approach to monitoring exercise training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.15, n.1, p.1-115, 2001.

GAITANOS, G. C.; WILLIAMS, C.; BOOBIS, L. H.; BROOKS, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal of Applied Physiology**, v.75, n.2, p.712-19, 1993.

GARATACHEA, N.; HERNÁNDEZ-GARCÍA, R.; VILLAVERDE, C.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; TORRES-LUQUE, G. Effects of 7-weeks competitive training period on physiological and mental condition of top level judoists. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.52, n.1, p.1-10, 2012.

GARIOD, L.; FAVRE-JUVIN, A.; NOVEL, V.; REUTENAUETI, H.; MAJEANS, H.; ROSSI, A. Évaluation du profil énergétique des judokas par spectroscopie RMN du P³¹. **Science Sports**, v.10, n.4, p.201-207, 2005.

GASTIN, P.B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v.31, n.10, p.725-741, 2001.

GREEN, H. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. **Journal of Sports Sciences**, v.15, n.3, p.247-256, 1997.

GREER, B.K.; WOODARD, J.L.; WHITE, J.P.; ARGUELLO, E.M.; HAYMES, E.M. Branched-chain amino acid supplementation and indicators of muscle damage after endurance exercise. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, p. 595-607, 2007.

GORDON, A.M.; HUXLEY, A.F.; JULIAN, F.J. The variation in isometric tension with sarcomere length in vertebrate muscle fibres. **Journal of Physiology**, v.184, p.170-192, 1966.

- HADDAD, M.; CHAOUACH, A.; CASTAGNA, C.; WONG, DEL P.; BEHM, D.G.; CHAMARI, K. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male taekwondo athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 6, p. 252-63, 2011.
- HAMDI, C.; HANA, B.; ASMA, A.; NAJLA, I.; LIWA, M.; KARIM, C. et al. Effects of recovery type on judokas' short-term maximal performances during a simulated competition. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, p.6, sup e3, 2013.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. **Bases Biomecánicas do Movimento Humano**. 2ª Ed. São Paulo: Manole, 2008.
- HARTMANN, U.; MESTER, J. Training and overtraining markers in selected sport events. **Medicine Science in Sports and Exercise**, v.32, n.1, p. 209-215, 2000.
- HERNÁNDEZ-GARCÍA, R.; TORRES-LUQUE, G.; VILLAVERDE-GUTIERREZ, C. Physiological requirements of judo combat. **International SportMed Journal**, v.10, n.3, p.145-151, 2009.
- HILL, A.V. The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle. **Proceedings of the Royal Society**, v. 126, n. 843, p.136-195, 1938.
- HORITA, T.; KOMI, P.V.; NICOL, C.; KYRÖLÄINEN, H. Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. **European Journal of Applied Physiology**, v. 79, p.160-167, 1999.
- HOWATSON, G.; MILAK, A. Exercise-induced muscle damage following a bout of sport specific repeated sprints. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.23, n.8, p.2419-2424, 2009.
- IGLESIAS, E.; CLAVEL, I.; DOPICO, J.; TUIMIL, J.L. Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. **Rendimiento Deportivo.com**, n.6, 2003.

IMPELLIZZERI, F.M.; RAMPININI, E.; MARCORÀ, S.M.
Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of Sports Science**, v. 23, p.583-592, 2005.

KARAMIZRAK, S.O.; ERGEN, E.; TÖRE, I.R.; AKGÜN, N. Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.34, n.2, p.141-146, 1994.

KENT-BRAUN, J.A. Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. **European Journal of Applied Physiology**, v. 80, p. 57-63, 1999.

KOMI, P.V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 33, p. 1197-1206, 2000.

KOMI, P.V. **Força e potência no esporte**. 2^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

KOMI, P.V.; GOLLHOFER, A. Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. **Journal of Applied Biomechanics**, v.13, p.451-460, 1997.

KRAEMER, W.J.; FRY, A.C.; RUBIN, M.R.; TRIPLETT-MCBRIDE, T.; GORDON, S.; PERRY KOZIRIS, L. et al. Physiological and performance responses to tournament wrestling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, n.8, p. 1367-1378, 2001.

KRONBAUER, G.A. CASTRO, F.A.S. Estruturas elásticas e fadiga muscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 35, n. 2, p. 503-520, 2013.

LACOUR, J.R.; BOUVAT, E.; BARTHÉLÉMY, J.C. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400-m and 800-m races. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v.61, n.3-4, p. 172-176, 1990.

LASKOWSKI, L.; ZIEMANN, E.; OLEK, R.A.; ZEMBRON-LACNY, A. The effect of three days of judo training sessions on the inflammatory

response and oxidative stress markers. **Journal of Human Kinetics**, v. 30, p. 65-73, 2011.

LASTAYO, P.C.; WOOLF, J.M.; LEWEK, M.D.; SNYDER-MACKLER, L.; REICH, T.; LINDSTEDT, S.L. Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v. 33, n. 10, p. 557-571, 2003.

LAURENT, C.M.; GREN, J.M., BISHOP, P.A.; SJÖVIST, J; SCHUMACKER, R.E.; RICHARDSON, M.T. et al. A practical approach to monitoring recovery: development of a perceived recovery status scale. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.25, n.3, p.620-628, 2011.

LECH, G.; PALKA, T.; STERKOWICZ, S.; TYKA, A.; KRAWCZYK, R. Effect of physical capacity on the course of fight and level of sports performance in cadet judokas. **Archives of Budo**, v.6, n.3, p.123-128, 2010.

LEHMANN, M.; FOSTER, C.; KEUL, J. Overtraining in endurance athletes: a brief review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.25, n.7, p. 854-862, 1993.

LEPPIK, J.A.; AUGHEY, R.J.; MEDVED, I.; FAIRWEATHER, I.; CAREY, M.F.; MCKENNA, M.J. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle $\text{Na}^+ \text{K}^+$ ATPase activity, sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} release, and Ca^{2+} uptake. **Journal of Applied Physiology**, v.9, n.4, p.1414-1423, 2004.

LIEBER, R.L.; FRIDÉN, J. Mechanisms of muscle injury after eccentric contraction. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 2, n. 3, p. 253-265, 1999.

MACINTOSH, B.R.; SHAHI, M.R.S. A peripheral governor regulates muscle contraction. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v.36, n.1, p.1-11, 2011.

MARKOVIC, G.D; DIZDAR, I.; JUKIC, M.; CARDINALE, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump

tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.18, p.551-555, 2004.

MARKOVIC, G.; JARIC, S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? **Journal of Sports Sciences**, v. 25, p. 1355-1363, 2007.

MARTÍNEZ-AMAT, A.; BOULAIZ, H.; PRADOS, J.; MARCHAL, J.A.; PADIAL, P.P et al. Release of alpha-actin into serum after skeletal muscle damage. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n.11, p. 830-834, 2005.

MASUDA, T.; TIZUCA, T.; ZHE, J.Y.; YAMADA, H.; SAITOU, K.; SADOYAMA, T. et al. Influence of contraction force and speed on muscle fiber conduction velocity during dynamic voluntary exercise. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 11, p. 85-94, 2001.

MENDES, E.L.; BRITO, C.J.; BATISTA, E.S.; SILVA, C.H.O.; OLIVEIRA DE PAULA, S.; NATALI, A.J. Influência da suplementação de carboidrato na função imune de judocas durante o treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 15, n. 1, p.58-61, 2009.

MIARKA, B.; PANISSA, V.L.; JULIO, U.F.; DEL VECCHIO, F.B.; CALMET, M.; FRANCHINI, E. A comparison of time-motion performance between age groups in judo matches. **Journal of Sports Sciences**, v.30, n.9, p.899-905, 2012.

MILANEZ, V.F.; SPIGUEL LIMA, M.C.; GOBBATO, C.A.; PERANDINI, L.A.B.; NAKAMURA, F.Y.; RIBEIRO, L.F.P. Correlates of session-rate of perceived exertion (RPE) in a karate training session. **Science Sports**, v. 26, n.1, p.38-43, 2011a.

MILANEZ, V.F.; SPIGUEL LIMA, M.C.; PERANDINI, L.A.B.; GONÇALVEZ, C.G.S.; FRANCHINI, E. Avaliação e comparação das respostas da percepção subjetiva de esforço e concentração de lactato em uma competição oficial de karate. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 22, n. 1, p. 57-64, 2011b.

- MILANEZ, V.F.; PEDRO, R.E. Aplicação de diferentes métodos de quantificação de cargas durante uma sessão de treinamento de karate. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, 2012.
- MOCHIDA, N.; UMEDA, T.; YAMAMOTO, Y.; TANABE, M.; KOJIMA, A.; SUGAWARA, A. et al. The main neutrophil and neutrophil-related function may compensate for each other following exercise - a finding from training in university judoists. **Luminescence**, v. 22, p. 20-28, 2007.
- MONTEIRO, L.F. MASSUÇA, L.M.; GARCÍA GARCÍA, J.; CARRATALA, V.; PROENÇA, J. Plyometric muscular action tests in judo and non-judo athletes. **Isokinetics and Exercise Science**, v.19, n.4, p.287-293, 2011.
- NAKAMURA, F.Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M.S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **Revista da Educação Física/UEM**, v.21, n.1, p.1-11, 2010.
- NEWSHOLME, E.A. Biochemical mechanisms to explain immunosuppression in well-trained and overtrained athletes. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, Sup.3, p. 142-147, 1994.
- NICOL, C.; KOMI, P.V.; HORITA, T.; KYRÖLÄINEN, H.; TAKALA, T.E. Reduced stretch-reflex sensitivity after exhausting stretch-shortening cycle exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 72, p. 401-409, 1996.
- NORDLUND, M.M.; THORSTENSSON, A.; CRESSWELL, A.G. Central and peripheral contributions to fatigue in relation to level of activation during repeated maximal voluntary isometric plantar flexions. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, p. 218-225, 2004.
- NOSAKA, K.; CLARKSON, P.M. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 27, p.1263-1269, 1995.
- OLIVEIRA, R.S.; LEICHT, A.S.; BISHOP, D.; BARBERO-ÁLVAREZ, J.C.; NAKAMURA, F.Y. Seasonal changes in physical

performance and heart rate variability in high level futsal players.

International Journal of Sports Medicine, v. 34, n. 5, p. 424-430, 2013.

PUJADAS, E.A.; BALÓN, G.N.; MÉNDEZ, S.A.; VALDIVIA, R.V. Cambios en la glicemia e insulinemia por pruebas de terreno específicas de judo. **Lecturas Educación Física y Deportes**, v. 8, n. 54, p. 1-1, 2002.

PEAKE, J.M.; SUZUKI, K. Neutrophil activation, antioxidant supplements and exercise-induced oxidative stress. **Exercise Immunology Review**, v.10, p.129-141, 2004.

PERANDINI, L.A.; SIQUEIRA-PEREIR, T.A.; OKUNOA, N.M.; SOARES-CALDEIRAA, L.F.; NAKAMURA, F.Y. Use of session RPE to training load quantification and training intensity distribution in taekwondo athletes. **Science Sports**, v. 27, n.4, p. 25-30, 2012.

PROSKE, U.; MORGAN, D.L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **Journal of Physiology**, v. 1, n. 537(Pt 2), p.333-345, 2001.

PROSKE, U.; MORGAN, D.L.; BROCKETT, C.L.; PERCIVAL, P. Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 31, n. 8, p. 546- 550, 2004.

RATAMESS, N.A. Strength and conditioning for grappling sports. **Strength and Conditioning Journal**, v.33, n.6, p.18-24, 2012.

RIBEIRO, S.R.; TIERRA-CRIOLLO, J.C.; MARTINS, R.A.B.L. Efeitos de diferentes esforços de luta de judô na atividade enzimática, atividade elétrica muscular e parâmetros biomecânicos de atletas de elite. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.12, n.1, p.27-32, 2006.

ROBERGS, R.A.; GHIASVAND, F.; PARKER, D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 287, n.3, p. 502-516, 2004.

- RUIVO, R.; PEZARAT-CORREIA, P.; CARITA, A.I. Elbow and shoulder muscles strength profile in judo athletes. **Isokinetics and Exercise Science**, v.20, n.1, p.41-45, 2012.
- SAHLIN, K. Metabolic factors in fatigue. **Sports Medicine**, v.13, n.2, p.99-107, 1992.
- SAHLIN, K.; TONKONOJI, M.; SÖDERLUND, K. Energy supply and muscle fatigue in humans. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.162, n.3, p. 261-266, 1998.
- SANTOS, W.O.C.; BRITO, C.J.; PINHO JR., E.A.; VALIDO, C.N.; MENDEZ, E.L.; NUNES, M.A.P. et al. Cryotherapy post-training reduces muscle damage markers in jiu-jitsu fighters. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 7, n. 3, p. 629-638, 2012.
- SASAKI, E.; UMEDA, T.; TAKAHASHI, I.; ARATA, K.; YAMAMOTO, Y.; TANABE, M. et al. Effect of glutamine supplementation on neutrophil function in male judoists. **Luminescence**, v. 28, n. 4, p. 442-449, 2013.
- SBRICCOLI, P.; BAZZUCCHI, I.; DI MARIO, A.; MARZATTINOCCHI, G.; FELICI, F. Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.21, n.3, p.738-744, 2007.
- SERRANO, M.A.; SALVADOR, A.; GONZALEZ-BONO, E.; SANCHIS, C.; SUAY, F. Relationships between recall of perceived exertion and blood lactate concentration in a judo competition. **Perceptual and Motor Skills**, v. 92, p. 1139-1148, 2001.
- SERTIC, H.; SEGEDI, I.; MOLANOVIC, D. Anthropological and fitness status of Croatian judoists. **Archives of Budo**, v.2, n.1. p. 24-27, 2006.
- SMITH, D.J. A framework for understanding the training process leading to elite performance. **Sports Medicine**, v. 33, n.15, p.1103-1126, 2003.

SILVA, A.S.R. Compreendendo o overtraining no desporto: da definição ao tratamento. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 6, n.2, p. 229-238, 2001.

SILVA, S.G.; MINATO, G.; FARES, D.; SANTOS, S.G. Caracterização da pesquisa. In: SANTOS, S.G. (org). **Métodos e Técnicas de Pesquisa Quantitativa Aplicada à Educação Física**. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011, p. 67-70.

SIKORSKI, W. Training load documentation. In: **Current problems of training and rivalry in judo**. Warszawa: Wydawnictwa Instytutu Sportu, 1985, p.113-123.

STERKOWICZ, S.; TYKA, A.K.; CHWASTOWSKI, M.; STERKOWICZ-PRZYBYCIEN, K.; TYKA, A.; KLYS, A. The effects of training and creatine malate supplementation during preparation period on physical capacity and special fitness in judo contestants. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 9, n. 41, p.2-8, 2012.

SUZUKI, M.; UMEDA, T.; NAKAJI, S.; SHIMOYAMA, T.; MASHIKO, T.; SUGAWARA, K. Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 4, p. 436-440, 2004.

TAYLOR, J. L.; GANDEVIA, S. C. A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 542-550, 2008.

TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v.9, p.39-44, 2001.

TWIST, C.; ESTON, R. The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. **European Journal of Applied Physiology**, v.94, p.652-658, 2005.

UMEDA, T.; KASUHIRO, S.; TAKAHASHI, I.; YAMAMOTO, Y.; TANABE, M.; KOJIMA, A. et al. Effects of intense exercise on the physiological and mental condition of female university judoists during a training camp. **Journal of Sports Sciences**, v.26, n.9, p.897- 904, 2008a.

UMEDA, T.; YAMAI, K.; TAKAHASHI, I.; KOJIMA, A.; YAMAMOTO, Y.; TANABE, M. et al. The effect of a two-hour judo training session on the neutrophil immune functions in university judoists. **Luminescence**, v. 23, p. 49-53, 2008b.

VIVEIROS, L.; COSTA, E.C.; MOREIRA, A.; NAKAMURA, F.Y.; AOKI, M.S. Monitoramento do treinamento no judô: comparação entre a intensidade da carga planejada pelo técnico e a intensidade percebida pelo atleta. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.17, n.4, p. 266-269, 2011.

WALLACH, J. **Interpretation of Diagnostic Tests**. 7th edition: Lippincott Williams & Wilkins Publishers, 2000.

WESTERBLAD, H.; ALLEN, D.G.; LÄNNERGREN, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? **News in Physiological Sciences**, v.17, n.1, p.17-21, 2002.

ZAGGELIDIS, G.; LAZARIDIS, S.N.; MALKOGIORGOS, A.; MAVROVOUNIOTIS, F. Differences in vertical jumping performance between untrained males and advanced Greek judokas. **Archives of Budo**, v.8, n.2, p.87-90, 2012.

ANEXO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: EFEITOS AGUDOS DAS LUTAS E DA SESSÃO DE TREINO DE JUDÔ EM INDICADORES DE DESEMPENHO, FORÇA E DANO MUSCULAR

Pesquisador: Saray Giovana dos Santos

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 07290512.1.0000.0121

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (Hospital Universitário HU-

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 119.014

Data da Relatoria: 08/10/2012

Apresentação do Projeto:

A pesquisa "Efeitos agudos das lutas e da sessão de treino de judô em indicadores de desempenho, força e dano muscular" visa a obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina e pretende investigar os efeitos sobre indicadores de desempenho, força e dano muscular de uma sequência de duas lutas e de uma sessão de treinos realizadas por 10 atletas profissionais de judô.

Os dados serão coletados no Laboratório de Esforço Físico (LAEF), no Laboratório de Biomecânica (BIOMEC) e no CDS, localizados do Centro de Desportos da UFSC.

Objetivo da Pesquisa:

Investigar os efeitos agudos da sequência de lutas e da sessão de treino de judô sobre indicadores de desempenho, força e dano muscular.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

No Relatório de Pesquisa, na avaliação dos riscos, salienta-se que "Para participar deste estudo o atleta deve estar apto a realizar esforço físico de alta intensidade, no entanto este será semelhante ao que ele realiza nas sessões de treino e nas competições. Poderá ocorrer possível desconforto muscular e náuseas em função do esforço intenso."

A análise do projeto de pesquisa demonstra que as lutas simuladas e os treinos nos quais serão coletados os dados correspondem a rotina dos atletas, pois terão o mesmo tempo de duração e, nos casos dos treinos, obedecerão a mesma sequência de atividades. Ou seja, não será exigido

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima

Bairro: Trindade

CEP: 88.040-900

UF: SC

Município: FLORIANÓPOLIS

Telefone: (48)3721-9206

Fax: (48)3721-9696

E-mail: cep@reitoria.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



nenhum esforço suplementar em função da pesquisa. Por isso, concordamos com o argumento apresentado pelos pesquisadores.

Além disso, consta no TCLE que "Os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros".

No Projeto de Pesquisa, são apontados como benefícios: "Dentre os principais benefícios será a contribuição de forma única para o desenvolvimento da ciência esportiva, especialmente na modalidade estudada. Além disso, os resultados provenientes da avaliação servirão de diagnóstico da atual condição física do atleta durante situações específicas da modalidade, podendo contribuir com os treinadores na planificação do treinamento físico, a fim de melhorar o desempenho esportivo".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa é relevante para o campo de conhecimento da Educação Física e o projeto de pesquisa está muito bem elaborado, fundamentando teórica e metodologicamente a investigação.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados os seguintes documentos: Relatório de Pesquisa, Projeto de Pesquisa, Folha de Rosto da CONEP, Declaração de Anuência da Instituição onde serão coletados os dados, Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O TCLE está adequado às exigências da Resolução CNS 196/96, pois esclarece os sujeitos acerca dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos para a coleta de dados, dos riscos e benefícios, além de garantir a confidencialidade dos dados obtidos.

No Relatório da Pesquisa consta que a coleta de dados teve início em 17/09/2012. Porém, no Projeto de Pesquisa registra-se que a coleta de dados será realizada no primeiro semestre de 2013. Ressalta-se que, de acordo com a Resolução CNS 196/96, a coleta de dados só poderá ser realizada após a aprovação pelo Comitê de Ética.

Recomendações:

-

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pelo exposto no presente parecer, o projeto de pesquisa "Efeitos agudos das lutas e da sessão de treino de judô em indicadores de desempenho, força e dano muscular" atende às exigências da Resolução CNS 196/96 e, portanto, deve ser aprovado pelo Comitê de Ética.

Situação do Parecer:

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade **Município:** FLORIANÓPOLIS **CEP:** 88.040-900
UF: SC **Telefone:** (48)3721-9206 **Fax:** (48)3721-9696 **E-mail:** cep@reitoria.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O parecer do relator foi aprovado pelo Comitê de Ética.

FLORIANOPOLIS, 09 de Outubro de 2012

Assinador por:
Andréa Ferreira Delgado
(Coordenador)

Endereço: Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-900
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-9206 **Fax:** (48)3721-9696 **E-mail:** cep@reitoria.ufsc.br

APÊNDICE 1**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA****Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**

Título do projeto: Efeitos agudos das lutas e da sessão de treino de judô em indicadores de força e dano muscular.

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada: “Efeitos agudos das lutas e da sessão de treino de judô em indicadores de desempenho, força e dano muscular”, a ser realizada junto aos Laboratórios de Biomecânica (BIOMECA) e de Esforço Físico (LAEF) vinculados ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em dois momentos para as avaliações, organizado da seguinte maneira:

- a) Estudo 1 - sequência de lutas: serão realizadas duas lutas em sequência com intervalo de 15 min entre elas. Antes e após as lutas serão realizadas medidas de torque isocinético no movimento de rotação externa/interna de ombro, salto vertical (CMJ) e amostra sanguínea para análise das enzimas CK e LDH.
- b) Estudo 2 – sessão de treino: será realizada uma sessão de treino tradicional, sendo as avaliações realizadas antes da sessão e 48 h após a sessão. As avaliações serão compostas pelas medidas de torque isocinético, CMJ, escala visual de dor e coleta de amostra sanguínea.

Todas as avaliações serão previamente agendadas e você é orientado a não realizar treinos intensos neste dia e comparecer alimentado e hidratado para realização das avaliações. Água será fornecida durante as avaliações.

Para participar deste estudo você deve estar apto para realizar esforço físico de alta intensidade, semelhante ao que realiza nas sessões de treino e nas competições.

Os pesquisadores responsáveis por este estudo estarão preparados para qualquer emergência efetuando os primeiros socorros.

A sua identidade será preservada, pois cada sujeito da amostra será identificado por número.

As pessoas que estarão lhe acompanhando fazem parte de uma equipe treinada e coordenada pela professora Dr^a. Saray Giovana dos Santos.

Quanto aos benefícios e vantagens em participar deste estudo, você estará contribuindo de forma única para o desenvolvimento da ciência esportiva, especialmente no judô. Os resultados provenientes da avaliação servirão de diagnóstico da sua atual condição física durante situações específicas da modalidade, podendo contribuir com o seu treinador na planificação do treinamento físico a fim de melhorar o desempenho esportivo.

Se você estiver de acordo em participar do estudo, garantimos que as informações fornecidas serão confidenciais e só serão utilizadas neste trabalho. Da mesma forma, se tiveres alguma dúvida em relação aos objetivos e procedimentos da pesquisa, ou mesmo, queira desistir da mesma, poderá a qualquer momento entrar em contato conosco pelo telefone (48) 3721-8530 ou pessoalmente no Laboratório Biomecânica do CDS/UFSC.

Agradecemos desde já a sua colaboração e participação.

Daniele Detanico
(Executora do projeto)

Saray Giovana dos Santos
(Pesquisadora responsável)

TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados a meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos experimentos/procedimentos de tratamento serão informadas por mim e realizadas em mim.

Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento.

Nome: _____

Assinatura _____

Florianópolis, ____/____/____.

APÊNDICE 2

FICHA DE AVALIAÇÃO DAS LUTAS

Dados de identificação

Nome: _____ Código: _____

Nome da mãe: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Data da avaliação:
____/____/____

Prática no judô (anos): _____ Graduação: _____

() juvenil () júnior () sênior

Categoria de peso: _____

Dominância: () D () E

Medidas antropométricas

Massa corporal (kg):		Estatura (cm):		
	<i>1^a</i>	<i>2^a</i>	<i>3^a</i>	<i>Média</i>
Tríceps				
Subescapular				
Supra-íliaca				
Abdominal				

FICHA DE AVALIAÇÃO DA SESSÃO DE TREINO

Nome: _____ Código: _____

Data de nascimento: ____/____/____

Data da avaliação: ____/____/____

Prática no judô (anos): _____ Graduação: _____

Categoria de peso: _____

Dominância: () D () E

Medidas antropométricas

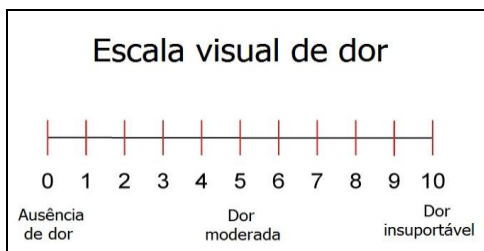
Massa corporal (kg):		Estatura (cm):		
	<i>1ª</i>	<i>2ª</i>	<i>3ª</i>	<i>Média</i>
Tríceps				
Subescapular				
Supra-íliaca				
Abdominal				

Escala de dor

ANTES



48 H APÓS



*Escala de recuperação***ANTES**

OMNI	Escala de Percepção de Recuperação	Expectativa
10	Muito Bem Recuperado / Altamente Energético	Expectativa de Desempenho Aumentado
9		
8	Bem Recuperado / Um pouco Energético	
7		Expectativa de Desempenho Similar
6	Moderadamente Recuperado	
5	Adequadamente Recuperado	
4	Um Pouco Recuperado	
3		Expectativa de Desempenho Diminuído
2	Não Bem Recuperado / Um pouco Cansado	
1		
0	Muito Mal Recuperado / Extremamente Cansado	

48 H APÓS

OMNI	Escala de Percepção de Recuperação	Expectativa
10	Muito Bem Recuperado / Altamente Energético	Expectativa de Desempenho Aumentado
9		
8	Bem Recuperado / Um pouco Energético	
7		Expectativa de Desempenho Similar
6	Moderadamente Recuperado	
5	Adequadamente Recuperado	
4	Um Pouco Recuperado	
3		Expectativa de Desempenho Diminuído
2	Não Bem Recuperado / Um pouco Cansado	
1		
0	Muito Mal Recuperado / Extremamente Cansado	

Como foi a sua sessão de treino?

Classificação	Descritor
0	Repouso
1	Muito, Muito Fácil
2	Fácil
3	Moderado
4	Um Pouco Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

Concentração de lactato sanguíneo

Pré-treino	3 min	5 min