



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RICARDO SANTOS OLIVEIRA

**EFEITO DA FOTOTERAPIA COM DIODOS EMISSORES DE
LUZ (LED, LIGHT EMITTING DIODE) SOBRE
MARCADORES INFLAMATÓRIOS E MODULAÇÃO
AUTONÔMICA EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Londrina
2012

RICARDO SANTOS OLIVEIRA

**EFEITO DA FOTOTERAPIA COM DIODOS EMISSORES DE
LUZ (LED, LIGHT EMITTING DIODE) SOBRE
MARCADORES INFLAMATÓRIOS E MODULAÇÃO
AUTONÔMICA EM ATLETAS DE FUTEBOL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Strictu-Sensu* associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração desempenho humano e atividade física para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura

Londrina
2012

RICARDO SANTOS OLIVEIRA

**EFEITO DA FOTOTERAPIA COM DIODOS EMISSORES DE LUZ
(LED, LIGHT EMITTING DIODE) SOBRE MARCADORES
INFLAMATÓRIOS E MODULAÇÃO AUTONÔMICA EM ATLETAS
DE FUTEBOL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Strictu-Sensu* associado em Educação Física – UEM/UEL, na área de concentração desempenho humano e atividade física para obtenção do título de Mestre em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Fábio Yuzo Nakamura
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Carlos Marcelo Pastre
UNESP – Presidente Prudente - SP

Profa. Dra. Solange Marta Franzói de Moraes
UEM – Maringá - PR

Londrina, ____ de ____ de ____.

*Ao meu pai Sidnei Santos de Oliveira e a
minha mãe Maria de Fátima Carneiro
Oliveira.*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a meu pai Sidnei Santos de Oliveira e a minha mãe Maria de Fátima Carneiro Oliveira por toda a ajuda, carinho, amor e dedicação durante a vida toda. A pessoa que sou devo a vocês. Gostaria de agradecer também ao meu irmão Renato Santos Oliveira e a minha irmã Suellen Renata Oliveira.

Agradeço ao meu orientador Fábio Yuzo Nakamura por ter confiado em meu trabalho. Gostaria de agradecer também pela amizade criada nesse período em que convivemos, desde a graduação até o mestrado.

Agradeço a minha co-orientadora Solange de Paula Ramos por toda a ajuda, carinho e confiança. Sua colaboração foi de extrema importância para a realização desse trabalho.

Gostaria de agradecer a professora Jeane Barcelos Soriano por sempre estar presente nos momentos de inquietação e pensamento crítico dessa empreitada. Agradecer a ela também pelas almas e RGs queimados nos churrascos com o pessoal.

Gostaria de agradecer aos meus irmãos de trajeto aqui de Londrina Rafael Evangelista Pedro e Marcelo Vitor da Costa, que desde a graduação têm me ajudado e estado presentes durante os momentos alegres e tristes da trajetória. Além disso, aos grandes amigos Henrique Bortolotti, Lucas Adriano Pereira, Nilo Massaru Okuno, Thiago Alfredo de Siqueira Pereira, Vinicius Flávio Milanez, Thiago José Machado de Camargo, Gleyson Stabille e Thiago Viana Camata que sempre aguentaram minha chatice por eu sempre achar que tenho razão. Obrigado pessoal pelas conversas, brigas, churrascos, cervejas, etc... Consigo apenas fazer uma citação para mostrar minha gratificação por ter convivido com vocês. “...*In the vastness of space and the immensity of time, it is still my joy to share a planet and a epoch with all of you*” Sagan, C. (Pale Blue Dot, 1994)

Aos meus amigos de São Jerônimo da Serra, em especial ao Diego Alexandre (vulgo Adão... hehe). Valeu rapaz, desde jovens sempre

Ao pessoal do grupo GEAFIT, em especial ao Lucas Leme e ao Vinicius Flávio Milanez, que sempre estiveram a disposição para ajudar nas coletas e elaboração dos resultados do trabalho. Ao Lucio Flavio e ao Thiago Pereira por sempre ajudas nas questões acadêmicas.

Agradecer também ao Eduardo Vignoto e a Professora Flávia Guarnier pela ajuda com as análises bioquímicas que foram de tremenda importância para a qualidade do

trabalho.

Ao professor Jefferson Rosa Cardoso que contribuiu muito para a minha formação.

A equipe Junior Team que disponibilizou-se para a coleta de dados. E aos atletas pelo empenho nas coletas.

Aos professores do centro de educação física que direta ou indiretamente colaboraram com a elaboração desse trabalho. Aos funcionários Dona Édina e Seu Zézinho que sempre estão dispostos a ajudar e tratar-nos com carinho.

“...There was one particular tree of which we were not to partake, a tree of knowledge. Knowledge and understanding and wisdom were forbidden to us in the history. We were to be kept ignorant...”
“...We could not happily have remained ignorant forever...”

Carl Sagan

OLIVEIRA, Ricardo Santos. **Efeito da fototerapia com diodos emissores de luz (led,light emitting diode) sobre marcadores inflamatórios e modulação autonômica em atletas de futebol.** 2012, 68 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

Durante a pré-temporada e a temporada, os atletas de modalidades coletivas são submetidos a períodos de elevadas cargas de treinamento interpostos por períodos de recuperação. A aplicação de cargas intensificadas sem a recuperação adequada pode levar a alterações inflamatórias e autonômicas de maneira crônica o que pode aumentar o risco de desenvolvimento de overtraining. Dessa maneira, a aplicação de métodos que auxiliem a recuperação devem ser implementados. A aplicação da fototerapia com diodo emissor de luz (LED) é um método que tem mostrado resultados positivos sobre a recuperação tecidual, diminuindo o quadro inflamatório e promovendo o reparo tecidual. O objetivo do estudo foi analisar se a aplicação da LEDfototerapia de maneira crônica apresenta influência sobre a diminuição dos marcadores inflamatórios; aumento da modulação parassimpática; diminuição do estresse percebido durante uma semana de treinamento em atletas de futebol. Fizeram parte da amostra 18 atletas de futebol de Londrina (Idade: $21,2 \pm 2,6$ anos; Peso: $73 \pm 7,2$ Kg; Estatura: $178 \pm 6,2$ cm.). Durante uma semana foram realizadas coletas da frequência cardíaca de repouso e avaliação subjetiva de estresse e recuperação, através do DALDA. Amostras de sangue foram coletadas na segunda e sábado no período entre as 08:00 e 09:00 da manhã para análise de citocinas pró-inflamatórias. Os atletas foram aleatorizados em dois grupos, grupo LED e grupo placebo (PLA). O tratamento foi aplicado nos membros inferiores nos músculos do quadríceps e bíceps femoral todos os dias após a última sessão de treinamento. A aplicação foi realizada de maneira “duplo cego”. Para análise estatística foi aplicado ANOVA two-way para medidas repetidas (2 grupos por 2 coletas) para verificar se o tratamento apresenta influência sobre a produção de citocinas pró-inflamatórias e modulação autonômica. Para a comparação das respostas subjetivas ao questionário DALDA foi aplicado teste não paramétrico de Wilcoxon. A significância adotada foi $P < 0,05$. Além disso, foi aplicado à inferência prática baseada em magnitudes para verificar a probabilidade da LEDfototerapia apresentar efeito positivo, irrelevante ou negativo comparado com o tratamento placebo. Após a semana, houve uma diminuição nas concentrações de TNF alfa para o grupo LED (Segunda: $7,9 \pm 11,4$; Sábado: $3,5 \pm 2,4$) comparado com o grupo PLA (Segunda: $7,1 \pm 6,7$; Sábado: $6,9 \pm 8,9$) as chances desse efeito serem positivos/inconclusivos/negativos para o grupo LED foi de 95/5/1. Além disso, houve um possível aumento (2/28/70) nas concentrações de IL6 para o grupo LED (45,9%) comparado com o grupo PLA (-34,1%). No que diz respeito às alterações autonômicas o grupo PLA apresentou um aumento no RMSSD (40%) após a semana, comparado com o grupo LED (10,9%) esse resultado mostrou um possível efeito positivo (9/16/75) para o grupo PLA comparado com o grupo LED. As alterações no estresse percebido “respostas pior que o normal e melhor que o normal” da parte “A” e “B” diminuíram e aumentaram, respectivamente para o grupo LED. Com esses resultados podemos concluir que a aplicação da LEDterapia foi capaz de diminuir as concentrações de TNF alfa e acarretar um efeito negativo sobre as concentrações de IL6. Além disso, as alterações na VFC foram inconclusivas para o grupo que recebeu o tratamento ao passo que o grupo controle (PLA) apresentou uma pequena elevação na modulação vagal.

Palavras-chave: Recuperação. Estresse. Inflamação. Futebol. Carga interna.

OLIVEIRA, Ricardo Santos. **Effects of phototherapy with light emitting diode on inflammatory markers and autonomic modulations in soccer athletes.** 2012, 68 pg. Dissertação de mestrado (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

ABSTRACT

During the training team sports athletes are exposed to high training loads which are interposed by recovery periods. The intensified training loads without appropriated recovery may lead to a chronic inflammatory state and an autonomic change that are related with higher odds to overtraining development. Thus, recovery methods should be implemented. The phototherapy with light emitting diode (LED) is one method that has been showing positive results over the tissue repair process and decrease in inflammatory state. The main of the study was analyze the influence of chronic LED phototherapy on inflammatory state, increase of parasympathetic modulation and decrease in perceived stress during a week of training in soccer players. Took part in the study 18 soccer players (Age: 21.2 ± 2.6 years; Body mass: 73 ± 7.2 Kg; Stature: 178 ± 6.2 cm). During one training week blood collect for inflammatory cytokine analysis, heart rate recovery and subjective perceived stress through DALDA questionnaire was realized. The data collect was performed in Monday and Saturday between 08:00 – 09:00 a.m. During this week the athletes were randomized in two groups: LED and placebo (PLA). The treatment with LED was applied on four points in lower limbs on quadriceps and hamstring muscles every day after the last training session. The treatment was performed in double-blind fashion. ANOVA two way with repeated measures was performed to check if the treatment had had influence on pro-inflammatory cytokine and autonomic modulation. The perceptual responses of DALDA were compared using the Wilcoxon test. The significance adopted was $P < 0.05$. More after, the practical inferences based on magnitudes was used to verify the probabilities of LED had a positive, trivial or negative effect compared with PLA. After the week there was a decrease on TNF alpha for LED (Monday: 7.9 ± 11.4 ; Saturday: 3.5 ± 2.4) compared with PLA (Monday: 7.1 ± 6.7 ; Saturday: 6.9 ± 8.9) the chances of an effect to be considered positive/trivial/negative were 95/5/1 for LED. Besides, there was a possible increase (2/28/70) on IL6 concentrations for LED (45.9%) compared with PLA (-34.1%). Regarding the autonomic changes PLA showed an increase in RMSSD (40%) after the week compared with LED (10.9%), this result showed a possible positive effect for PLA compared with LED. The changes in “worse than normal” and “better than normal” were significantly for LED. With those results we can conclude that the LED therapy was capable of decrease TNF alpha concentration and lead to an increase in IL6. More often, the changes in VFC were inconclusive for LED and the PLA showed a slight increase in vagal modulation.

Key-words: Recovery. Stress. Inflammation. Soccer. Internal load.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pontos de aplicação do tratamento	37
Figura 2 - Tamanho do efeito (Cohen) das alterações nas concentrações das citocinas para os grupos LED e PLA. Barras de erros representam o intervalo de confiança de 90%. Área cinza representa o mínimo efeito observável (0,20).	45
Figura 3 - Tamanho do efeito (Cohen) das alterações nos índices de VFC para os grupos LED e PLA. Barras de erros representam o intervalo de confiança de 90%. Área cinza representa o mínimo efeito observável (0,20).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros para a aplicação do LED.....	37
Tabela 2 - Programação semanal de treino durante a semana experimental	43
Tabela 3 - Média (desvio padrão) da duração das sessões de treino durante a semana	43
Tabela 4 - Média (desvio padrão) das respostas da percepção subjetiva de esforço das sessões	44
Tabela 5 - Média (desvio padrão) dos parâmetros de PSE da sessão durante a semana	44
Tabela 6 - Alterações nas concentrações plasmáticas das citocinas durante a semana de treino para os grupos LED e PLA.....	46
Tabela 7 - Alterações na modulação autonômica durante a semana de treino para os grupos LED e PLA.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bpm	Batimentos por minuto
CEP	Comitê de ética em pesquisa
CK	Creatina quinase
Cm ²	Centímetro quadrado
DALDA	<i>Daily analysis of life demands for athletes</i>
ELISA	Ensaio imunoenzimático
FC	Frequência Cardíaca
HF	Alta frequência
IL-1	Interleucina 1
IL-6	Interleucina 6
J	Joule
LDH	Lactato desidrogênase
LED	Diodo emissor de luz
LF	Baixa frequência
LF/HF	Razão LF/HF
LLLT	Laser terapia de baixa intensidade
Nm	Nanômetro
OR	<i>Overreaching</i>
PLA	Placebo
PSE	Percepção Subjetiva de Esforço
RMSSD	raiz quadrada dos quadrados da diferença média entre os intervalos RR adjacentes
RNA	Ácido ribonucleico
RRmédio	Intervalo médio entre as despolarizações ventriculares
SDNN	Desvio padrão dos intervalos RR.
TNF alfa	Fator de necrose tumoral alfa
TRIMP	<i>Traning Impulse</i> (Impulso de treinamento)
VFC	Variabilidade da frequência cardíaca
VO ₂ máx	Consumo máximo de oxigênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA	16
3 OBJETIVOS	17
3.1 OBJETIVOS GERAIS.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4 REVISÃO DA LITERATURA	18
4.1 RECUPERAÇÃO DURANTE O TREINAMENTO	18
4.1.1 Controle da Carga de Treino	19
4.1.2 Alterações Psicofisiológicas Decorrentes do Treinamento	21
4.1.2.1 Citocinas pró-inflamatórias	21
4.1.2.2 Alterações autonômicas.....	24
4.1.2.3 Alterações nos marcadores subjetivos de estresse e recuperação	27
4.2 MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO	28
4.2.1 Light Emitting Diode (LED).....	29
4.2.1.1 Relação entre a dosagem e os resultados.....	30
4.2.1.2 Influência da fototerapia sobre o exercício e recuperação.	32
5 MATERIAIS E MÉTODOS	36
5.1 AMOSTRA	36
5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	36
5.4 CONTROLE DA CARGA DE TREINO	38
5.5 ANÁLISE DOS MARCADORES INFLAMATÓRIOS	39
5.5.1 Dosagem Sérica de IL-1 beta; IL-6; TNF alfa	39
5.6 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DALDA.....	39
5.7 MONITORAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA	39
5.8 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	40
5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	40
6 RESULTADOS	42
6.1 CARGA EXTERNA E CARGA INTERNA	42

6.2 MARCADORES INFLAMATÓRIOS.....	42
6.3 DALDA.....	47
6.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA.....	47
7 DISCUSSÃO	50
8 CONCLUSÃO.....	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

O desempenho ótimo durante uma competição esportiva é resultado de uma adequada aplicação de cargas de treinamento (KENTTA; HASSMEN, 1998) e períodos ótimos de recuperação (KELLMANN, 2010). A aplicação inadequada das cargas de treinamento pode acarretar um estado de *overreaching*, podendo evoluir para o estado de *overtraining* (ARMSTRONG; VANHEEST, 2002). Por outro lado, a recuperação inadequada pode não proporcionar as adaptações fisiológicas necessárias ao aumento no desempenho. Dessa maneira, além da correta prescrição das cargas de treinamento, métodos de recuperação eficazes podem influenciar positivamente o desempenho de atletas e reduzir o risco de *overtraining*.

A aceleração da recuperação pode se dar por meio de métodos que auxiliem na diminuição consistente dos marcadores de estresse fisiológico (KELLMANN, 2010) provenientes da aplicação das cargas internas e externas de treinamento (IMPELLIZZERI; RAMPININI; MARCORA, 2005). As alterações fisiológicas provenientes do excesso de carga, necessária em algumas etapas do treinamento (VIRU, 1984), são marcadamente relacionadas com alterações do eixo hipotálamo-autonômico-imunológico. Durante períodos de aplicação de elevadas cargas de treinamento, há uma elevação nas concentrações de citocinas pró-inflamatórias (MAIN et al., 2009; ROBSON-ANSLEY; BLANNIN; GLEESON, 2007) e uma diminuição na modulação autonômica parassimpática (BUCHHEIT et al., 2004; PICHOT et al., 2002; PICHOT et al., 2000). Essas alterações se refletem em uma alteração no balanço entre estresse/recuperação e aumento nas fontes e sintomas de estresse (COUTTS et al., 2007a; KELLMANN; GUNTHER, 2000), podendo estar relacionadas, se forem persistentes, com o desenvolvimento da síndrome de *overtraining*.

Por outro lado, a aplicação de métodos de recuperação e/ou um adequada recuperação podem proporcionar diminuição das alterações agudas do eixo hipotálamo-autonômico-imunológico. Por exemplo, Buchheit et al. (2009) mostraram que a imersão em água fria, um método de recuperação amplamente utilizado (BLEAKLEY; DAVISON, 2010), ocasionou maior modulação parassimpática após exercício supramáximo em comparação com a situação controle, sem aplicação de um método de recuperação pós-exercício. O tempo de recuperação também apresenta influência sobre as alterações fisiológicas agudas. Ronsen et al. (2002) verificaram que recuperação com maior duração (6 horas) proporcionou menor elevação das concentrações plasmáticas de cortisol e adrenalina após exercício comparado com um período de recuperação com duração reduzida em 50%; além disso, após o segundo

exercício a contagem das células do sistema imunológico apresentou maior depressão no grupo com recuperação reduzida. Esses estudos indicam que a recuperação apresenta influência, de maneira aguda, sobre as alterações imuno-endócrinas. No entanto, a aplicação crônica de métodos de recuperação apresenta resultados controversos. Barnett (2006) mostrou que dos métodos comumente aplicados, não existe consenso sobre a respectiva eficácia de cada um deles, tanto na alteração dos marcadores quanto no aumento no desempenho.

A fototerapia parece ser um método promissor, no que diz respeito às alterações das respostas inflamatórias após o exercício. Diversos estudos têm investigado a influência desse método sobre os marcadores de estresse e desempenho. Leal Junior et al. (2011) demonstraram que a aplicação do diodo emissor de luz (LED) proporcionou diminuição considerável nas concentrações de lactato e creatina quinase após exercício comparado com a imersão em água fria e situação controle. Da mesma forma, a aplicação do método aumentou o desempenho em exercício com pesos até a exaustão (LEAL JUNIOR et al., 2009c). De maneira geral, os estudos demonstram que a fototerapia, aplicada de maneira aguda, proporciona diminuição nos marcadores de estresse e aumento no desempenho (BARONI et al., 2010a; BARONI et al., 2010b; DE ALMEIDA et al., 2011a; DE ALMEIDA et al., 2011b; DE ALMEIDA et al., 2011c; DE MARCHI et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009b; LEAL JUNIOR et al., 2008). Porém, a influência do método sobre a diminuição dos marcadores de maneira crônica, bem como os mecanismos associados, são menos compreendidos.

2 JUSTIFICATIVA

O inadequado balanço entre a aplicação de cargas de treinamento e recuperação pode provocar reações inflamatórias (ROBSON, 2003; SMITH, 2000; SMITH, 2004), desequilíbrio na modulação autonômica (IELLAMO et al., 2002; MANZI et al., 2009b; PICHOT et al., 2002; PICHOT et al., 2000) e no balanço percebido entre estresse e recuperação (COUTTS et al., 2007a; COUTTS; REABURN, 2008; KELLMANN, 2010; KELLMANN; GUNTHER, 2000; PURGE; JURIMAE; JURIMAE, 2005). Essas alterações podem desencadear a síndrome do *overtraining*. Dessa maneira, um adequado controle da carga e uma boa recuperação se tornam interessantes na busca do máximo desempenho atlético.

Apesar de diversas estratégias de recuperação serem utilizadas rotineiramente, não existe consenso sobre a sua eficácia no aumento do desempenho e diminuição nos marcadores de estresse fisiológico proveniente do treinamento (BARNETT, 2006). Um método que vem despertando interesse é a aplicação da fototerapia.

Estudos têm demonstrado que o método apresenta influência na diminuição dos marcadores inflamatórios agudos. No entanto, não existem resultados que comprovem sua eficiência na alteração na inflamação crônica, proveniente do treinamento, que está relacionada com o *overtraining* (ROBSON, 2003; SMITH, 2000; SMITH, 2004) e sobre o aumento do desempenho durante um período de treinamento.

Tais resultados podem auxiliar na escolha de um método eficaz para a diminuição da inflamação aguda, inflamação crônica e alteração da modulação parassimpática cardíaca, podendo levar a uma melhora no desempenho durante a competição.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar a influência da aplicação da LEDfototerapia, sobre as citocinas inflamatórias, modulação autonômica e marcadores subjetivos de estresse/recuperação, durante uma semana de treinamento em atletas de futebol.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Verificar as possíveis alterações na carga interna de treinamento que possam ser proporcionadas pela aplicação do LEDterapia;
- 2) Verificar associações entre as respostas inflamatórias com a carga de treinamento e a variabilidade da frequência cardíaca.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Na busca pelo aumento no desempenho, atletas são submetidos a períodos com elevação nas cargas de treinamento, interpostas por períodos de recuperação visando ao processo de supercompensação (VIRU, 1984). Uma exposição a altas cargas de treinamento com recuperação inadequada pode desencadear um estado de *overreaching* não funcional, ou evoluir para o estado de *overtraining* (ARMSTRONG; VANHEEST, 2002). Sendo assim, estratégias que visem aperfeiçoar o processo de recuperação se tornam interessantes. Essa revisão tem por objetivo estabelecer a importância da recuperação, os marcadores importantes a serem analisados e a discussão de um possível método de recuperação, por meio da aplicação da fototerapia com diodo emissor de luz (LED) e sua influência sobre a atenuação dos marcadores inflamatórios e sobre o desempenho.

4.1 RECUPERAÇÃO DURANTE O TREINAMENTO

Para o desempenho ótimo durante a competição, os atletas são submetidos a altas cargas de treinamento e o sucesso depende da aplicação adequada das cargas com o consequente aumento no desempenho. Nesse contexto, a aplicação de cargas abaixo da intensidade necessária não proporciona as adaptações fisiológicas desejadas, enquanto que cargas acima do necessário podem provocar um estado de *overtraining* (KENTTA; HASSMEN, 1998). A recuperação é necessária para que ocorram as adaptações biológicas em reposta ao estresse advindo do treinamento e para o aumento da tolerância ao estresse de treinamento (KELLMANN, 2010). Além disso, a recuperação pode ser utilizada em outros contextos, como por exemplo, recuperação de atletas que já atingiram um estado de *overtraining*. Visto que a recuperação é um importante aspecto durante o treinamento, estratégias de recuperação devem ser adotadas em busca do aumento no desempenho. Porém, dentre as diversas estratégias utilizadas, não há consenso sobre seus possíveis benefícios (BARNETT, 2006).

A recuperação pode ter influência sobre vários parâmetros que apresentam alterações durante o treinamento e que estão relacionados com o estado de *overreaching* e *overtraining* como, por exemplo, as alterações de marcadores inflamatórios, neuro-humorais e comportamentais. Dentre esses marcadores, a atividade do sistema imune e marcadores de lesão celular (MACKINNON, 2000; ROBSON, 2003; SMITH, 2000; SMITH, 2004) e a atividade do sistema nervoso autônomo (IELLAMO et al., 2002; MANZI et al., 2009a;

PICHOT et al., 2002; PICHOT et al., 2000) têm sido amplamente utilizados como marcadores do estresse provocados pelo treinamento. Além desses marcadores, a utilização de questionários pode ser uma ótima estratégia para monitorar as alterações nos marcadores de estresse e recuperação durante o treinamento (KELLMANN, 2010).

4.1.1 Controle da Carga de Treino

O treinamento é um processo de aplicação de cargas e períodos de recuperação, e ferramentas que visem monitorar a quantidade e eficácia desse processo devem ser utilizadas para monitoramento dos atletas. A literatura têm mostrado estratégias para monitoramento das cargas internas e externas. A quantificação da carga externa se dá pelo acompanhamento dos parâmetros da prescrição do exercício, como por exemplo, a distância percorrida, número de repetições realizadas, tempo de recuperação, etc.; sua quantificação é feita de maneira mais fácil comparada com a quantificação da carga interna, a qual representa a resposta fisiológica individual a um dado estímulo externo (IMPELLIZZERI; RAMPININI; MARCORA, 2005).

Para o controle da carga interna, diversos métodos têm sido utilizados. Os métodos mais aplicados são os baseados em respostas da frequência cardíaca (BANISTER; MAC DOUGALL; WENGER, 1991; EDWARDS, 1993), frequência cardíaca associada a limiares ventilatórios (LUCIA et al., 2003), curvas de concentrações de lactato sanguíneo (MANZI et al., 2009a; STAGNO; THATCHER; VAN SOMEREN, 2007) e a partir da percepção subjetiva do esforço da sessão (PSE da sessão) (FOSTER, 1998; FOSTER et al., 2001). Essa última tem-se mostrado uma ferramenta válida e prática para a quantificação das cargas em esportes coletivos (ALEXIOU; COUTTS, 2008; IMPELLIZZERI et al., 2004).

O controle da carga interna por meio da aplicação desses métodos recebe o nome de impulso de treinamento (*Training Impulse – TRIMP*). Esse método, proposto por Banister (1991), leva em consideração a duração da sessão e as respostas indicativas da carga interna (como frequência cardíaca, lactato sanguíneo, limiares ventilatórios, etc.). Por exemplo, no método proposto por Banister, MacDougall e Wenger (1991) o TRIMP é obtido pela multiplicação da duração do treino pelo delta da razão da frequência cardíaca (obtido através da seguinte fórmula: $FC \text{ de exercício} - FC \text{ de repouso} / FC \text{ máxima} - FC \text{ de repouso}$) e pelo resultado da aplicação de uma função exponencial (y), baseada no aumento da concentração de lactato em relação à fração de aumento da frequência cardíaca.

Outro método baseado nas respostas da frequência cardíaca leva em consideração as zonas de intensidades relativas à frequência cardíaca máxima (BANISTER; MAC DOUGALL; WENGER, 1991). O valor do TRIMP é obtido pela multiplicação do tempo despendido em cada uma dessas zonas pelo peso atribuído a elas (Peso 1 = 50 – 60% da FCmax; Peso 2 = 60 – 70% da FCmax; Peso 3 = 70 – 80%; Peso 4 = 80 – 90% da FCmax; Peso 5 = 90 – 100% da FCmax). Um método semelhante ao proposto por Edwards (1993) foi proposto por Lucia et al. (2003). De acordo com esse método, o tempo da sessão despendido nas zonas abaixo, entre e acima dos limiares ventilatórios é multiplicado pelos respectivos pesos (abaixo = 1; entre = 2; acima = 3). Métodos similares utilizam os limiares de lactato para atribuírem os pesos (SEILER; KJERLAND, 2006).

Uma das limitações dos métodos baseados na frequência cardíaca é que em exercícios intermitentes os resultados obtidos podem ser superestimados, uma vez que a frequência cardíaca tem um período de queda atrasado após realização de exercício intenso; dessa forma, durante atividades de baixa intensidade a frequência cardíaca pode estar elevada devido ao exercício intenso realizado previamente.

Tendo em vista as limitações do uso dos métodos baseados na frequência cardíaca, Foster et al. (1998; 2001) propuseram a utilização da percepção subjetiva de esforço (PSE) da sessão para o cálculo do TRIMP. A avaliação do TRIMP a partir da PSE da sessão se dá da seguinte maneira: Após 30 minutos do término da sessão, é questionado ao atleta “Como foi sua sessão de treino?”. O atleta então relata na escala CR-10 de Borg (ANEXO 1) um valor correspondente à intensidade do treino realizado (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010). O TRIMP é então obtido multiplicando-se o valor reportado pelo atleta pela duração total da sessão. Por exemplo, em uma sessão de 30 min. com a PSE da sessão de 5, chega-se a um TRIMP de 150 unidades arbitrárias.

A validade da análise da carga interna de treinamento por meio da PSE da sessão tem sido investigada na literatura. O critério utilizado para testar a validade dessa ferramenta é a aplicação de comparações com métodos de obtenção do TRIMP baseados nas respostas da frequência cardíaca e limiares metabólicos. De maneira geral, a PSE da sessão apresenta alta correlação com os métodos objetivos de quantificação de carga. Alexiou e Coutts (2008) mostraram que a carga de treinamento obtida a partir do método PSE da sessão apresenta alta correlação com as estimativas baseadas nos métodos objetivos propostos por Banister, MacDougall e Wenger (1991), Edwards (1993) e Lucia et al. (2003) (Intervalo de Confiança de 95% das relações observadas: 0,80 – 0,89; 0,74 – 0,92; 0,79 – 0,92,

respectivamente). As maiores relações foram observadas nas sessões de condicionamento aeróbio, enquanto que as menores nas sessões de treinamento de força.

Em um estudo semelhante, Impellizzeri et al. (2004) analisaram a validade da PSE da sessão relacionando-a com os valores obtidos pelos métodos de Banister, MacDougall e Wenger (1991), Edwards (1993) e Lucia et al. (2003). Os resultados mostraram que a variância compartilhada entre os métodos foi em média de 50%. Entretanto, esses baixos valores observados não significam que a PSE da sessão não seja um método válido. Talvez, os métodos baseados na frequência cardíaca não sejam os melhores critérios de comparação, tendo em vista as limitações observadas. Por exemplo, após exercício intermitente de alta intensidade há um atraso na queda da frequência cardíaca, podendo dessa forma, superestimar a intensidade do exercício (NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010).

O TRIMP obtido pelo método da PSE da sessão parece ser um bom método para avaliar a carga interna do treino. Esse método é de baixo custo e pode ainda fornecer parâmetros como monotonia e *Strain* da semana de treino. A monotonia é obtida por meio da divisão da média da PSE semanal pelo seu desvio padrão semanal e informa o nível de monotonia durante a semana de treino; e o *Strain* é obtido pela multiplicação da monotonia pela carga semanal e informa o estresse geral do treinamento, levando em consideração a carga total e a monotonia.

4.1.2 Alterações Psicofisiológicas Decorrentes do Treinamento

4.1.2.1 Citocinas pró-inflamatórias

O exercício físico pode acarretar aumento nas concentrações plasmáticas de citocinas (OSTROWSKI et al., 1999). As citocinas são moléculas circulantes que podem ter ação parácrina e autócrina. São produzidas pelas células do sistema imune, como por exemplo, macrófagos e linfócitos. No entanto, existem evidências de que algumas citocinas são produzidas por diversos órgãos do corpo. As citocinas são caracterizadas como pró e/ou anti-inflamatórias. Citocinas pró-inflamatórias, como por exemplo, a interleucina 1 beta (IL-1 beta) e o fator de necrose tumoral alfa (TNF alfa) são produzidas por diversos órgãos (MOLDOVEANU; SHEPHARD; SHEK, 2001) e estão relacionadas com uma série de respostas metabólicas, inflamatórias e nervosas (CANNON, 2000). Além da IL1 beta e do TNF alfa, a interleucina 6 (IL-6) também tem ações pró-inflamatórias; no entanto, essa pode também apresentar ações anti-inflamatórias de forma dose-dependente (ROBSON, 2003).

Logo após o exercício, há um aumento nas concentrações das citocinas pró e anti-inflamatória, que é dependente da duração e intensidade do exercício (PEDERSEN; HOFFMAN-GOETZ, 2000). A elevação das citocinas pró-inflamatórias (IL-1 beta e TNF alfa) após o exercício está relacionada com o aumento dos monócitos circulantes (STARKIE et al., 2001). Além dessas citocinas, após o exercício há um aumento nas concentrações de IL-6 que parece estar relacionada à produção dessa citocina pelo tecido muscular em contração (PEDERSEN; FEBBRAIO, 2005). Resultados interessantes foram observados por Bernecker et al. (2011), que mostraram uma elevação nas concentrações sanguíneas de IL-6 e TNF alfa após a realização de uma maratona; tal elevação não foi observada na quantidade de RNA mensageiro dessas citocinas nos monócitos circulantes. Esses resultados mostram que após o exercício há uma elevação nas concentrações plasmáticas das citocinas pró-inflamatórias de maneira independente do estímulo das células do sistema imune.

Resultados semelhantes mostram que após exercício excêntrico há uma elevação nas concentrações de creatina quinase, a qual não é observada em mesma magnitude após exercício concêntrico. O mesmo padrão de elevação foi observado para a IL-6, que apresentou correlação alta ($r = 0,72$) com a quantidade de creatina quinase sanguínea no segundo e quarto dia após o exercício (BRUUNSGAARD et al., 1997). Esses resultados demonstram que a perda da integridade muscular, decorrente do exercício, pode causar um quadro de inflamação aguda. Tal inflamação aguda pode perdurar até 24 h após exercício excêntrico. Por exemplo, após esse tipo de exercício há elevação nas concentrações de creatina quinase por até 48 – 72 h e nas concentrações de IL-6 imediatamente e 24 h após; o mesmo protocolo (exercício pliométrico com alta carga excêntrica) acarretou diminuição no desempenho no salto *squat* e com contramovimento nas 24 a 72 h após o protocolo (CHATZINIKOLAOU et al., 2010).

Com a aplicação das cargas de treinamento, esse quadro de inflamação aguda pode evoluir para uma inflamação crônica (SMITH, 2000; SMITH, 2004). Ao contrário da inflamação aguda, onde há um aumento nas citocinas após o exercício, a inflamação crônica está relacionada com uma elevada concentração das citocinas pró-inflamatórias durante o período de recuperação. Esse aumento permanente das concentrações dessas citocinas tem diversas influências sobre o organismo e é um dos sinais e sintomas do estado de *overtraining* (ROBSON, 2003; SMITH, 2000; SMITH, 2004).

De fato, quando um exercício de alta intensidade (30 min a 85% VO₂max) é realizado por três dias consecutivos, há uma elevação nas concentrações de TNF alfa 24 h após o término do exercício (ex: antes do início da segunda e terceira sessão), permanecendo

elevada por até 72 h após o último dia do exercício; além disso, há uma elevação na morte das células do sistema imune (monócitos, linfócitos e neutrófilos) por apoptose (TUAN et al., 2008).

No entanto, Halson et al. (2003) analisaram se um período de intensificação de cargas de treinamento em ciclistas ocasionaria elevação nas concentrações das citocinas pró-inflamatórias. Os resultados mostram que não houve alterações nas concentrações de IL-6 e TNF alfa durante o período de intensificação das cargas. Entretanto, nesse estudo notou-se que não houve diferenças nas concentrações plasmáticas de creatina quinase, indicando a ausência de micro traumas durante o período de intensificação das cargas.

Resultados opostos foram encontrados por Main et al. (2009), que observaram elevações nas concentrações de TNF alfa após seis semanas de alto volume de treinamento predominantemente aeróbio (80%) em remadores; essa resposta não foi observada para a IL-6. Além disso, houve interação entre a distância e duração do treinamento e as alterações do TNF alfa. Vale ressaltar que nesse estudo houve um aumento no estresse percebido durante as semanas com alto volume de treinamento; por exemplo, foi notado que as elevações nas concentrações de TNF alfa e IL-6 apresentaram associação com as alterações no 'vigor', 'fadiga' e 'perturbações no sono' (MAIN et al., 2010).

Resultados similares aos encontrados por Main et al. (2009; 2010) foram observados por Robson-Ansley et al. (2007). Nesse estudo, os autores notaram uma elevação nas concentrações de IL-6 durante períodos de intensificação de cargas em triatletas. Essa elevação na primeira semana foi independente do aumento nas concentrações de creatina quinase, a qual sofreu alteração somente na segunda semana de aumento nas cargas de treino. Esses resultados, em conjunto com os achados de Main et al. (2009; 2010), sugerem que durante intensificação das cargas há um aumento no quadro inflamatório.

O aumento nas concentrações das citocinas pró-inflamatórias sofre alteração com a diminuição da carga de treino. Farhangimaleki et al. (2009) mostraram que oito semanas de aumento progressivo no volume de treino ocasionou aumento significativo, em relação à linha de base, nas concentrações de IL-6 e TNF alfa após exercício. No entanto, os ciclistas que diminuíram em 50% a carga de treino após a oitava semana, comparado com o grupo controle, o qual continuou com o aumento progressivo no volume, apresentaram um aumento no desempenho ao final da primeira semana de diminuição que perdurou até a terceira semana; o mesmo grupo apresentou diminuição nas concentrações de IL-1, IL-6 e TNF alfa após uma corrida contra relógio de 40 km. Essa diminuição só foi observada após a terceira semana de diminuição no volume de treino.

Vale ressaltar que a maioria dos resultados observados foram obtidos em modalidades individuais (remo, triátlon, ciclismo, maratona). Pouco se sabe sobre as alterações nas citocinas em modalidades de esportes coletivos. Entre 14 e 38 horas após uma partida de rugby, há um aumento nas concentrações de IL-6. Esse aumento também é observado para a creatina quinase (CUNNIFFE et al., 2010). Porém, os resultados obtidos para o rugby são restritos à modalidade devido a características do jogo, com um alto número de contatos físicos, o que pode aumentar a ocorrência de micro lesões ocasionando, dessa maneira, uma maior elevação nas concentrações das citocinas pró-inflamatórias.

Esses estudos parecem demonstrar que a intensificação nas cargas de treino/competição, com insuficiente recuperação, podem acarretar alterações nos marcadores de inflamação. Dessa forma, uma estratégia que potencialize a recuperação pode acarretar diminuição nas concentrações, agudas e crônicas, das citocinas pró-inflamatórias.

4.1.2.2 Alterações autonômicas

Além das alterações nas citocinas pró-inflamatórias, a aplicação de altas cargas de treinamento com estratégias inadequadas de recuperação, pode acarretar alterações no sistema nervoso autonômico.

Uma forma não invasiva de avaliar a atividade autonômica cardíaca é através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (TASK-FORCE, 1996). A VFC mede as alterações do período de intervalo entre as despolarizações do ventrículo esquerdo (intervalo R-R). A análise da VFC pode ser realizada no domínio do tempo ou da frequência, e grande parte dos índices obtidos está relacionada com a atividade parassimpática. Por exemplo, as oscilações de alta frequência (HF – 0,15 – 0,40 Hz) no espectro de potência estão relacionadas com a atividade do sistema nervoso parassimpático (POMERANZ et al., 1985); as oscilações de baixa frequência (0,04 – 0,15 Hz), por sua vez, estão relacionadas a ambos os ramos simpático e parassimpático. Esses valores podem ser expressos em unidades absolutas (ms^2) ou em valores normalizados (nu). Esse último reflete o percentual de cada ramo em relação à potência total. A análise relativa desses marcadores (LF/HF) fornece informação sobre o balanço simpato-vagal (TASK-FORCE, 1996).

Além da análise realizada no domínio da frequência, a VFC pode ser obtida a partir da análise no domínio do tempo. Essa análise pode ser feita por meio de cálculos simples como, por exemplo, o intervalo R-R médio (RRmédio) e o desvio padrão dos intervalos (SDNN). Esses índices refletem a modulação geral do sistema nervoso autônomo.

Índices como a raiz quadrada dos quadrados da diferença média entre os intervalos R-R adjacentes (RMSSD) fornece informações sobre a atividade parassimpática (TASK FORCE, 1996).

No início do exercício, há uma diminuição na atividade parassimpática com concomitante aumento na atividade simpática (ARAI et al., 1989). Ao término do exercício, há uma retomada parassimpática e uma retirada simpática (IMAI et al., 1994). A retomada parassimpática depende de vários fatores como intensidade, duração e contribuição anaeróbia do exercício (BUCHHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2007; NAKAMURA et al., 2009). A depressão do sistema nervoso parassimpático após exercício pode perdurar por até 48 h (AL HADDAD et al., 2009; JAMES et al., 2002; MOUROT et al., 2004).

Diversos fatores influenciam a alteração da atividade parassimpática após exercício. Dentre esses fatores destacam-se a intensidade, duração e o tipo do exercício realizado. Após séries de exercício supramáximo (2 séries até exaustão, separadas por 10 min; relação esforço pausa: 1:1; 15 s de corrida a 95% da velocidade associada ao VO_2 max e 15 s de recuperação ativa a 45% da mesma velocidade) há uma diminuição dos marcadores da atividade parassimpática da VFC nos primeiros 10 min de recuperação. Os valores da atividade parassimpática permaneceram diminuídos 12 h após o término do exercício. No entanto, após 36 h os índices apresentaram uma tendência (tamanho do efeito = 0,70) de elevação comparada com o repouso no primeiro dia de exercício (AL HADDAD et al., 2009). Esses resultados indicam que até 12 h após o exercício há uma diminuição da atividade parassimpática, que tende a sofrer um rebote após recuperação mais prolongada, destacando a importância do período de recuperação pós-exercício na modulação vagal. Não é possível, com esses resultados, fazer inferências sobre uma depressão com maior magnitude e duração caso o exercício fosse mantido sem o período de recuperação entre as 12 e 36 horas.

Além desses fatores, a aptidão física pode alterar as respostas autonômicas após o exercício. Seiler et al. (2007) demonstraram que maratonistas altamente treinados apresentam recuperação acelerada após exercício comparado com atletas menos treinados. Nesse mesmo estudo, os autores constataram que a intensidade foi o fator determinante sobre as alterações da VFC comparado com a duração. Resultados opostos foram encontrados, em pessoas fisicamente ativas, por Myllymaki et al. (2011), que mostraram que o fator determinante sobre as alterações da VFC é a duração comparada com a intensidade.

A contribuição anaeróbia elevada presente durante a realização de exercícios com caráter intermitente parece ser um fator importante para as respostas autonômicas durante a recuperação (BUCHHEIT; LAURSEN; AHMAIDI, 2007). A

modulação autonômica após exercício intermitente necessita de um tempo maior para retornar aos valores iniciais comparado com exercícios de caráter contínuo de longa duração, onde o metabolismo aeróbio é predominante. Mourot et al. (2004) verificaram que a modulação vagal nos primeiros 20 minutos de recuperação apresentou menores valores após exercício intermitente comparado com exercício contínuo. Isso pode influenciar a aplicação das cargas de treinamento e/ou a escolha de um adequado método de recuperação após diferentes tipos de exercício.

Além da influência do exercício agudo sobre o sistema nervoso autônomo, a aplicação de cargas de treinamento, com insuficiente recuperação, pode acarretar em diminuição da atividade vagal. Por exemplo, Pichot et al. (2000) mostraram que três semanas de treinamento intenso ocasionou uma redução, relativa à primeira semana, dos marcadores noturnos da atividade vagal; além disso, houve um aumento no balanço LF/HF na terceira semana comparada com a primeira. Na quarta semana, na qual houve uma redução na carga de treino, houve um rebote na atividade parassimpática com conseqüente diminuição no balanço simpato-vagal. Esses resultados não foram observados no grupo que não treinou durante o mesmo período e reforçam a ideia que essas alterações refletem a fadiga acumulada durante o período de treinamento intenso.

A análise da influência da carga de treinamento em pessoas sedentárias mostrou que oito semanas de intensificação das cargas ocasionou uma elevação dos índices parassimpáticos. Entretanto, quatro semanas de aplicação de cargas maiores (*overload*) proporcionou uma estabilização estagnação dos índices vagais (PICHOT et al., 2002). Esses resultados parecem indicar que há um padrão dose-resposta no ganho de adaptações do sistema nervoso parassimpático decorrente da aplicação das cargas de treinamento.

A relação dose-resposta foi observada em remadores que mostraram uma elevação na atividade vagal (HF) em um período de treinamento com 75% da carga máxima; esse quadro foi revertido (diminuição do HF e aumento do LF) quando o treinamento foi realizado com 100% da carga máxima (IELLAMO et al., 2002). No entanto, o controle da carga nesse estudo não foi realizado individualmente, impossibilitando uma extrapolação do comportamento dose-resposta. Um controle mais adequado das cargas foi realizado por Manzi et al. (2009a) que mostraram que, até certo ponto, aumentos no TRIMP mensal proporcionaram elevações nos índices vagais. Porém, o aumento exagerado no TRIMP mensal proporcionou uma diminuição na modulação vagal.

Esses resultados indicam que o exercício e o treinamento influenciam a VFC. O aumento nas cargas de treinamento proporciona uma diminuição da atividade

parassimpática. Entretanto, adaptações advindas do treinamento fazem com que atletas apresentem maior tônus parassimpático comparados não atletas e cardiopatas (IMAI et al., 1994). Uma maior modulação parassimpática parece ter relação com o desempenho. Atlaoui et al. (2007) mostraram que o desempenho de nadadores se relacionou com uma maior modulação vagal após um período de treinamento. Resultados favoráveis à elevada modulação vagal em indivíduos sedentários mostram que aqueles que apresentaram uma maior atividade vagal foram os sujeitos que apresentaram uma maior alteração no $VO_2\text{max}$ (HAUTALA et al., 2003).

No que diz respeito à utilização da VFC em modalidades coletivas, nos dias em que há treino, jovens jogadores de futebol apresentam diminuição da atividade parassimpática, durante períodos noturnos, comparada com dias de repouso; a diminuição da atividade vagal é ainda mais acentuada após dias em que os jogadores disputam uma partida (BRICOUT; DECHENAUD; FAVRE-JUVIN, 2010). Além dessas alterações agudas, Buchheit et al. (2010) verificaram que jogadores de futebol que apresentam menor coeficiente de variação nos índices parassimpáticos após exercício submáximo apresentam maior ganho de desempenho em teste de campo. Da mesma forma, as alterações na modulação autonômica se relacionam com alterações no desempenho. Jogadores de futebol que apresentam aumento na atividade vagal após treinamento são os jogadores que apresentam maior desempenho em testes de campo (BUCHHEIT et al., 2011). As alterações relacionadas ao treinamento em jogadores de voleibol foram diferentes das reportadas por Buchheit et al. (2011), ou seja, após 12 semanas de treinamento não houve diferenças nos índices de modulação vagal. No entanto, a falta de um grupo controle e um adequado controle das cargas aplicadas aos atletas, impossibilitam a comparação desses resultados a outras modalidades (MAZON et al., 2011).

Esses estudos indicam que uma boa estratégia de recuperação deve promover alterações positivas sobre a modulação autonômica durante o treinamento.

4.1.2.3 Alterações nos marcadores subjetivos de estresse e recuperação

As alterações nas cargas de treinamento e recuperação tem influência sobre o balanço entre estresse e recuperação (COUTTS et al., 2007a; COUTTS; WALLACE; SLATTERY, 2007; GONZALEZ-BOTO et al., 2008; KELLMANN; GUNTHER, 2000). Dessa maneira, a avaliação apenas do componente do estresse se torna insuficiente (KELLMANN, 2010). A aplicação de medidas subjetivas para avaliação dos componentes de estresse e recuperação pode ser feita através da aplicação de questionários. Essas ferramentas

têm se mostrado válidas para análise das alterações relacionadas com o aumento na carga de treinamento e/ou diminuição na recuperação.

A análise das fontes de estresse e as alterações nos sintomas de reação ao estresse podem ser avaliadas a partir do Daily Analysis of Life Demands for Athletes (DALDA). Esse questionário é validado para a língua portuguesa e apresenta alta concordância entre as subescalas de cada nível do questionário (MOREIRA; CAVAZZONI, 2009).

O DALDA tem sido utilizado como ferramenta subjetiva para análise do estresse decorrente do treinamento (ANEXO 2). Esse questionário, proposto por Rushall (1990), é dividido em partes “A” e “B”, que avaliam as fontes de estresse e os sintomas de estresse, respectivamente. Em ambas as partes, os atletas devem sinalizar respostas “pior que o normal”, “normal” ou “melhor que o normal”, para cada questão.

O DALDA apresenta elevações nas respostas “pior do que normal” para as fontes de estresse durante períodos de elevação na carga de treinamento; ao contrário há uma diminuição nas respostas “pior que o normal” após períodos de diminuição nas cargas de treinamento (COUTTS et al., 2007b). Esse padrão foi corroborado em triatletas (ROBSON-ANSLEY; BLANNIN; GLEESON, 2007). Além disso, após períodos em que há a disputa de partidas competitivas as respostas “pior que o normal” apresentam elevação (NICHOLLS et al., 2009).

Moreira et al. (2010b) mostraram que durante uma etapa com intensificação de cargas em jogadores de basquete houve um aumento nos conceitos “pior do que o normal” para os sintomas de estresse. Da mesma maneira, durante períodos de altas cargas de treinamento houve aumento nas respostas “pior que o normal” para os sintomas de estresse em atletas de vôlei e basquetebol; além disso, o grupo com maior acúmulo de carga de treinamento (>400 unidades arbitrarias pelo método PSE da sessão) apresentou maiores valores para as fontes e sintomas de estresse comparado com o grupo com menor acúmulo de cargas (<400 unidades arbitrarias). (MOREIRA et al., 2010a).

Esses estudos indicam que o DALDA pode ser utilizado para análise das fontes e sintomas de estresse em atletas de modalidades coletivas durante a rotina de treino.

4.2 MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO

Na literatura, existem diversos métodos que visam à otimização do processo de recuperação. Dentre esses métodos, Bennett (2006) apresentou uma revisão dos principais

utilizados (massagem, recuperação ativa, imersão em água fria, câmara hiperbárica, anti-inflamatórios, alongamento, eletroestimulação e modalidades combinadas). De maneira geral, os métodos não apresentam evidências suficientes sobre a diminuição dos marcadores de estresse advindos do treinamento e aumento no desempenho. Dessa forma, um método que auxilie a recuperação é de extremo interesse no âmbito esportivo. Estudos recentes têm mostrado que a aplicação da fototerapia (ex: aplicação do Diodo Emissor de Luz – LED) pode ser uma alternativa para os métodos existentes.

4.2.1 Light Emitting Diode (LED)

A utilização da fototerapia tem mostrado resultados positivos sobre a modulação de processos bioquímicos em animais e humanos. A terapia vem sendo utilizada com diversas finalidades como, por exemplo, aceleração da cicatrização (SILVEIRA et al., 2011) regeneração de lesões no sistema musculoesquelético e neural (MESQUITA-FERRARI et al., 2011; PIRES et al., 2011), modulação do sistema imune inato (AIMBIRE et al., 2006; PIRES et al., 2011) e, mais recentemente, atenuação da fadiga e aceleração do processo de recuperação após exercício (BARONI et al., 2010a; DE ALMEIDA et al., 2011b; DE MARCHI et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009a; LEAL JUNIOR et al., 2009b). Apesar dos resultados observados sugerirem que a fototerapia seja um recurso terapêutico com aplicabilidade na prática esportiva, a fim de acelerar o processo de recuperação, ainda não há uma sistematização da dose e momento de aplicação deste recurso e da avaliação dos seus resultados.

A fototerapia empregando diodos emissores de luz pode ser empregada com o uso de diodos laser (laser terapia de baixa intensidade – LLLT) ou diodos emissores de luz (LEDs), sendo que grande parte dos estudos clínicos e experimentais utilizam a aplicação de lasers de baixa energia. Independentemente da fonte de luz, resultados biológicos semelhantes têm sido observados com a aplicação da fototerapia utilizando lasers e LEDs, uma vez que os parâmetros que determinam a eficácia do tratamento são a intensidade e o comprimento de onda, independente da fonte em que a luz foi obtida (ENWEMEKA, 2005). A fototerapia com diodos emissores de luz consiste na aplicação de energia luminosa sobre sistemas biológicos, induzindo alterações bioquímicas e fisiológicas favoráveis a homeostasia de células e tecidos.

A comparação dessas diferentes fontes de energia foi realizada por Leal Junior et al. (2009a). Os resultados desse estudo mostraram que tratamento com LED apresentou menor aumento nas concentrações plasmáticas de CK muscular após exercício

comparado com o tratamento com LLLT o qual fornecia uma energia menor (4 vs 41,7 J). Sendo assim, embora grande parte dos resultados tenham sido obtidos mediante a aplicação de LLLT, esses achados podem ser comparados com os obtidos com a aplicação do LED, desde que os parâmetros de intensidade e quantidade de luz aplicada sejam similares.

4.2.1.1 Relação entre a dosagem e os resultados

Independente da fonte de luz aplicada (ENWEMEKA, 2005), os mecanismos de ação da terapia são diversos e ainda não são completamente esclarecidos (VLADIMIROV; OSIPOV; KLEBANOV, 2004). No entanto, os efeitos biológicos parecem depender da dose total de energia aplicada e do comprimento de onda utilizado (ENWEMEKA, 2005). Dessa forma, as características técnicas do aparelho devem ser levadas em consideração durante a escolha do tratamento. A comparação entre a aplicação de diferentes doses mostra que existe um padrão dose dependente para as respostas biológicas (AIMBIRE et al., 2006; DE ALMEIDA et al., 2011a; HAYWORTH et al., 2010; SILVEIRA et al., 2011). Embora a dose e o comprimento de onda influenciem a escolha dos parâmetros, os resultados devem ser analisados com cautela, visto que a maioria dos estudos que investigaram a influência da dosagem utilizaram células isoladas ou pequenos grupos musculares, o que impossibilita a comparação e extrapolação para estudos utilizando grupamentos musculares maiores.

A influência da energia utilizada para modulação do processo de cicatrização foi investigado por Silveira et al. (2011). Nesse estudo, os autores aplicaram LLLT com dosagens de 1 e 3 J/cm² de diferentes fontes HeNe (660 nm) e GaAs (904 nm) e compararam a influência desses tratamentos sobre a cicatrização e marcadores de estresse oxidativo no tecido muscular. Os resultados desse estudo mostraram que após cinco dias os tratamentos de fontes de HeNe de 1 e 3 J/cm² e GaAs de 3 J/cm² apresentaram aceleração da cicatrização e diminuição do estresse oxidativo quando comparados com o grupo controle. Esses resultados mostraram que o tratamento com maior comprimento de onda (GaAs com 904 nm) apresentou resultados positivos somente com aplicação de maiores dosagens (3 J/cm²).

Resultados similares foram encontrados por Hayworth et al. (2010), que mostraram que doses intermediárias (21,6 comparado com 10,8 e 32,4 J/cm²) com o mesmo comprimento de onda de 660 nm, apresentaram melhores resultados sobre a estimulação da citocromo c oxidase. As diferenças entre esses estudos impossibilita a comparação. Por

exemplo, no estudo de Silveira et al. (2011) a aplicação do tratamento se deu sobre a ferida ao passo que Hayworth et al. (2010) utilizaram a aplicação sobre o corpo inteiro do animal.

No que diz respeito à influência da intensidade sobre marcadores inflamatórios, Aimbire et al. (2006) induziram uma resposta inflamatória no sistema respiratório de ratos e verificaram a influência da aplicação de LLLT com 650 nm a três diferentes doses (0,04; 0,11 e 0,22 J), com uma duração de 42 segundos de tratamento, sobre a atividade do TNF alfa. Os resultados encontrados corroboraram os achados de Hayworth et al. (2011), que mostraram que a dosagem intermediária de 0,11 J foi a que apresentou maior diminuição da atividade do TNF alfa. Outro aspecto a ser considerado é que os comprimentos de onda utilizados nesses estudos foram similares (660 e 650 nm), porém, a dose foi apresentada de maneira diferente (J/cm^2 e J), o que impossibilita inferências sobre a relação dose-resposta para diferentes processos (ex: diminuição do processo inflamatório e aumento na atividade mitocondrial).

A influência de diferentes dosagens sobre a fadiga e marcadores de lesão muscular foi investigada por Leal Junior et al. (2010a). Os resultados desse estudo mostraram que doses maiores (1,0 e 3,0 J) com o mesmo comprimento de onda (904 nm), aplicadas sobre o músculo tibial por um período de 7 a 200 segundos previamente à realização da estimulação, apresentaram melhores resultados sobre a força muscular e trabalho total comparados com doses menores (0,1 e 0,3 J) e com o grupo controle. A alteração nas concentrações de lactato foi diferente para todas as dosagens comparadas com o grupo controle, indicando que para um trabalho muscular maior houve um menor acúmulo de lactato para os grupos que receberam o tratamento. Esses resultados não foram observados para a diminuição da CK sanguínea, que não apresentou relação dose resposta; a maior dose não resultou em diminuição com maior magnitude desse marcador.

Além da dosagem aplicada, outro fator importante a ser considerado é o comprimento da onda utilizado. Enwemeka (2005) mostrou que a profundidade da penetração da luz independe da energia utilizada. Nesse estudo, o comprimento de onda maior (904 vs 632,8 nm) apresentou maior penetração muscular, independentemente da potência utilizada. Esses resultados sugerem que para obtenção de melhores resultados a aplicação em grandes grupamentos musculares deve ser feita com comprimentos de onda próximos a luz infravermelha.

Em relação à dosagem e ao comprimento de onda utilizado, podemos concluir que a dose apresenta relação com as respostas esperadas e que o comprimento de onda é o que determina a quantidade de energia disponibilizada para a célula. No entanto,

esses resultados devem ser analisados com cautela devido ao fato do tamanho muscular e os tipos de exercício utilizados serem diferentes dos quais os atletas utilizam durante o treinamento e competição.

4.2.1.2 Influência da fototerapia sobre o exercício e recuperação.

Smith (2000; 2004) apresentou a hipótese das citocinas para explicar o fenômeno de *overreaching* e *overtraining*. Essa hipótese diz que o aumento excessivo nas micro lesões causadas pelo treinamento acarreta ativação das cascatas pró-inflamatórias. Esse aumento no quadro inflamatório de maneira crônica faz com que as citocinas atravessem a barreira hematoencefálica, causando um estado de prostração e/ou diminuição no desempenho. A utilização da fototerapia como estratégia de recuperação pode ter influência sobre a produção de citocinas e sobre a redução do quadro inflamatório. A fototerapia diminui a lesão muscular provocada pelo exercício (BARONI et al., 2010a), diminuindo a inflamação local (BRUUNSGAARD et al., 1997). A fototerapia também promove a atenuação direta dos marcadores inflamatórios e diminuição da transcrição gênica de citocinas pró-inflamatórias, como, por exemplo, a IL-6, IL-1 e TNF alfa (AIMBIRE et al., 2006; DE ALMEIDA et al., 2011b; LIM et al., 2007; MESQUITA-FERRARI et al., 2011). Esses fatores podem contribuir para o melhora no desempenho durante exercício (BARONI et al., 2010a; BARONI et al., 2010b; DE ALMEIDA et al., 2011a; DE MARCHI et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009a; LEAL JUNIOR et al., 2008; LEAL JUNIOR et al., 2010a; LEAL JUNIOR et al., 2009c).

A aplicação do LED como recurso para o aumento da recuperação após exercício foi comparada com métodos mais utilizados, como por exemplo, a imersão em água fria. Leal Junior et al. (2011) compararam esses dois métodos de recuperação após a realização do teste anaeróbio de Wingate. As intervenções foram realizadas 5 min após o término do exercício. Os resultados mostraram que o tratamento com LED (660 – 850 nm; 41,7 J; duração de 30 s por ponto muscular) acarretou uma diminuição nas concentrações de CK após a aplicação; esses resultados não foram observados para o grupo que realizou imersão em água fria. A influência da aplicação da fototerapia sobre desempenho, marcadores de lesão e inflamação tem sido reportada na literatura. Leal Junior et al. (2009c) verificaram a influência do tratamento (LED de 655 a 850 nm e 41,7 J) aplicado por 30 segundos previamente a realização de flexão de braço em jogadores de voleibol, sobre marcadores de lesão muscular (CK), recuperação (mudanças nas concentrações de lactato) e inflamação (mudanças na proteína C reativa). Os resultados desse estudo mostraram que o tratamento

aumentou o número de repetições e proporcionou um menor aumento nas concentrações de lactato, além de causar uma elevação em menor magnitude dos marcadores de lesão muscular, corroborando outro estudo que encontrou o mesmo resultado após teste de Wingate (LEAL JUNIOR et al., 2008). Vale ressaltar que a análise foi realizada 3 min após o término do exercício, o que impede maiores inferências sobre a eficácia do tratamento, uma vez que o pico da concentração de CK no sangue ocorre entre 24 e 72 h.

Um modelo com menores limitações foi proposto por Baroni et al. (2010a), que aplicaram LLLT com comprimento de onda de 810 nm e energia total de 180J, divididos em seis pontos do quadríceps, por um período de 3 minutos (30 segundos por ponto), previamente à realização de exercícios excêntricos. Os resultados mostraram que os marcadores de lesão e dor percebida não apresentaram diferenças entre os grupos na avaliação antes do exercício excêntrico. No entanto, a análise após exercício revelou que a creatina quinase (CK) e lactado desidrogênase (LDH) aumentaram em maior magnitude no grupo placebo. Resultado compatível com a resposta bioquímica foi observado para a diminuição da força muscular (-35% LLLT vs -45% placebo; $P < 0,05$). A análise realizada 24 e 48 h após o exercício mostrou que ambos os marcadores permaneceram elevados em maior magnitude para grupo placebo.

Além dos resultados apresentados sobre a diminuição dos marcadores de lesão e dos marcadores de inflamação, o tratamento parece influenciar o desempenho durante exercício. Por exemplo, Baroni et al. (2010b) não observaram alterações no desempenho, durante a realização do protocolo de flexão e extensão isocinética (180°/s) de joelho até a fadiga, após aplicação de LED (660 – 850 nm; 41,1 J) prévio ao início do exercício. O tratamento só apresentou efeito na contração voluntária máxima realizada após exercício.

Resultados opostos foram observados por Leal Junior et al. (2010b; 2009c), que observaram aumento no número de flexões de cotovelos realizadas após aplicação de diferentes comprimentos de onda (655 e 830 nm) com mesmos parâmetros de dosagem (5J), aplicados em quatro pontos do bíceps, com duração de 50 s em cada ponto. Porém, esses mesmos autores (LEAL JUNIOR; PINTO, 2011) não observaram efeitos do tratamento (LED com 660 – 830 nm; 41,7 J; 4 pontos do quadríceps; 30 segundos de aplicação por ponto) sobre o desempenho no Wingate em atletas de vôlei. Em outro estudo utilizando o mesmo protocolo de fadiga, no entanto com uma menor dose (3 - 4 J), esses mesmos autores não encontraram diferenças no desempenho no teste de Wingate em jogadores de vôlei e futebol (LEAL JUNIOR et al., 2009b).

O principal mecanismo proposto para o aumento no desempenho seria uma maior atividade mitocondrial (EELLS et al., 2004; HAYWORTH et al., 2010), com consequente diminuição no estresse oxidativo (DE MARCHI et al., 2011; LEAL JUNIOR; PINTO, 2011; SILVEIRA et al., 2011). No entanto, se tal mecanismo influencia o desempenho, a escolha dos testes pode explicar as diferenças nos resultados, uma vez que o desempenho nos testes aplicados (Wingate; contração isocinética até a fadiga; flexão do braço até a fadiga) depende em menor magnitude do metabolismo aeróbio. Isso, em parte, explica os resultados positivos encontrados por de Marchi et al. (2011), que mostraram que a aplicação de LLLT (810 nm; 30 J em 12 pontos musculares dos membros inferiores, 30 s de irradiação em cada ponto) previamente à realização de um teste aeróbio progressivo ocasionou um maior consumo de oxigênio (49,1 vs 48,0 ml.kg.min⁻¹ $P = 0,02$) e um menor estresse oxidativo comparado com o grupo placebo.

Além da influência do tratamento sobre respostas agudas, Ferraresi et al. (2011) e Paolillo et al. (2011) verificaram se o tratamento aplicado de forma crônica apresentava algum efeito sobre a força muscular. Pollilo et al. (2011) aplicaram treinamento aeróbio por três meses, com ou sem aplicação concomitante de LED (55,8 J/cm²; 850 nm). Os resultados mostraram que o grupo que treinou e recebeu o tratamento aumentou os parâmetros de força isocinética; o grupo controle, por sua vez, não apresentou resultados positivos. Uma limitação clara nesse estudo foi a escolha do treinamento e/ou a forma de avaliação. O treinamento foi realizado aerobiamente (3 x semana; 30 min 80-85% FC máxima) e avaliação foi realizada em dinamômetro isocinético.

Por outro lado, Ferraresi et al. (2011) aplicaram treinamento com pesos por um período de três meses e verificaram se a fototerapia (808 nm; 214,3 J/cm²; 140 s de aplicação imediatamente após o treinamento) apresentava influência sobre as alterações na força muscular isocinética e dinâmica isotônica. Os resultados mostraram que ambos os grupos treinados aumentaram a força dinâmica (uma repetição máxima no *Leg Press*) e a circunferência de coxa. No entanto, o grupo que recebeu o tratamento foi o que apresentou maior desempenho nos parâmetros de força isocinética.

No que diz respeito à influência da fototerapia sobre o exercício e recuperação, nota-se que o tratamento, em alguns casos, não apresenta resultados positivos e em outros mostra bons resultados. As diferenças nos protocolos, forma de avaliação, dosagem, faz com que as comparações entre os estudos sejam feitas com cautela. De maneira geral, os estudos apresentam resultados positivos relacionados ao aumento no desempenho,

diminuição dos marcadores de lesão e inflamação. No entanto, delineamentos mais aplicáveis devem ser sugeridos para novos estudos.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 AMOSTRA

Fizeram parte da amostra 18 atletas (Idade: $21,2 \pm 2,6$ anos; Peso: $73 \pm 7,2$ Kg; Estatura: $178 \pm 6,2$ cm) de futebol profissional da cidade de Londrina – PR. Os goleiros foram excluídos dos procedimentos do estudo. Como critérios de inclusão, os sujeitos deveriam ter idade superior a 18 anos e inferior a 35 anos, ter experiência profissional maior que um ano, não ser fumante e seguir corretamente a rotina de treino estipulada para a semana. Nenhum dos 18 atletas foi retirado do estudo por falta aos treinos ou por uso de medicamentos anti-inflamatórios. Os participantes foram informados sobre os riscos e benefícios do presente estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina (protocolo CEP: 248/2011).

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Durante o treinamento, os atletas foram aleatorizados em dois grupos: grupo LED, o qual recebeu irradiação; e grupo placebo (PLA) o qual não recebeu irradiação. Para garantir o delineamento duplo-cego, o preparador físico da equipe ficou responsável pela aplicação do tratamento supervisionado por um avaliador durante a aplicação. Para isso, o avaliador instruiu o preparador físico sobre a posição em que a chave do equipamento deveria ser posicionada. Este último não conhecia a posição da chave que ligava ou não ligava o circuito. Nos atletas do grupo PLA foi posicionado o aparelho desligado sobre a região a ser irradiada. A aleatorização foi realizada no software Excel (Microsoft Windows®) por um pesquisador que não estava envolvido com a aplicação do tratamento.

O estudo foi conduzido por um período de uma semana. A aplicação do tratamento LED ou PLA foi realizada todos os dias após o último treino do dia. As coletas sanguíneas e análise da frequência cardíaca de repouso foram realizadas pré (segunda-feira) e pós-tratamento (sábado) no período da manhã, entre 8:00 e 10:00 horas. A aplicação do questionário DALDA foi realizada juntamente com as coletas de frequência cardíaca de repouso. Para evitar qualquer alteração nos parâmetros de modulação autonômica cardíaca, foi estipulado aos atletas realizarem as coletas de sangue após as coletas da frequência cardíaca de repouso. A carga interna de treinamento durante a semana foi acompanhada por

meio da percepção subjetiva do esforço da sessão (PSE da sessão). O controle da carga externa se deu pela media da duração e o tipo do estímulo aplicado aos atletas.

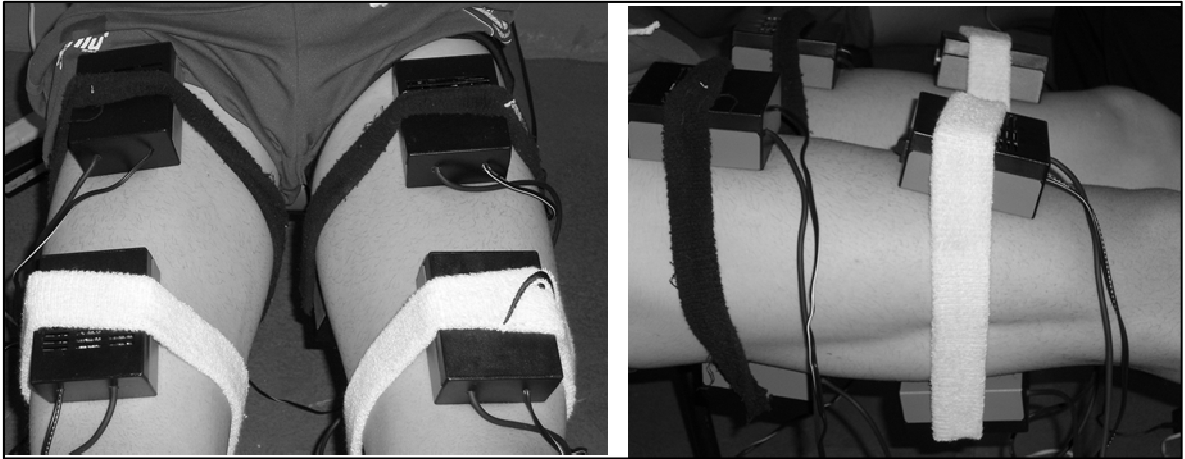
5.3 APLICAÇÃO DO TRATAMENTO (LED – PLA)

Durante a semana avaliada, os atletas treinaram duas vezes ao dia. Um treino foi realizado pela manhã e o outro durante a tarde. O tratamento foi aplicado todos os dias após a última sessão de treinamento. Para aplicação, foi seguido o protocolo proposto por Leal Junior et al. (2011). O aparelho foi posicionado em contato com a pele sobre os seguintes músculos de ambos os membros inferiores: quadríceps e bíceps femoral (Figura 1). Em cada ponto, a irradiação foi realizada por 4 min. A tabela 1 apresenta as especificações do tratamento. A aplicação foi realizada em um período de 10 a 45 min após o término da última sessão de treinamento. Para o grupo PLA, o aparelho apresentava as mesmas características do aparelho usado com o grupo LED, no entanto, a chave deveria ser ligada para outra direção de modo que não houvesse acionamento das luzes.

Tabela 1 - Parâmetros para a aplicação do LED

Parâmetros	Especificações
Número de diodos	56
Comprimento da onda	940 nm
Frequência	Continua
Potência de saída	3,3 mW por diodo
LED spot size	0,007 cm ²
Densidade da potência	0,013 W/cm ²
Energia	44,35 J (por ponto)
Densidade da energia	3,16 J/cm ²
Tempo do tratamento	4 min e por região muscular.
Número de pontos de irradiação por músculo	Quadríceps: 2 pontos; Bíceps femoral: 2 pontos
Total de energia	354,8 J.
Modo de aplicação	Estacionária em contato com a pele.

Figura 1 - Pontos de aplicação do tratamento.



5.4 CONTROLE DA CARGA DE TREINO

A quantificação da carga interna de treinamento foi realizada por meio da percepção subjetiva de esforço da sessão (PSE da sessão). Para isso, foi calculado o produto entre a duração da sessão de treinamento acumulada em minutos e o valor relatado pelo atleta na versão brasileira da escala de PSE CR-10 de Borg (BORG, 2000). A escala foi apresentada aos atletas 30 minutos após o final de cada sessão de treino. Todos os atletas eram habituados à utilização da escala em suas rotinas de treino. Os parâmetros analisados foram a quantidade de impulsos de treinamento acumulados durante a semana (soma dos produtos de cada sessão – PSE total), a média diária dos impulsos de treinamento (média dos produtos de cada sessão – PSE média), a monotonia da semana (PSE média dividida pelo desvio padrão) e o *strain* (monotonia multiplicado pela PSE total).

A carga externa de treinamento foi obtida pelo preparador físico da equipe, o qual forneceu o tipo e a duração de cada treino realizado durante a semana experimental, que representa a quantidade e qualidade de carga externa aplicada.

5.5 ANÁLISE DOS MARCADORES INFLAMATÓRIOS

5.5.1 Dosagem Sérica de IL-1 beta; IL-6; TNF alfa

As amostras de sangue foram coletadas após 12 horas de jejum, na segunda primeiro dia antes do início do treinamento e no sábado pela manhã antes do início do último dia de treinamento. Dessa forma, um total de cinco dias de treino foram analisados. As amostras foram coletadas em tubos de Vacutainer[®] não heparinizados de 10 ml. Após a coagulação, as amostras foram centrifugadas em 25000g durante 4 minutos, a 4°C. O soro foi separado e congelado a -20°C antes do uso. As amostras de soro foram utilizadas para dosagem das citocinas IL-6, IL-1 beta e TNF alfa.

A dosagem das citocinas TNF α , IL-6 e IL-1 foi realizada por meio de ensaio imunoenzimático (ELISA) utilizando-se kits comerciais (Becton Dickinson and company, Franklin Lakes, EUA) conforme instruções do fabricante. Todas as análises foram realizadas em duplicatas.

5.6 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DALDA

O questionário foi aplicado na segunda-feira e no sábado previamente ao início do treinamento. Para o preenchimento os atletas foram orientados a escolherem as respostas que mais precisamente demonstrassem seus pensamentos e atividades indicando em qual frequência cada afirmação se encaixa em seu estado atual.

Foram analisadas separadamente as fontes de estresse (parte A do DALDA) e os sintomas de estresse (parte B do DALDA).

5.7 MONITORAMENTO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Durante 10 minutos de repouso, antes do início do treinamento na segunda e sábado, a frequência cardíaca (FC) dos voluntários foi registrada em intervalos RR (ms) com um monitor de frequência cardíaca modelo POLAR TEAM² (POLAR[®], Kempele, Finlândia). Esse aparelho registra e armazena sinais das ondas R do coração a cada batimento por meio de um transmissor posicionado no tórax do atleta. O equipamento conta com um receptor que recebeu os sinais simultaneamente de cada atleta e armazenou para futura análise.

5.8 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Para análise da VFC os sujeitos foram orientados a permanecerem sentados, em repouso e com o mínimo de movimentação possível durante 10 minutos. Os 5 minutos finais foram utilizados para a análise da VFC.

Os dados foram coletados com frequência de amostragem de 1.000 Hz e os registros dos intervalos R-R foram filtrados para eliminar possíveis ruídos provenientes de batimentos ectópicos ou erros de leitura do aparelho na ordem de 20 bpm (YAMAMOTO; HUGHSON; PETERSON, 1991), sendo que o percentual de correção dos intervalos R-R foi menor que 2%. Este procedimento foi realizado por meio do software Polar Pro Trainer versão 5.35 (Polar Electro ®, Kempele, Finlândia). Em caso de permanência de pontos errôneos o mesmo foi identificado visualmente e interpolado pelos valores adjacentes.

Após a filtragem, os dados foram analisados no software Kubios HRV versão 1.1 (Biosignal Analysis and Medial Image Group, Kuopio, Finlândia). O cálculo dos parâmetros no domínio do tempo foi realizado a partir dos índices RMSSD (raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre intervalos R-R adjacentes) e o desvio padrão dos intervalos R-R normais (SDNN). O RMSSD é considerado como indicador parassimpático e o SDNN como indicador global autonômico pela VFC (TASK FORCE, ESC/NASP, 1996). Os dados foram interpolados a uma frequência cúbica de 2 Hz em séries corrigidas de intervalos normais, sendo utilizada a transformada rápida de Fourier pela janela de Welch para estimar a densidade espectral. Foram estimados os componentes de baixa frequência (LF: 0,04 – 0,15 Hz) como indicador simpático e parassimpático, e de alta frequência (HF: >0,15 – 0,4 Hz). Tanto LF quanto HF foram expressos em unidades normalizadas (un). O balanço simpato-vagal foi expresso pela razão entre LF/HF) (TASK-FORCE, 1996; VANDERLEI et al., 2009).

5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Uma vez que os dados de VFC e concentração de citocinas não apresentaram distribuição normal foi aplicada a transformação logarítmica. Os dados são apresentados como a média reobtida (*Backtransformed mean*) e coeficiente de variação como erro de medida.

Para comparar a influência do tratamento (LED ou PLA) sobre os marcadores inflamatórios e VFC de repouso pré e pós a semana experimental, foi aplicado

ANOVA *two-way* (2 grupos [LED; PLA] x 2 momentos [pré; pós]) para medidas repetidas. Prévio a aplicação do ANOVA foi utilizado o teste de Mauchly para análise de esfericidade. Nos casos em que o pressuposto foi violado a correção de Greenhouse-Geisser foi aplicada. Para comparação dos parâmetros de carga interna (PSE total, média e monotonia) foi aplicado teste T de Student para amostras independentes. Para a comparação do *strain* foi aplicado o teste U de Mann-Whitney, uma vez que esse parâmetro não apresentou distribuição normal. Para comparação das repostas “pior que o normal” e “melhor que o normal” da parte “A” e “B” do DALDA foi aplicado o teste de Wilcoxon para verificar se houve alterações dentro dos grupos. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para verificar associações entre as alterações percentuais das concentrações de citocinas e alterações percentuais na VFC com os parâmetros de carga interna. O tamanho do efeito (COHEN, 1988) das diferenças foi analisado e interpretado de acordo com o proposto por Hopkins (www.sportsci.org/stat): < 0.2: *trivial*; >0.2 – 0.6: pequeno; >0.6 – 1.2: moderado; > 1.2: grande.

Além da aplicação dos testes de hipótese nula foi aplicada a inferência prática baseada em magnitudes proposta por Batterham; Hopkins (2006). Para isso foi analisada a chance das magnitudes das alterações percentuais, obtidas através da transformação logarítmica, encontradas pelo tratamento LED terem efeito positivo, inconclusivo, ou negativo comparado com as magnitudes das alterações percentuais encontradas para o grupo PLA. A probabilidade dos efeitos encontrados foi analisada da seguinte forma: <1% quase certamente positivo/inconclusivo/negativo; 1-5% muito improvavelmente positivo/inconclusivo/negativo; 5-25% improvavelmente positivo/inconclusivo/negativo; 25-75% possivelmente positivo/inconclusivo/negativo; 75-95% provavelmente positivo/inconclusivo/negativo; 95-99% muito provavelmente positivo/inconclusivo/negativo e > 99% quase certamente positivo/irrelevante/negativo. Se os valores negativos e positivos apresentassem resultados > 10%, a inferência foi considerada inconclusiva. Para essas análises foram utilizadas as planilhas disponibilizadas em <http://www.sportsci.org/resource/stats/index.html>.

6 RESULTADOS

6.1 CARGA EXTERNA E CARGA INTERNA

Os parâmetros de carga externa estão apresentados na tabela 2. Durante a semana de treinamento os atletas treinaram um total de oito sessões. Ambos os grupos realizaram os mesmos treinamentos.

A tabela 3 apresenta os dados de duração das sessões. O grupo LED apresentou uma maior participação no treino de quarta-feira à tarde. Quanto à resposta da PSE da sessão de cada dia, não foram observadas diferenças entre os grupos (tabela 4).

A tabela 5 apresenta os parâmetros de carga interna durante a semana. Não houve diferenças entre os grupos para a PSE total, PSE média, monotonia e *strain*. No entanto, nota-se um efeito moderado para os parâmetros de monotonia e *strain*.

6.2 MARCADORES INFLAMATÓRIOS.

A ANOVA para medidas repetidas não apresentou efeito do tempo, grupo e interação para IL1 beta ($P = 0,90$; $P = 0,16$; $P = 0,97$; respectivamente), IL6 ($P = 0,84$; $P = 0,39$; $P = 0,49$; respectivamente) e TNF alfa ($P = 0,56$; $P = 0,30$; $P = 0,12$; respectivamente). A tabela 6 apresenta as alterações nas concentrações das citocinas pró-inflamatórias durante a semana para os grupos LED e PLA. As alterações intra e entre os grupos nas concentrações de IL-1 beta foram inconclusivas. Após a semana de treino houve aumento (45%; IC90% = 3,3 – 106) para o grupo LED e diminuição (-34,1%; IC90% = -60,5 – 62,8) para o grupo PLA nas concentrações de IL6. No entanto essas alterações não foram conclusivas. O efeito do grupo sobre as alterações nessa citocina mostraram um possível (70% de probabilidade) efeito negativo (aumento) para o grupo LED comparado com o grupo PLA. Para as concentrações de TNF alfa após a semana o grupo LED mostrou uma muito provável diminuição (-55%; IC90% = -73,8 – -24,4) dessa citocina. Essa resposta não foi observada para o grupo PLA, o qual apresentou respostas inconclusivas. Quando analisado o efeito do grupo sobre as alterações de TNF alfa houve um muito provável efeito positivo (95% de probabilidade) para o grupo LED comparado com o grupo PLA.

Tabela 2 - Programação semanal de treino durante a semana experimental.

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
PLA	Campo Reduzido	Sprints Técnico	Técnico/Tático	Potência	FOLGA	Coletivo	Potência	Sprints/Tático	FOLGA	Amistoso
LED	Campo Reduzido	Sprints Técnico	Técnico/Tático	Potência	FOLGA	Coletivo	Potência	Sprints/Tático	FOLGA	Amistoso

Tabela 3 - Média (desvio padrão) da duração das sessões de treino durante a semana experimental.

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
PLA	63 min	80 min	65 (1,3) min	100 min	FOLGA	62 (11) min	50 min	48 min	FOLGA	40 min
LED	63 min	80 min	66 min	100 min	FOLGA	69,1 (1) min*	54 (9) min	48 min	FOLGA	40 min

Tabela 4 - Média (desvio padrão) das respostas da percepção subjetiva de esforço das sessões de treino durante a semana experimental.

	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
PLA	4 (2)	4 (2)	4 (1,3)	5 (1)	FOLGA	4 (0,8)	3 (0,4)	3 (0,8)	FOLGA	4 (0,9)
LED	4 (1)	4 (1)	4 (0,6)	4 (0,5)	FOLGA	5 (1,1)	3 (0,4)	3 (0,6)	FOLGA	5 (0,5)

Tabela 5 - Média (desvio padrão) dos parâmetros de PSE da sessão durante a semana experimental.

	Grupo		<i>P</i>	Tamanho do efeito [IC = 95%]	Interpretação
	LED	PLA			
PSE Total (u.a)	1974,8 (316,5)	1944,6 (265)	0,82	-0,10 [-0,86 – 0,66]	Trivial
PSE média (u.a)	388,9 (53,0)	387,4 (62,1)	0,82	-0,02 [-0,76 – 0,81]	Trivial
Monotonia (u.a)	2,1 (0,63)	1,71 (0,42)	0,14	0,69 [-0,10 – 1,48]	Moderado
<i>Strain</i> (u.a)	3893,9 (33)	3187,8 (25,5)	0,82	0,74 [-0,05 – 1,52]	Moderado

A figura 2 apresenta o tamanho do efeito observado nas alterações nas concentrações das citocinas para os grupos LED e PLA, bem como o tamanho do efeito para a comparação entre os grupos (LED vs PLA). Nota-se que para o TNF alfa houve um efeito moderado (-0,76; IC90% = -1,26 – -0,26) para o grupo LED. Além disso, houve um efeito moderado (-0,82; IC90% = -1,45 – -0,19) para a comparação LED vs PLA para as alterações nas concentrações de TNF alfa. As demais comparações apresentaram efeito pequeno ou trivial.

Não houve relação entre as alterações nas concentrações das citocinas com os parâmetros de carga interna de treinamento.

Figura 2 - Tamanho do efeito (Cohen) das alterações nas concentrações das citocinas para os grupos LED e PLA. Barras de erros representam o intervalo de confiança de 90%. Área cinza representa o tamanho do efeito considerado trivial (0,20).

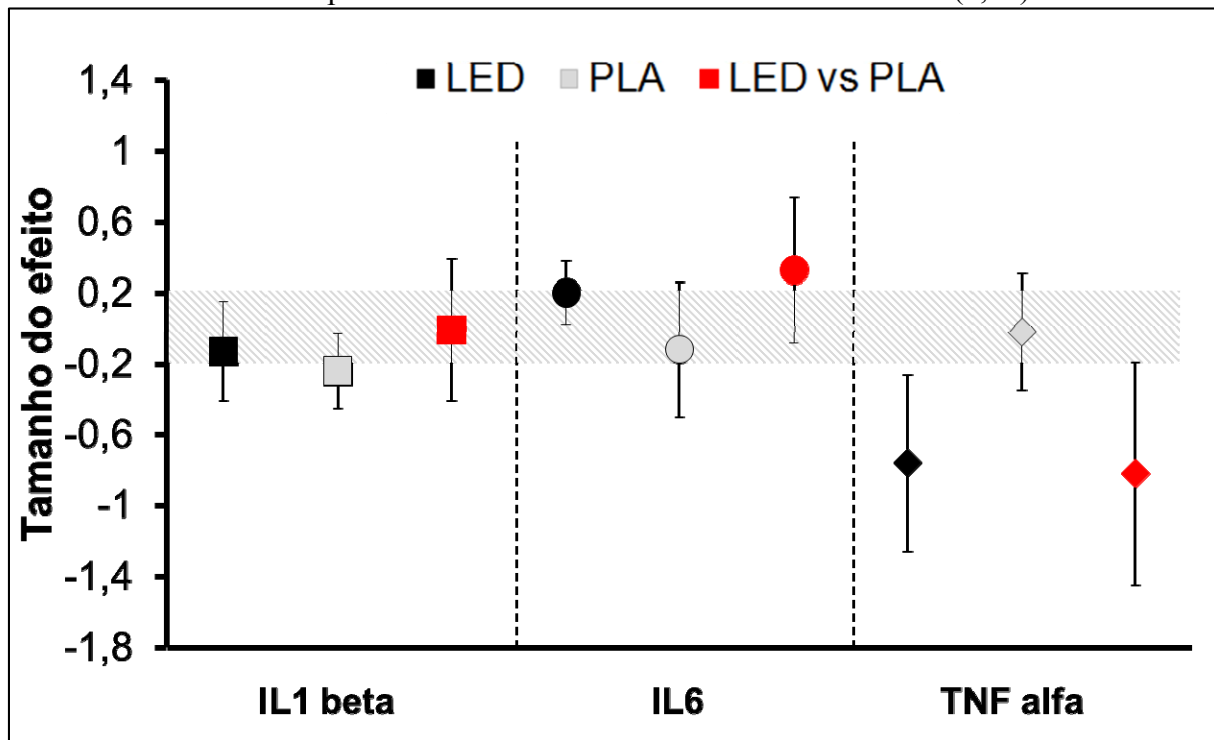


Tabela 6 - Alterações nas concentrações plasmáticas das citocinas durante a semana de treino para os grupos LED e PLA.

	LED			PLA			Diferença entre os grupos (%)
	Segunda	Sábado	$\Delta\%$	Segunda	Sábado	$\Delta\%$	
IL1 β (pg/ml)	6 \pm 20,7	4,9 \pm 15,9	-17,4 (-44,6 – 23,1) 34/63/3	4,3 \pm 6,6	3,6 \pm 5,5	-17,0 (-29,7 – -1,9) 63/37/0	-0,6 (-34,8 – 51,6) 20/61/19
IL6 (pg/ml)	20,2 \pm 86,7	29,5 \pm 179,9	45,9 (3,3 – 106) 0/49/51	33,4 \pm 149,3	26,8 \pm 154,9	-19,8 (-60,5 – 62,8) 35/57/8	82 (-14,9 – 289) 2/28/70^{\$}
TNF α (pg/ml)	7,9 \pm 11,4	3,5 \pm 2,4	-55,5 (-73,8 – -24,4) 97/3/0*	7,1 \pm 6,7	6,9 \pm 8,9	-2,5 (-31,5 – 38,8) 17/71/12	-54 (-75 – -16,6) 95/5/1[#]

Os Dados são expressos em média reobtida \pm coeficiente de variação. As alterações estão expressas em delta percentual médio de alteração (intervalo de confiança 90% e a chance de ser observado um efeito positivo/irrelevante/negativo). A diferença entre os grupos está expressa em percentual (intervalo de confiança de 90% e a chance do efeito observado ser positivo/inconclusivo/negativo nas alterações para o grupo LED comparado com o grupo PLA). *Indica uma muito provável diminuição para o grupo LED nas alterações das concentrações de TNF alfa após a semana. [#]Indica um muito provável efeito positivo para o grupo LED comparado com o grupo PLA. ^{\$}Indica um possível efeito negativo para o grupo LED comparado com o grupo PLA.

6.3 DALDA

Após a semana de treinamento houve alteração nas respostas “pior que o normal” da parte “A” do DALDA para o grupo LED (Mediana \pm amplitude interquartil: Segunda = 1 ± 1 ; Sábado = $0 \pm 0,75$; $P = 0,05$). Da mesma forma, houve alteração para esse grupo nas respostas “melhor que o normal” da parte “B” do questionário (Segunda = 5 ± 1 ; Sábado = $3,5 \pm 3,5$; $P = 0,05$) e nas respostas “normal” da parte B (Segunda = 19 ± 7 ; Sábado = $20,5 \pm 3$; $P = 0,04$). Para as respostas “melhor que o normal” (Segunda = $3 \pm 2,5$; Sábado = 2 ± 2 ; $P = 0,11$), e “normal” da parte “A” (Segunda = 6 ± 2 ; Sábado = $6,5 \pm 1,75$; $P = 0,06$), bem como para as respostas “pior que o normal” da parte “B” (Segunda = 1 ± 3 ; Sábado = $1 \pm 1,5$; $P = 0,39$) não houve diferenças para o grupo LED.

Não houve alterações para o grupo PLA em nenhuma das respostas do questionário: “pior que o normal” da parte “A” (Segunda = 0 ± 2 ; Sábado = 0 ± 1 ; $P = 0,41$), “normal” da parte “A” (Segunda = 7 ± 2 ; Sábado = 8 ± 1 ; $P = 0,29$), “melhor que o normal” da parte “A” (Segunda = 1 ± 2 ; Sábado = 1 ± 2 ; $P = 0,51$), “pior que o normal” da parte “B” (Segunda = $2 \pm 4,5$; Sábado = 1 ± 2 ; $P = 0,58$), “normal” da parte “B” (Segunda = 20 ± 8 ; Sábado = 22 ± 6 ; $P = 0,44$), “melhor que o normal” da parte “B” (Segunda = $1 \pm 4,5$; Sábado = 1 ± 4 ; $P = 0,68$).

6.4 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

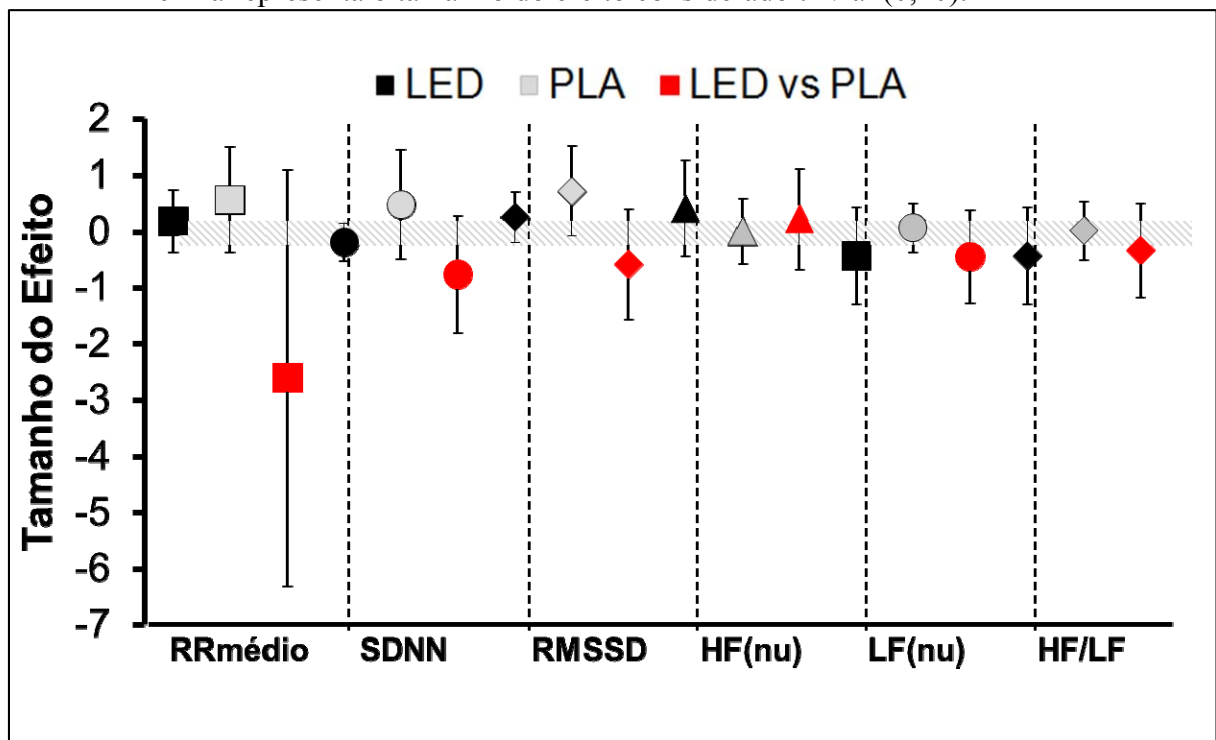
A ANOVA para medidas repetidas não apresentou efeito do tempo, grupo e interação para os índices RRMédio ($P = 0,15$; $P = 0,10$; $P = 0,26$; respectivamente); SDNN ($P = 0,93$; $P = 0,57$; $P = 0,35$; respectivamente); RMSSD ($P = 0,10$; $P = 0,94$; $P = 0,39$; respectivamente); HF unidades normalizadas ($P = 0,67$; $P = 0,08$; $P = 0,56$; respectivamente); LF unidades normalizadas ($P = 0,67$; $P = 0,08$; $P = 0,56$; respectivamente). Porém, houve efeito do grupo ($P = 0,006$) para a razão LF/HF demonstrando que o grupo LED apresentou menores valores para essa variável comparados com os do grupo PLA (Tabela 7). Para essa variável não houve efeito do tempo ou interação entre o grupo e o tempo ($P = 0,62$; $P = 0,95$; respectivamente).

A tabela 7 mostra que após a semana de treino as alterações para o grupo LED nos índices de VFC, tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, foram todas inconclusivas. Ao contrário, para o grupo PLA, houve um provável aumento no RRMédio (37%; IC90% = -18,2 – 131,1) e SDNN (16%; IC90% = -13,8 – 56,3); e um muito

provável aumento no RMSSD (40,5%; IC90% = -4 – 105,6). Para os índices no domínio da frequência as alterações foram inconclusivas para o grupo LED. Quando analisado o efeito do grupo sobre as alterações dos índices de VFC, observou-se um provável efeito negativo para o grupo LED no SDNN (-20,2%; IC90% = -41,7 – -9,1) e RMSSD (-21,1%; IC90% = -47,4 – 18,4) comparado com o grupo PLA.

A figura 3 apresenta os valores do tamanho do efeito das alterações para os grupos LED e PLA e o tamanho do efeito da comparação entre os grupos (LED vs PLA). Nota-se um efeito moderado (0,72; IC90% = -0,09 – 1,52) para as alterações no RMSSD para o grupo PLA. Além disso, observa-se um efeito grande (-2,6; IC90% = -6,31 – 1,11) para a comparação entre as alterações para o RRmédio e um efeito moderado para o SDNN (-0,76; IC90% = -1,81 – 0,29). Os demais efeitos observados foram considerados pequenos ($>0,20$ – $<0,60$) ou triviais ($<0,20$).

Figura 3 - Tamanho do efeito (Cohen) das alterações nos índices de VFC para os grupos LED e PLA. Barras de erros representam o intervalo de confiança de 90%. Área cinza representa o tamanho do efeito considerado trivial (0,20).



Não foram observadas relações entre as alterações percentuais na VFC e carga interna de treinamento bem como não foram observadas relações com as alterações percentuais na concentração das citocinas.

Tabela 7 - Alterações na modulação autonômica durante a semana de treino para os grupos LED e PLA.

	LED			PLA			Diferença entre os grupos (%)
	Segunda	Sábado	$\Delta\%$	Segunda	Sábado	$\Delta\%$	
RRmédio (ms)	1023,4 ± 152	1051,2 ± 114	2,7 (-5,1 – 11,1) 48/41/11	730,6 ± 523	1004 ± 169	37,5 (-18,2 – 131,1) #77/16/8	-25,3 (-55,8 – 26,4) 14/4/82
SDNN (ms)	95,3 ± 37,7	88,2 ± 29,7	-7,4 (-18,7 – 5,4) 3/49/48	92,7 ± 32,1	107,5 ± 18	16 (-13,8 – 56,3) 70/19/11	-20,2 (-41,7 – 9,1) \$6/11/82
RMSSD (ms)	57,8 ± 19,8	64,1 ± 24,3	10,9 (-7,3 – 32,6) 59/36/5	50,3 ± 20,4	70,7 ± 31,1	40,5 (-4 – 105,6) *87/9/3	-21,1 (-47,4 – 18,4) \$9/16/75
HF (nu)	37,8 ± 9,6	43 ± 13,2	13,5 (-12,7 – 47,6) 67/22/11	25,8 ± 19,5	25,9 ± 16,3	0,6 (-35,1 – 56) 27/47/26	12,9 (-30,4 – 82,9) 52/27/21
LF (nu)	60,2 ± 10,8	52,2 ± 20,8	-13,4 (-35,3 – 16) 68/21/11	64,5 ± 27,4	66,6 ± 22,8	3,1 (-14,7 – 24,7) 14/57/29	-16 (-39,9 – 16,8) 69/10/21
Razão (LF/HF)	1,6 ± 0,7	1,2 ± 0,9	-23,7 (56,1 – 32,7) 68/21/11	2,5 ± 3,2***	2,6 ± 2,7***	2,6 (-43,7 – 86,9) 22/52/26	-25,6 (-65,1 – 59) 60/25/14

Os Dados são expressos em média reobtida ± coeficiente de variação. As alterações estão expressas em delta percentual médio de alteração (intervalo de confiança 90% e a chance de ser observado um efeito positivo/irrelevante/negativo). A diferença entre os grupos está expressa em percentual (intervalo de confiança de 90% e a chance do efeito observado ser positivo/inconclusivo/negativo nas alterações para o grupo LED comparado com o grupo PLA). *Indica um muito provável aumento para o grupo PLA nos índices de VFC após a semana. #Indica um possível aumento para o grupo PLA nos índices de VFC após a semana. \$Indica um possível efeito negativo para o grupo LED comparado com o grupo PLA. *** Diferente do grupo LED na segunda ($P = 0,04$) e sábado ($P = 0,05$).

7 DISCUSSÃO

O principal objetivo do estudo foi verificar se a utilização da LEDterapia com o intuito de otimização da recuperação apresentaria algum efeito positivo sobre os marcadores inflamatórios, modulação autonômica e percepção subjetiva de estresse durante uma semana de treinamento em atletas de futebol. Os achados do presente estudo mostraram que a LEDterapia foi capaz de diminuir as concentrações de TNF alfa após a semana de treinamento. Por outro lado, houve um possível aumento das concentrações de IL-6 para o grupo LED comparado com o grupo PLA. Esses resultados parecem ser independentes da carga total e média durante a semana, pois os grupos foram semelhantes nessas variáveis. No entanto, o grupo LED apresentou maior *strain* comparado com o grupo PLA.

Os estudos que utilizaram a aplicação de LEDterapia como método de recuperação apresentam algumas peculiaridades que impedem a extrapolação dos resultados para o contexto de aplicação prática. A maioria delas está relacionada às avaliações, que são feitas de maneira aguda. Ou seja, avaliam a influência do tratamento sobre marcadores sanguíneos logo após sua aplicação (LEAL JUNIOR et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009b). Vale destacar dois estudos que fizeram análises mais aplicáveis ao contexto da utilização do método como ferramenta para a otimização da recuperação. Um desses estudos foi o realizado por Baroni et al. (2010a). Os autores mostraram que 24 e 48 horas após exercício, o tratamento realizado antes do exercício foi eficaz sobre a diminuição das concentrações sanguíneas de creatina quinase. Outro estudo realizado em modelo animal mostrou que a utilização do tratamento como método de recuperação, comparado com a imersão em água fria, acarretou diminuição nas concentrações de creatina quinase 24 e 48 horas após o término do exercício (CAMARGO et al., 2012).

A alteração nas concentrações de TNF alfa foi considerada como um muito provável efeito positivo para o grupo LED comparado com o grupo PLA. Essa interpretação probabilística proposta por Hopkins (2002) tem se tornado mais utilizada nos últimos anos (HOPKINS et al., 2009) em oposição ao teste de hipótese nula, principalmente em casos em que o “n” amostral é pequeno e em que há uma grande variabilidade dos dados. Em termos práticos, o teste de hipótese nula pode mascarar o efeito de tratamentos uma vez que um valor de probabilidade igual a 0,08 é considerado nulo. No entanto, alterações com relevância clínica e prática (por exemplo, uma diminuição de 55,5% nas concentrações de TNF alfa) podem não ser consideradas relevantes pela aplicação de testes de hipótese nula ($P = 0,56$).

Vale ressaltar que para a aplicação da inferência prática baseada em magnitudes (BETHERHAN; HOPKINS, 2006) é necessário calcular o mínimo efeito prático do tratamento e verificar a probabilidade das alterações observadas serem positivas, negativas ou inconclusivas.

Dessa forma, as alterações nas concentrações de TNF alfa, embora não tenham alcançado a significância estatística ($P = 0,56$) foram consideradas, do ponto de vista prático, como alterações com alta probabilidade de serem benéficas (efeito do momento positivo/inconclusivo/negativo: 97/3/0; efeito do grupo 95/5/1 vs PLA). A mesma interpretação, porém com diferentes probabilidades, foi aplicada às demais variáveis dependentes do estudo.

A literatura apresenta fortes evidências do papel anti-inflamatório da LEDterapia. Por exemplo, após a indução aguda de inflamação no tecido pulmonar houve uma elevação nas concentrações de TNF alfa. No entanto, após a aplicação da LEDterapia, houve efeito significativo para diminuição dessa citocina (AIMBIRE et al., 2006). Da mesma forma, em lesão de tecido muscular, o tratamento acarretou diminuição na quantidade de RNA mensageiro das citocinas IL-6 e TNF alfa, porém sem alterações nas concentrações de IL-1 beta (DE ALMEIDA et al., 2011b). Esses estudos, em parte corroboram com os nossos resultados que mostraram diminuição nas concentrações de TNF alfa após a semana de treinamento, sem alterações nas concentrações de IL-1 beta.

Os mecanismos pelos quais o tratamento apresenta influência sobre o quadro inflamatório não estão completamente esclarecidos. No entanto, alguns mecanismos são propostos como a inibição da produção de citocinas pró-inflamatórias por meio da ação do tratamento sobre a via da MAPK, diminuindo a fosforilação na região p38 após a irradiação (CHOI et al., 2012), inibindo a sinalização intracelular para produção de TNF alfa. Outro mecanismo proposto é uma maior atividade da citocromo C oxidase (EELLS et al., 2004), com consequente diminuição da formação de espécies reativas ao oxigênio e diminuição da atividade das enzimas ciclooxigenases (LIM et al., 2007).

Embora o tratamento tenha apresentado diminuição nas concentrações de TNF alfa, notou-se um possível efeito negativo do tratamento (ou seja, aumento) (2/28/70; positivo/inconclusivo/negativo) para as alterações nas concentrações de IL-6 comparado com o grupo PLA. Essa interleucina apresenta efeitos pró e anti-inflamatórios. Uma vez que o tratamento acarretou diminuição nas concentrações de TNF alfa, acreditamos que o aumento, comparado com o grupo PLA nas concentrações de IL-6, esteja relacionado ao papel anti-inflamatório dessa citocina. Essa hipótese é sustentada por dados na literatura que mostram

que a infusão de IL-6 causa diminuições nas concentrações de TNF alfa (STARKIE et al., 2003; MIZUHARA et al., 1994), e aumento nas concentrações do receptor solúvel para IL-1 beta e IL-10 (STEENBERG et al., 2003), os quais apresentam ação anti-inflamatória.

Por outro lado, não podemos negligenciar o efeito pró-inflamatório dessa citocina. Por exemplo, a elevação das concentrações de IL-6 após o exercício está relacionada com a migração de neutrófilos para o músculo exercitado (STARKIE et al., 2003) e o aumento crônico dessa citocina pode estar relacionado com o estado de *overtraining* (SMITH, 2000). No presente estudo, além da hipótese do efeito anti-inflamatório, outra explicação para o aumento nessa citocina é que houve um possível efeito do tratamento sobre a carga externa de treino, proporcionando, dessa maneira, maior desempenho no jogo realizado na sexta feira para os atletas do grupo LED (BARONI et al., 2010a; BARONI et al., 2010b; DE ALMEIDA et al., 2011a; DE ALMEIDA et al., 2011b; DE ALMEIDA et al., 2011c; DE MARCHI et al., 2011; LEAL JUNIOR et al., 2009b; LEAL JUNIOR et al., 2008). Uma vez que há uma elevação significativa nas alterações de IL-6 24 horas após exercício (CHATZINIKOLAOU et al., 2010), a coleta de sangue realizada no sábado pode refletir as alterações na carga externa durante o jogo realizado na sexta.

Não houve efeito do tratamento sobre os parâmetros de modulação autonômica cardíaca durante o estudo. Ao contrário, houve um pequeno efeito negativo (Figura 3) para o grupo LED comparado com o grupo PLA. As alterações na VFC durante períodos de aplicação de cargas de treinamento apresentam um padrão dose/resposta em forma de “U” invertido (MANZI et al., 2009a), ou seja, aumentos na carga interna proporcionam efeitos positivos nos parâmetros parassimpáticos da VFC; no entanto, aumentos exacerbados na carga estão relacionados a diminuição desses índices. No presente estudo, a baixa carga de treinamento, aliada a uma maior monotonia e *strain* do grupo LED pode ter proporcionado uma estabilização nos índices parassimpáticos da VFC, resultados que não foram encontrados para o grupo PLA o qual apresentou menor monotonia e menor *strain*.

Recentemente, Al Haddad et al. (2012) mostraram que a imersão em água fria realizada durante cinco dias consecutivos apresentou efeito positivo sobre a modulação parassimpática e qualidade do sono, avaliada a partir da aplicação de questionário, em nadadores. Nesse mesmo estudo, os atletas acumularam uma PSE média semanal maior (642 ± 379 u.a.) que o observado no presente estudo (~ 372 u.a.). Essa diferença na quantidade de carga do presente estudo comparado com o estudo de Al Haddad et al. (2012) pode explicar a muito provável diminuição na modulação parassimpática no grupo controle no quarto dia no estudo de Al Haddad et al. (2012) e a falta de diminuição no presente estudo.

Embora não tenha havido correlação entre as alterações da VFC e as alterações dos marcadores inflamatórios, diversos estudos (HAMER; STEPTOE, 2007; ZHANG et al., 2003; HAENSEL et al., 2008) têm mostrado que a atividade vagal apresenta relação com as alterações imunológicas, de forma a aumentar as concentrações das citocinas anti-inflamatórias e diminuir as concentrações das citocinas pró-inflamatórias. Essas respostas são mediadas por mecanismos de *feedback* negativo direto, dependente da liberação de prostaglandinas no sistema nervoso central (ZHANG et al., 2003) e alterações no reflexo vagal anti-inflamatório (THAYER, 2009). Porém, no presente estudo, não foram observadas alterações positivas para a modulação parassimpática cardíaca para o grupo LED. Nossos resultados indicam que a modulação autonômica cardíaca não está relacionada com a diminuição do TNF alfa.

As alterações nas fontes e sintomas de estresse mostraram que houve uma diminuição nas respostas “pior que o normal” da parte “A” e uma diminuição nas respostas “melhor que o normal” da parte “B” para o grupo que recebeu o tratamento. Moreira et al. (2010b) mostraram que alterações na carga interna de treinamento foram relacionadas com as alterações nas respostas “pior que o normal” do DALDA. Nesse estudo, os atletas que apresentaram carga média semanal maior que 400 ua apresentaram aumento nas respostas “pior que o normal” de ambas as partes. No entanto, os atletas que apresentaram carga semanal média menor que 400 ua não apresentaram alterações nas respostas. No presente estudo, o acúmulo médio de carga interna foi inferior a 400 ua, o que pode explicar a falta de alterações nas respostas. Por exemplo, a diminuição nas respostas “pior que o normal” da parte “A” para o grupo LED foi de 1 para 0; ao contrário foi observado uma diminuição das respostas “melhor que o normal” (5 para 3,5). Esses resultados podem estar mais relacionados com artefatos (aplicação de diversos testes para ambos os grupos) do que com a eficácia do tratamento.

No presente estudo, não houve relação das alterações no DALDA com as alterações nas concentrações das citocinas. Resultados opostos foram encontrados por Robson-Ansley et al. (2007) que mostraram que em triatletas as alterações nas concentrações de IL6 foram relacionadas com as respostas “pior que o normal” em um período de intensificação das cargas. A possível explicação dos diferentes resultados pode estar na carga semanal baixa do presente estudo em comparação com os estudo de Robson-Ansley et al. (2006). Ou seja, as alterações nas respostas “pior que o normal” são carga dependente (MOREIRA et al., 2010b).

Nesse sentido, durante a intensificação do treinamento a aplicação do tratamento pode apresentar efeitos sobre a diminuição do estresse percebido, alteração na modulação vagal e maior efeito sobre a diminuição de citocinas pró-inflamatórias.

Os resultados desse trabalho são de importância para os profissionais envolvidos com o treinamento esportivo uma vez que mostrou que a aplicação da LEDterapia durante a semana de treinamento acarretou diminuição nas concentrações de TNF alfa. Tal diminuição pode estar relacionada com maior desempenho durante competições, no entanto essa hipótese deve ser testada em estudos futuros.

8 CONCLUSÕES

Com esses resultados podemos concluir que a aplicação da LEDterapia foi capaz de diminuir as concentrações de TNF alfa e acarretar um aumento nas concentrações de IL-6. Além disso, as alterações na VFC foram inconclusivas para o grupo que recebeu o tratamento, ao passo que o grupo controle (PLA) apresentou uma pequena elevação na modulação vagal.

A aplicação da LEDterapia parece ter apresentado efeitos sobre a carga interna de treinamento, aumentando a monotonia e o *strain* da semana avaliada. No entanto, devido à baixa carga de treino da semana, as alterações no estresse percebido podem ser interpretadas como um efeito estatístico, ou seja, devido a aplicação de vários testes não paramétricos os resultados podem estar influenciados pelo aumento na chance de erro do tipo 2.

Não foram observadas associações entre as alterações na modulação autonômica e alterações na citocinas bem como na carga interna de treinamento.

Esses resultados indicam que a aplicação do tratamento no contexto do treinamento esportivo traz resultados positivos sobre as alterações no quadro inflamatório. Os profissionais envolvidos com o treinamento podem utilizar o método com o propósito de otimizar a recuperação.

REFERÊNCIAS

AIMBIRE, F. et al. Low-level laser therapy induces dose-dependent reduction of TNF α levels in acute inflammation. **Photomed Laser Surg**, v.24, p.33-37. 2006.

AL HADDAD, H. et al. Nocturnal heart rate variability following supramaximal intermittent exercise. **Int J Sports Physiol Perform**, v.4, p.435-447. 2009.

AL HADDAD H.; PAROUTY J.; BUCHHEIT M. Effect of daily cold water immersion on heart rate variability and subjective ratings of well-being in highly trained swimmers. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 7, p. 33-38. 2012.

ALEXIOU, H.; COUTTS, A. J. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. **Int J Sports Physiol Perform**, v.3, p.320-330. 2008.

ARAI, Y. et al. Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. **Am J Physiol**, v.256, p.H132-141. 1989.

ARMSTRONG, L. E.; VANHEEST, J. L. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. **Sports Med**, v.32, p.185-209. 2002.

ATLAOUI, D. et al. Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. **Int J Sports Med**, v.28, p.394-400. 2007.

BANISTER, E. W.; MAC DOUGALL, J. D.; WENGER, H. A., Eds. Modeling elite athletic performance: physiological testing of the high performance athlete.: Campaign (IL): Human Kinetics, p.403 - 425ed. 1991.

BARNETT, A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? **Sports Med**, v.36, p.781-796. 2006.

BARONI, B. M. et al. Low level laser therapy before eccentric exercise reduces muscle damage markers in humans. **Eur J Appl Physiol**, v.110, p.789-796. 2010a.

BARONI, B. M. et al. Effect of light-emitting diodes therapy (LEDT) on knee extensor muscle fatigue. **Photomed Laser Surg**, v.28, p.653-658. 2010b.

BATTERHAM, A. M.; HOPKINS, W. G. Making meaningful inferences about magnitudes. **Int J Sports Physiol Perform**, v.1, p.50-57. 2006.

BERNECKER, C. et al. Evidence for an exercise induced increase of TNF- α and IL-6 in marathon runners. **Scand J Med Sci Sports**, 2011 (No Prelo).

BLEAKLEY, C. M.; DAVISON, G. W. What is the biochemical and physiological rationale for using cold-water immersion in sports recovery? A systematic review. **Br J Sports Med**, v.44, p.179-187. 2010.

BORG, G. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales: Human Kinetics. 2000

- BRICOUT, V. A.; DECHENAUD, S.; FAVRE-JUVIN, A. Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. **Auton Neurosci**, v.154, p.112-116. 2010.
- BRUUNSGAARD, H. et al. Exercise-induced increase in serum interleukin-6 in humans is related to muscle damage. **J Physiol**, v.499, p.833-841. 1997.
- BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P. B.; AHMAIDI, S. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v.293, p.H133-141. 2007.
- BUCHHEIT, M. et al. Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. **Eur J Appl Physiol**, v.109, p.869-878. 2010.
- BUCHHEIT, M. et al. Effect of cold water immersion on postexercise parasympathetic reactivation. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v.296, p.H421-427. 2009.
- BUCHHEIT, M. et al. Effects of increased training load on vagal-related indexes of heart rate variability: a novel sleep approach. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v.287, p.H2813-2818. 2004.
- BUCHHEIT, M. et al. Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. **Eur J Appl Physiol**, Jun 9. 2011 (No Prelo).
- CAMARGO, M.Z. Effects of light emitting diode (LED) therapy and cold water immersion therapy on exercise-induced muscle damage in rats. **Lasers Med Sci**, 2012 (No Prelo)
- CANNON, P. G. Inflammatory Cytokines in Nonpathological States. **News Physiol Sci**, v.15, p.6. 2000.
- CHATZINIKOLAOU, A. et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. **J Strength Cond Res**, v.24, p.1389-1398. 2010.
- CHOI, H. et al. Inflammatory cytokines are suppressed by light-emitting diode irradiation of P. gingivalis LPS-treated human gingival fibroblasts: inflammatory cytokine changes by LED irradiation. **Lasers Med Sci**, v. 27, p. 459-467. 2012.
- COHEN, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. ed. Mahwah: Lawrence Erlbaum. 1988. 567 p.
- COUTTS, A. et al. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. **Int J Sports Med**, v.28, p.116-124. 2007a.
- COUTTS, A. J.; REABURN, P. Monitoring changes in rugby league players' perceived stress and recovery during intensified training. **Percept Mot Skills**, v.106, p.904-916. 2008.
- COUTTS, A. J. et al. Monitoring for overreaching in rugby league players. **Eur J Appl Physiol**, v.99, p.313-324. 2007b.
- COUTTS, A. J.; WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M. Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. **Int J Sports Med**, v.28, p.125-134. 2007.

- CUNNIFFE, B. et al. Time course of changes in immunoendocrine markers following an international rugby game. **Eur J Appl Physiol**, v.108, p.113-122. 2010.
- DE ALMEIDA, P. et al. Red (660 nm) and infrared (830 nm) low-level laser therapy in skeletal muscle fatigue in humans: what is better? **Lasers Med Sci**, Jul 22. 2011a (No Prelo).
- DE ALMEIDA, P. et al. Low-level Laser Therapy Improves Skeletal Muscle Performance, Decreases Skeletal Muscle Damage and Modulates mRNA Expression of COX-1 and COX-2 in a Dose-dependent Manner. **Photochem Photobiol**, v.87, p.1159-1163. 2011b.
- DE ALMEIDA, P. et al. Low-level laser therapy improves skeletal muscle performance, decreases skeletal muscle damage and modulates mRNA expression of COX-1 and COX-2 in a dose-dependent manner. **Photochem Photobiol**, v. 87, p.1159-63. 2011c.
- DE MARCHI, T. et al. Low-level laser therapy (LLLT) in human progressive-intensity running: effects on exercise performance, skeletal muscle status, and oxidative stress. **Lasers Med Sci**, Jul 8. 2011 (No Prelo).
- EDWARDS, S. High performance training and racing. In: S. Edwards (Ed.). **The Heart Rate Monitor Book**. Sacramento: CA: Feet Fleet Press, 1993, p.113-123.
- EELLS, J. T. et al. Mitochondrial signal transduction in accelerated wound and retinal healing by near-infrared light therapy. **Mitochondrion**, v.4, p.559-567. 2004.
- ENWEMEKA, C. S. Attenuation and penetration of visible 632.8 nm and invisible infra-red 904nm light in soft tissues. **Laser**, v.13, p.96. 2004.
- ENWEMEKA, C. S. Light is light. **Photomed Laser Surg**, v.23, p.159-160. 2005.
- FARHANGIMALEKI, N.; ZEHSAZ, F.; TIIDUS, P. M. The effect of tapering period on plasma pro-inflammatory cytokine levels and performance in elite male cyclists. **J Sports Sci Med**, v.8, p.600-606. 2009.
- FERRARESI, C. et al. Effects of low level laser therapy (808 nm) on physical strength training in humans. **Lasers Med Sci**, v.26, p.349-358. 2011.
- FOSTER, C. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. **Med Sci Sports Exerc**, v.30, p.1164-1168. 1998.
- FOSTER, C. et al. A new approach to monitoring exercise training. **J Strength Cond Res**, v.15, p.109-115. 2001.
- GONZALEZ-BOTO, R. et al. Monitoring the effects of training load changes on stress and recovery in swimmers. **J Physiol Biochem**, v.64, p.19-26. 2008.
- HAENSEL A. et al. The relationship between heart rate variability and inflammatory markers in cardiovascular diseases. **Psychoneuroendocrinology**, v. 33, p. 1305-1312. 2008.
- HALSON, S. L. et al. Immunological responses to overreaching in cyclists. **Med Sci Sports Exerc**, v.35, p.854-861. 2003.

HAMER M.; STEPTOE A. Association between physical fitness, parasympathetic control, and proinflammatory responses to mental stress. **Psychosom Med**, v. 7, p. 660-666. 2007.

HAUTALA, A. J. et al. Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v.285, p.H1747-1752. 2003.

HAYWORTH, C. R. et al. In vivo low-level light therapy increases cytochrome oxidase in skeletal muscle. **Photochem Photobiol**, v.86, p.673-680. 2010.

HOPKINS, W.G et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. **Med Sci Sports Exerc**, v. 41, p. 3-13. 2009.

HOPKINS, W.G. Probabilities of Clinical or Practical Significance. **Sportscience**, v. 6. 2002.

IELLAMO, F. et al. Conversion from vagal to sympathetic predominance with strenuous training in high-performance world class athletes. **Circulation**, v.105, p.2719-2724. 2002.

IMAI, K. et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. **J Am Coll Cardiol**, v.24, p.1529-1535. 1994.

IMPELLIZZERI, F. M. et al. Use of RPE-based training load in soccer. **Med Sci Sports Exerc**, v.36, p.1042-1047. 2004.

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

JAMES, D. V. et al. Heart rate variability: response following a single bout of interval training. **Int J Sports Med**, v.23, p.247-251. 2002.

KELLMANN, M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. **Scand J Med Sci Sports**, v.20 Suppl 2, p.95-102. 2010.

KELLMANN, M.; GUNTHER, K. D. Changes in stress and recovery in elite rowers during preparation for the Olympic Games. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.676-683. 2000.

KENTTA, G.; HASSMEN, P. Overtraining and recovery. A conceptual model. **Sports Med**, v.26, p.1-16. 1998.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Comparison between cold water immersion therapy (CWIT) and light emitting diode therapy (LEDT) in short-term skeletal muscle recovery after high-intensity exercise in athletes--preliminary results. **Lasers Med Sci**, v.26, p.493-501. 2011.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Comparison between single-diode low-level laser therapy (LLLTL) and LED multi-diode (cluster) therapy (LEDT) applications before high-intensity exercise. **Photomed Laser Surg**, v.27, p.617-623. 2009a.

LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of 830 nm low-level laser therapy applied before high-intensity exercises on skeletal muscle recovery in athletes. **Lasers Med Sci**, v.24, p.857-863. 2009b.

- LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of 655-nm low-level laser therapy on exercise-induced skeletal muscle fatigue in humans. **Photomed Laser Surg**, v.26, p.419-424. 2008.
- LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of low-level laser therapy (GaAs 904 nm) in skeletal muscle fatigue and biochemical markers of muscle damage in rats. **Eur J Appl Physiol**, v.108, p.1083-1088. 2010a.
- LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effects of low-level laser therapy (LLLT) in the development of exercise-induced skeletal muscle fatigue and changes in biochemical markers related to postexercise recovery. **J Orthop Sports Phys Ther**, v.40, p.524-532. 2010b.
- LEAL JUNIOR, E. C. et al. Effect of cluster multi-diode light emitting diode therapy (LEDT) on exercise-induced skeletal muscle fatigue and skeletal muscle recovery in humans. **Lasers Surg Med**, v.41, p.572-577. 2009c.
- LEAL JUNIOR, E. C.; PINTO, E. C. A fototerapia com diodo emissor de luz (ledt) aplicada pré-exercício inibe a peroxidação lipídica em atletas após exercício de alta intensidade-um estudo preliminar. **RBME**, v.17, p. 8-12. 2011.
- LIM, W. et al. The anti-inflammatory mechanism of 635 nm light-emitting-diode irradiation compared with existing COX inhibitors. **Lasers Surg Med**, v.39, p.614-621. 2007.
- LUCIA, A. et al. Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder? **Med Sci Sports Exerc**, v.35, p.872-878. 2003.
- MACKINNON, L. T. Chronic exercise training effects on immune function. **Med Sci Sports Exerc**, v.32 Suppl, p.S369-376. 2000.
- MAIN, L. C. et al. Impact of training on changes in perceived stress and cytokine production. **Res Sports Med**, v.17, p.121-132. 2009.
- MAIN, L. C. et al. Relationship between inflammatory cytokines and self-report measures of training overload. **Res Sports Med**, v.18, p.127-139. 2010.
- MANZI, V. et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v.296, p.H1733-1740. 2009a.
- MANZI, V. et al. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, v.41, p.2090-2096. 2009b.
- MAZON, J. et al. Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. **Scand J Med Sci Sports**, 2011. (No Prelo).
- MESQUITA-FERRARI, R. A. et al. Effects of low-level laser therapy on expression of TNF-alpha and TGF-beta in skeletal muscle during the repair process. **Lasers Med Sci**, v.26, p.335-340. 2011.
- MIZUHARA, H. et al. T cell activation-associated hepatic injury: mediation by tumor necrosis factors and protection by interleukin 6. **J Exp Med**, v. 1, p. 1529-1537. 1994.

- MOLDOVEANU, A. I.; SHEPHARD, R. J.; SHEK, P. N. The cytokine response to physical activity and training. **Sports Med**, v.31, p.115-144. 2001.
- MOREIRA, A.; CAVAZZONI, P. B. Monitorando o treinamento através do wisconsin upper respiratory symptom survey -21 e Daily Analysis of Life Demands in Athletes nas versões em língua portuguesa. **REVDEF**, v.20, p.109-119. 2009.
- MOREIRA, A. et al. Percepção de esforço da sessão ea tolerância ao estresse em jovens atletas de voleibol e basquetebol. **Rev Bras Cineantrop Desempenho Hum**, v.12, p.345-351. 2010a.
- MOREIRA, A. et al. O efeito da intensificação do treinamento na percepção de esforço da sessão e nas fontes e sintomas de estresse em jogadores jovens de basquetebol. **REVDEF**, v.21, p.287-296. 2010b.
- MOUROT, L. et al. Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. **Eur J Appl Physiol**, v.92, p.508-517. 2004.
- MYLLYMAKI, T. et al. Effects of exercise intensity and duration on nocturnal heart rate variability and sleep quality. **Eur J Appl Physiol**, 2011 (No Prelo).
- NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável? **REVDEF**, v.21, p.1-11. 2010.
- NAKAMURA, F. Y. et al. Cardiac autonomic responses to repeated shuttle sprints. **Int J Sports Med**, v.30, p.808-813. 2009.
- NICHOLLS, A. R. et al. Stressors and affective states among professional rugby union players. **Scand J Med Sci Sports**, v.19, p.121-128. 2009.
- OSTROWSKI, K. et al. Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. **J Physiol**, v.515, p.287-291. 1999.
- PAOLILLO, F. R. et al. Effects of Infrared-LED Illumination Applied During High-Intensity Treadmill Training in Postmenopausal Women. **Photomed Laser Surg**, v.29, p.639-645. 2011.
- PEDERSEN, B. K.; FEBBRAIO, M. Muscle-derived interleukin-6--a possible link between skeletal muscle, adipose tissue, liver, and brain. **Brain Behav Immun**, v.19, p.371-376. 2005.
- PEDERSEN, B. K.; HOFFMAN-GOETZ, L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. **Physiol Rev**, v.80, p.1055-1081. 2000.
- PICHOT, V. et al. Autonomic adaptations to intensive and overload training periods: a laboratory study. **Med Sci Sports Exerc**, v.34, p.1660-1666. 2002.
- PICHOT, V. et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.1729-1736. 2000.

- PIRES, D. et al. Low-level laser therapy (LLLT; 780 nm) acts differently on mRNA expression of anti- and pro-inflammatory mediators in an experimental model of collagenase-induced tendinitis in rat. **Lasers Med Sci**, v.26, p.85-94. 2011.
- POMERANZ, B. et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis. **Am J Physiol**, v.248, p.H151-153. 1985.
- PURGE, P.; JURIMAE, J.; JURIMAE, T. Changes in recovery-stress state and performance in elite rowers during preparation for major competitions. **Percept Mot Skills**, v.101, p.375-381. 2005.
- ROBSON-ANSLEY, P. J.; BLANNIN, A.; GLEESON, M. Elevated plasma interleukin-6 levels in trained male triathletes following an acute period of intense interval training. **Eur J Appl Physiol**, v.99, p.353-360. 2007.
- ROBSON, P. Elucidating the unexplained underperformance syndrome in endurance athletes : the interleukin-6 hypothesis. **Sports Med**, v.33, p.771-781. 2003.
- RONSEN, O. et al. Recovery time affects immunoendocrine responses to a second bout of endurance exercise. **Am J Physiol Cell Physiol**, v.283, p.C1612-1620. 2002.
- RUSHALL, B. S. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. **J Appl Sport Psychol**, v.2, p.51-66. 1990.
- SEILER, K. S.; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an "optimal" distribution? **Scand J Med Sci Sports**, v.16, p.49-56. 2006.
- SEILER, S.; HAUGEN, O.; KUFFEL, E. Autonomic recovery after exercise in trained athletes: intensity and duration effects. **Med Sci Sports Exerc**, v.39, p.1366-1373. 2007.
- SILVEIRA, P. C. et al. Effects of low-power laser irradiation (LPLI) at different wavelengths and doses on oxidative stress and fibrogenesis parameters in an animal model of wound healing. **Lasers Med Sci**, v.26, p.125-131. 2011.
- SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? **Med Sci Sports Exerc**, v.32, p.317-331. 2000.
- SMITH, L. L. Tissue trauma: the underlying cause of overtraining syndrome? **J Strength Cond Res**, v.18, p.185-193. 2004.
- STAGNO, K. M.; THATCHER, R.; VAN SOMEREN, K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. **J Sports Sci**, v.25, p.629-634. 2007.
- STARKIE, R. L. et al. Circulating monocytes are not the source of elevations in plasma IL-6 and TNF-alpha levels after prolonged running. **Am J Physiol Cell Physiol**, v.280, p.C769-774. 2001.
- STARKIE, R. et al. Exercise and IL-6 infusion inhibit endotoxin-induced TNF-alpha production in humans. **FASEB J**. v. 17, p. 884-886. 2003.

- STEENBERG, A. et al. IL-6 enhances plasma IL-1ra, IL-10, and cortisol in humans. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v. 2, p. E433-437. 2003.
- STOLEN, T. et al. Physiology of soccer: an update. **Sports Med**, v.35, p.501-536. 2005.
- TASK-FORCE. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. **Eur Heart J**, v.17, p.354-381. 1996.
- THAYER, J. F. Vagal tone and the inflammatory reflex. **Cleve Clin J Med**, v. Suppl 2, p. S23-26. 2009.
- TUAN, T. C. et al. Deleterious effects of short-term, high-intensity exercise on immune function: evidence from leucocyte mitochondrial alterations and apoptosis. **Br J Sports Med**, v.42, p.11-15. 2008.
- VANDERLEI, L. C. M. et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, v. 24, p. 205-217. 2009.
- VIRU, A. The mechanism of training effects: a hypothesis. **Int J Sports Med**, v.5, p.219-227. 1984.
- VLADIMIROV, Y. A.; OSIPOV, A. N.; KLEBANOV, G. I. Photobiological principles of therapeutic applications of laser radiation. **Biochemistry (Mosc)**, v.69, p.81-90. 2004.
- YAMAMOTO, Y.; HUGHSON, R. L.; PETERSON, J. C. Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis. **J Appl Physiol**, v.71, p.1136-1142.1991.
- ZHANG Z. H. et al. Cardiovascular and renal sympathetic activation by blood-borne TNF-alpha in rat: the role of central prostaglandins. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 4, p. R916-927. 2003.

ANEXOS

ANEXO 1
ESCALA CR-10 DE BORG

0	Absolutamente nada
0,3	
0,5	Extremamente fraco
1	Muito fraco
1,5	
2	Fraco
2,5	
3	Moderado
4	
5	Forte
6	
7	Muito forte
8	
9	
10	Extremamente forte
11	
...	
•	Máximo Absoluto

ANEXO 2

VERSÃO TRADUZIDA DO DALDA PARA LÍNGUA PORTUGUESA.

Nome: Data:

FAÇA UM CÍRCULO em volta da resposta apropriada ao lado de cada item.

a = pior que o normal

b = normal

c = melhor que o normal

PARTE A

- | | | | | | |
|------------------------------|-------|---------------------------|-----|-------|---------------------------|
| 1. | a b c | Dieta | 08. | a b c | Irritabilidade |
| 2. | a b c | Vida doméstica | 09. | a b c | Peso |
| 3. | a b c | Escola/faculdade/trabalho | 10. | a b c | Garganta |
| 4. | a b c | Amigos | 11. | a b c | Internamente |
| 5. | a b c | Treinamento esportivo | 12. | a b c | Dores não explicadas |
| 6. | a b c | Clima | 13. | a b c | Força da técnica |
| 7. | a b c | Sono | 14. | a b c | Sono suficiente |
| 8. | a b c | Lazer | 15. | a b c | Recuperação entre sessões |
| 9. | a b c | Saúde | 16. | a b c | Fraqueza generalizada |
| Total de respostas "a" _____ | | | 17. | a b c | Interesse |
| Total de respostas "b" _____ | | | 18. | a b c | Discussões |
| Total de respostas "c" _____ | | | 19. | a b c | Irritações da pele |

Salve estes valores e a data do dia na
PARTE A do REGISTRO DE DADOS

PARTE B

- | | | | | | |
|----|-------|--------------------------|------------------------------|-------|------------------------|
| 1. | a b c | Dores musculares | 21. | a b c | Esforço no treinamento |
| 2. | a b c | Técnica | 22. | a b c | Temperamento/humor |
| 3. | a b c | Cansaço | 23. | a b c | Inchaço |
| 4. | a b c | Necessidade de descansar | 24. | a b c | Amabilidade |
| 5. | a b c | Trabalho suplementar | 25. | a b c | Coriza |
| 6. | a b c | Tédio/aborrecido | Total de respostas "a" _____ | | |
| 7. | a b c | Tempo de recuperação | Total de respostas "b" _____ | | |
| | | | Total de respostas "c" _____ | | |

Salve estes valores e a data do dia na
PARTE B do REGISTRO DE DADOS

ANEXO 3

QUESTÕES REFERENTES À PARTE A DO DALDA

1 - <i>Dieta</i> . Considere se está comendo regularmente e em quantidades adequadas. Está pulando refeições? Gosta das suas refeições?
2 - <i>Vida doméstica</i> . Tem tido discussões com seus pais, irmãos ou irmãs? Pedem que faça muitas tarefas em casa? Como está seu relacionamento com sua esposa/ seu esposo? Houve alguns acontecimentos diferentes em sua casa com relação à sua família?
3 - <i>Escola/Faculdade/Trabalho</i> . Considere a quantidade de trabalho que está realizando lá. Precisa fazer mais ou menos em casa ou no seu próprio tempo? Como estão suas notas e avaliações? Pense em como está interagindo com administradores, professores, ou chefes.
4 - <i>Amigos</i> . Tem perdido ou feito amigos? Tem tido discussões ou problemas com seus amigos? Estão lhe cumprimentado mais ou menos? Tem passado mais ou menos tempo com eles?
5 - <i>Treinamento e Exercício</i> . Quanto e com que frequência está treinando? Os níveis de esforço exigido são fáceis ou difíceis? Consegue se recuperar adequadamente entre esforços? Está gostando/curtindo seu esporte?
6 - <i>Clima</i> . Está muito quente, frio, molhado, ou seco?
7 - <i>Sono</i> . Está dormindo o suficiente? Está dormindo demais? Consegue dormir quando quer?
8 - <i>Lazer</i> . Considere as atividades que pratica além do seu esporte. Estão consumindo tempo demais? Competem com sua dedicação ao seu esporte?
9 - <i>Saúde</i> . Tem alguma infecção, resfriado, ou outro problema temporário de saúde

ANEXO 4
QUESTÕES REFERENTES À PARTE B DO DALDA

1- <i>Dores musculares.</i> Tem dores nas articulações e / ou músculos?
2- <i>Técnica.</i> Como se sente em relação às suas técnicas?
3- <i>Cansaço.</i> Qual é seu estado geral de cansaço?
4- <i>Necessidade de descanso.</i> Sente necessidade de descansar entre sessões de treinamento?
5- <i>Trabalho suplementar.</i> O quão forte você se sente quando faz treinamento suplementar (e.g., pesos, trabalhos de resistência, alongamento)?
6- <i>Tédio.</i> Quão tedioso/chato/maçante é o treinamento?
7- <i>Tempo de recuperação.</i> Os tempos de recuperação entre cada esforço de treinamento devem ser mais longos?
8- <i>Irritabilidade.</i> Você está irritável? As coisas mexem com seus nervos?
9- <i>Peso.</i> Como está seu peso?
10- <i>Garganta.</i> Tem notado dor e irritação na sua garganta?
11- <i>Internamente.</i> Como se sente internamente? Tem tido prisão de ventre, enjôo de estômago, etc.?
12- <i>Dores não explicadas.</i> Tem dores não explicadas?
13- <i>Força da técnica.</i> Como se sente em relação à força de suas técnicas?
14- <i>Sono suficiente.</i> Está dormindo o suficiente?
15- <i>Recuperação entre sessões.</i> Está cansado antes de iniciar a segunda sessão de treinamento do dia?
16- <i>Fraqueza generalizada.</i> Sente fraqueza generalizada?
17- <i>Interesse.</i> Percebe que está mantendo o interesse em seu esporte?
18- <i>Discussões.</i> Está tendo querelas e discussões com as pessoas?
19- <i>Irritações de pele.</i> Está tendo irritações e brotoejas/erupções não explicadas na pele?
20- <i>Congestão.</i> Está tendo congestão nasal e/ou sinusite?
21- <i>Esforço no treinamento.</i> Sente que pode dar seu melhor esforço no treinamento?
22- <i>Temperamento.</i> Perde o bom humor?
23- <i>Inchaço.</i> Tem inchaço das glândulas linfáticas debaixo dos braços, debaixo dos ouvidos, na virilha, etc.?
24- <i>Amabilidade.</i> As pessoas parecem gostar de você?
25- <i>Coriza.</i> Tem corrimento nasal?