

Jorge Lúcio Rodrigues Júnior

**NÍVEL DE RELAÇÃO ENTRE A ASSIMETRIA ESPORTIVA E A ASSIMETRIA DE  
TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE  
ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2018

Jorge Lúcio Rodrigues Júnior

**NÍVEL DE RELAÇÃO ENTRE A ASSIMETRIA ESPORTIVA E A ASSIMETRIA DE  
TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE  
ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta

Belo Horizonte

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da UFMG

2018

R696n Rodrigues Júnior, Jorge Lúcio  
2018 Nível de relação entre a assimetria esportiva e a assimetria de temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol. [manuscrito] / Jorge Lúcio Rodrigues Júnior – 2018.  
77 f., enc.: il.

Orientador: Eduardo Mendonça Pimenta

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

Bibliografia: f. 62-71

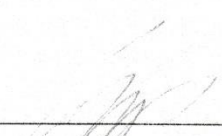
1. Jogadores de futebol – Ferimentos e lesões - Teses. 2. Termografia - Teses. 3. Biomarcadores - Teses. 4. Saltos verticais – Teses. I. Pimenta, Eduardo Mendonça. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional. III. Título.


CDU: 612:796

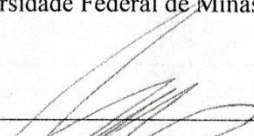


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte

A Dissertação intitulada "**Relação entre as assimetrias de força e de temperatura da pele dos membros inferiores de jogadores profissionais de futebol**", de autoria do mestrando **Jorge Lúcio Rodrigues Júnior**, defendida em 08 de agosto de 2018, na Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, foi submetida à banca examinadora composta pelos professores:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta (Orientador)  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional  
Universidade Federal de Minas Gerais

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso (À distância)  
Universidade Federal do Maranhão

\*Como o Prof. Dr. Christiano Eduardo Veneroso participou da Banca à distância, o Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta, presidente da comissão, assinará a ata em nome do mesmo e terá validade de 60 dias. Procedimento aprovado pelo colegiado de Pós-Graduação em Ciências do Esporte.

Belo Horizonte, 08 de agosto de 2018.

*Dedico este trabalho aos meus  
amados pais e irmãos. O apoio de  
vocês que me permitiu percorrer o  
caminho até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que intercedeu por mim e permitiu que eu tivesse saúde, determinação e força, mesmo nas noites mais escuras.

Agradeço aos meus pais pelo amor, dedicação, confiança e apoio. Vocês me ensinaram, por meio do exemplo, a ser uma pessoa que acredita no respeito, na ética e que deve buscar infundavelmente o conhecimento. Apesar da minha constante ausência, foram compreensíveis. E por tudo isso, não há palavras que sejam suficientes para expressar o quanto sou grato por ser filho de vocês.

Aos meus irmãos, que sempre foram sinônimos de integridade, amizade, maturidade, orgulho e honra. Um agradecimento especial vai para a minha sobrinha, Sofia, que chegou recentemente em nossa família. Aguardar o seu nascimento alegrou nossos dias, então, você também fez parte desta conquista.

Agradeço ao Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta, que acreditou em mim quando até eu mesmo duvidei. O senhor tornou um sonho realidade e por isso sou eternamente grato. A confiança e os ensinamentos, tanto como professor quanto pessoa, são imensuráveis. Agradeço muito pela oportunidade e pelo privilégio de ser aluno de um profissional excepcional. Muito obrigado por tudo!

Aos membros do Laboratório de Biomecânica (Biolab), pois todos me ajudaram de alguma forma e me ensinaram mais que as melhores referências. Em especial à Regina Avelino, pelas dicas e companheirismo.

À Prof. Dra. Fabíola Bertú Medeiros pela ajuda, que foi desde o pré-projeto até a última versão da dissertação. As observações, sugestões e críticas de um mito como você foram fundamentais para que tudo se realizasse. Fabíola, muito obrigado pela paciência e pelo tempo dedicado.

Ao Prof. Dr. André Gustavo Pereira de Andrade por abrir as portas do Biolab para mim e por me instigar o sonho de fazer o mestrado.

Ao meu amor, Uly A. Caproni Corrêa que foi minha *super-heroína* durante todo o percurso do mestrado. Toda a paciência, a compreensão, o apoio e o carinho que você demonstrou, apenas confirmaram o quanto você é fantástica e inigualável.

Ao meu amigo, Warley Henrique Duarte, pela boa vontade, dedicação e esforço em me ajudar de maneira fenomenal no momento mais necessário.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Tigre, Tigre, ardente açoite,  
Nas florestas da noite  
Que imortal olho ou guia  
Pode captar-te a temível simetria?”  
[...]*

William Blake (Canções da Experiência, 1794)

## RESUMO

O futebol envolve ações unilaterais de alta intensidade e curta duração, que podem causar assimetria esportiva e de temperatura da pele ( $T_P$ ) nos membros inferiores (MMII) dos atletas. As intensas contrações excêntricas das demandas físicas induzem danos musculares e a posteriores processos inflamatórios que podem reduzir a capacidade de produção de força muscular. A identificação da assimetria esportiva por meio do teste de salto vertical com contramovimento (SCM) não determina a etiologia da assimetria, o que torna interessante utilizar a termografia infravermelha como instrumento complementar ao teste de SCM. O objetivo do estudo foi investigar o nível de relação entre a assimetria esportiva no SCM e a assimetria de  $T_P$  dos MMII de atletas profissionais de futebol, antes e após um período competitivo. O teste de SCM avaliou a assimetria esportiva, já a assimetria de  $T_P$  foi avaliada por meio da análise de termogramas. As assimetrias foram quantificadas por meio da equação do ângulo de simetria (AS). Coletas sanguíneas foram realizadas para mensurar a concentração sérica de creatina quinase, proteína C-reativa e cortisol. As avaliações e coletas ocorreram em dois momentos, antes da pré-temporada e após o final do período competitivo, sendo respeitado o intervalo de 72 horas de inatividade para o segundo momento de avaliações. A amostra foi composta por dois grupos de 10 atletas profissionais de futebol, sendo que o critério para compor cada grupo foi a distância total percorrida por cada atleta nas sessões de treino e jogo do período. Foi verificada relação significativamente forte e positiva entre os AS de taxa de produção de força (TPF) e o AS de  $T_P$  antes ( $r = 0,7$ ;  $r^2 = 0,43$ ;  $p = 0,03$ ) e após ( $r = 0,6$ ;  $r^2 = 0,42$ ;  $p = 0,04$ ) o período competitivo. Este resultado sugere que a redução da produção de força muscular causada por danos musculares pode influenciar nas assimetrias de TPF e  $T_P$ . Após o período competitivo, houve redução do desempenho no SCM, maior  $T_P$  e alta demanda fisiológica, mesmo após 72 horas de inatividade. Além disso, foi verificada relação forte e positiva entre o AS de  $T_P$  e o AS do impulso ( $r = 0,7$ ;  $r^2 = 0,51$ ;  $p = 0,02$ ). Este resultado sugere que o teste de SCM pode ser complementado pela análise dos termogramas, por apresentar mais informações para o monitoramento da carga, da assimetria esportiva e da assimetria de temperatura da pele.

**Palavras-chave:** Lesões em atletas. Salto vertical. Termografia. Biomarcadores.



## ABSTRACT

Soccer involves performing a lot of short-duration and high-intensity movements that are unilateral-based and may be related to sporting and skin temperature ( $T_{sk}$ ) asymmetries. Elevated levels of mechanical stress during eccentric contractions can induce muscle damage, inflammatory process and strength loss. Sporting asymmetries can be identified by countermovement jump (CMJ) test, but the muscle group cannot be identified by the CMJ test. So, thermography might be able to provide complementary information. The aim of this study was to investigate relationship between sporting and  $T_{sk}$  of lower limbs asymmetry in elite soccer players before and after a competition period. The JT evaluated the strength asymmetry. The infrared thermography (IRT) was used to evaluate  $T_{sk}$  asymmetry. The asymmetries were calculated by the symmetry angle. Blood tests were performed to analysis the serum concentration of creatine kinase, C-reactive protein and cortisol. The evaluations occurred before and after a competitive period. The sample was composed by two groups of 10 elite soccer players. There was significant and positive correlation between the symmetry angle of  $T_{sk}$  and the symmetry angle rate of force development before ( $r = 0,7$ ;  $r^2 = 0,43$ ;  $p = 0,03$ ) and after ( $r = 0,7$ ;  $r^2 = 0,43$ ;  $p = 0,03$ ) the competitive period. This result suggests that reduction in strength caused by muscle damage can influence in the rate of force development and  $T_{sk}$  asymmetries. In addition, there was significant and positive correlation between the symmetry angle of  $T_{sk}$  and the symmetry angle of impulse ( $r = 0,7$ ;  $r^2 = 0,51$ ;  $p = 0,02$ ). After the competitive period, reduction in performance in JT, higher  $T_{sk}$  and high physiological demand was identified, even after 72 hours of inactivity. The result suggests that JT can be complemented by the IRT, presenting more information for the training monitoring and the sporting asymmetry and skin temperature.

**Keywords:** Athletic injuries. Vertical Jump. Thermography. Biomarkers.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Imagens de microscopia eletrônica de fibras musculares estriadas após 48 horas de dano muscular induzido por ação muscular excêntrica. Vista transversal a desorganização e, em alguns locais, ruptura total da linha Z de um sarcômero (A), e vários sarcômeros (B). .....	32
Figura 2 – Mecanismos moleculares potenciais e locais de perda de força após ações excêntricas. ....	33
Figura 3 – Gráfico da capacidade de produzir força muscular (%) x Tempo (horas)	34
Figura 4 – Linha do tempo do delineamento experimental .....	36
Figura 5 – Média e DP da distância total percorrida por semana entre grupos .....	37
Figura 6 – Representação ilustrativa da curva força x tempo resultante para determinação do início e do final da fase de impulsão do SCM .....	39
Figura 7 – Fase de impulsão da curva força x tempo no SCM .....	40
Figura 8 – Regressão dos ASTPF x ASzqA do G1 – PRÉ .....	49
Figura 9 – Regressão dos ASTPF x ASzqA do G1 – PÓS .....	50
Figura 10 – Regressão linear dos ASI x ASzqA do G1 - PRÉ .....	50
Figura 11 – Regressão dos ASTPF x ASzqP do G2 – PÓS .....	51
Figura 12 – Pico de força PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP) .....	52
Figura 13 – Impulso PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP) .....	52
Figura 14 – Taxa de Produção de Força PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP)....	53
Figura 15 – Desempenho PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP).....	53
Figura 16 – Temperatura da Pele (Zona Quente) PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP) .....	54
Figura 17 – Variáveis fisiológicas PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP).....	55
Figura 18 – Cortisol PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP).....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição do critério de divisão dos grupos .....	37
Tabela 2 – Variáveis dinâmicas extraídas da curva força x tempo .....	41
Tabela 3 – Variáveis de temperatura da pele da Zona quente .....	42
Tabela 4 – Ângulo de simetria das variáveis dinâmicas e de $T_p$ .....	43
Tabela 5 – Variáveis para caracterização das demandas fisiológicas crônica.....	44
Tabela 6 – Nível de Correlação entre duas variáveis .....	45
Tabela 7 – Média e desvio padrão das medidas antropométricas .....	46
Tabela 8 – Análise descritiva das variáveis de assimetria em módulo (média $\pm$ DP)	46
Tabela 9 – Análise descritiva das variáveis dinâmicas e desempenho (média $\pm$ DP) .....	47
Tabela 10 – Análise descritiva das variáveis de TIR (média $\pm$ DP).....	47
Tabela 11 – Análise descritiva das variáveis fisiológicas (média $\pm$ DP) .....	48
Tabela 12 – Coeficiente de correlação dos AS no momento PRÉ ( $r$ ) .....	48
Tabela 13 – Coeficiente de correlação dos AS no momento PÓS ( $r$ ) .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS

**AS** – Ângulo de assimetria

**ASP<sub>Força</sub>** – Ângulo de simetria do pico de força

**ASTPF** – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

**ASImp** – Ângulo de simetria do impulso

**ASZqA** – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

**ASZqP** – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão posterior

**CAE** – Ciclo de alongamento-encurtamento

**CCI** – Coeficiente de correlação intraclasse

**CK** – Enzima creatina quinase

**DP** – Desvio padrão

**G1** – Atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

**G2** – Atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

**H<sub>SCM</sub>** – Altura do salto com contramovimento

**Imp** – Impulso

**KHz** – Quilohertz

**MMII** – Membros inferiores

**MI** – Membro inferior

**P<sub>Força</sub>** – Pico de força

**PCR** – Proteína-C reativa

**PCR-hs** – Proteína-C reativa alta sensibilidade

**PÓS** – Avaliações realizadas após o período competitivo

**PRÉ** – Avaliações realizadas antes da pré-temporada

**SCM** – Salto com contramovimento

**SEM** – Semana

**TIR** – Termografia infravermelha

**t** – Tempo

**T<sub>P</sub>** – Temperatura da pele

**TPF** – Taxa de produção de força

**V<sub>saída</sub>** – Velocidade de saída

**ZqA<sub>D</sub>** – Zona quente de temperatura da pele na visão anterior do membro inferior direito

**ZqA<sub>E</sub>** – Zona quente de temperatura da pele na visão anterior do membro inferior esquerdo

**ZqP<sub>D</sub>** – Zona quente de temperatura da pele na visão posterior do membro inferior direito

**ZqP<sub>E</sub>** – Zona quente de temperatura da pele na visão posterior do membro inferior esquerdo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Objetivos.....	17
1.2 Hipóteses.....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1 Assimetria esportiva.....	19
2.2 Termografia e assimetria de temperatura da pele.....	23
2.3 Quantificação da assimetria.....	25
2.4 Períodos competitivos, densidade de jogos e intervalos de recuperação.....	26
2.5 Dano muscular induzido por ações excêntricas e inflamação.....	30
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
3.1 Cuidados éticos.....	35
3.2 Amostra.....	35
3.3 Delineamento metodológico.....	36
3.4 Variáveis dinâmicas.....	39
3.5 Aquisição dos termogramas.....	41
3.6 Ângulo de simetria.....	42
3.7 Variáveis fisiológicas.....	43
3.8 Análise estatística.....	44
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>62</b>
<b>APÊNDICE</b> .....	<b>72</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O futebol praticado em alto rendimento envolve ações de alta intensidade e curta duração, com breves intervalos de recuperação (DE HOYO *et al.*, 2016; IMPELLIZZERI *et al.*, 2008; RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016; STOLEN *et al.*, 2005). As frequentes mudanças de direção, as intensas acelerações e desacelerações, os *sprints*, os saltos e os chutes são demandas físicas do futebol que exigem assimetricamente alta força muscular dos membros inferiores (MMII) dos atletas (ARNASON *et al.*, 2004; HART *et al.*, 2014; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016; NÉDÉLEC *et al.*, 2012; RAHNAMA; LEES; BAMBAECICHI, 2005; RAMÍREZ-CAMPILLO *et al.*, 2016; STOLEN *et al.*, 2005). As intensas contrações excêntricas destas ações provocam danos musculares (MOUGIOS, 2007), que desencadeiam respostas inflamatórias (BENGTSSON; EKSTRAND; HÄGGLUND, 2013; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016; PEAKE *et al.*, 2017; PEAKE; NOSAKA; SUZUKI, 2005). Desta forma, as demandas físicas do futebol causam estresse fisiológico e posteriores processos inflamatórios (BENGTSSON; EKSTRAND; HÄGGLUND, 2013; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016), bem como adaptações diferentes para cada MMII, que podem causar assimetria esportiva e assimetria de temperatura da pele ( $T_p$ ) nos atletas profissionais (FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; MALONEY, 2018; RAHNAMA; LEES; BAMBAECICHI, 2005; VARDASCA *et al.*, 2012; ZAHALKA *et al.*, 2013).

A assimetria esportiva dos MMII apresentada por atletas profissionais de futebol pode estar relacionada a redução do desempenho esportivo (BAILEY *et al.*, 2013; BELL *et al.*, 2014; HART *et al.*, 2014; MALONEY, 2018; MALY *et al.*, 2018) e ao aumento do risco de lesão muscular (CROISIER *et al.*, 2003; FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; MURPHY; CONNOLLY; BEYNNON, 2003; SCHACHE *et al.*, 2011). A identificação da assimetria esportiva pode ser feita por meio de teste isocinético (FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; MALY *et al.*, 2018) ou por meio de teste de salto vertical (MENZEL *et al.*, 2013), sendo apresentada de maneira quantitativa por meio de equações que apresentam um único valor de referência, denominado ângulo de simetria (AS) (ZIFCHOCK *et al.*, 2008). O teste de salto com contramovimento (SCM) padronizado em plataformas de força sincronizadas, apresenta maior similaridade com as ações musculares do futebol, por envolver o

ciclo de alongamento-encurtamento (CAE) na realização do salto (MENZEL *et al.*, 2013). Entretanto, Menzel *et al.* (2013) afirmam que a identificação de assimetria dos MMII por meio de um teste funcional como o SCM é limitada, pois não identifica especificamente o grupo muscular responsável pela assimetria. Desta forma, torna-se importante buscar meios para complementar as informações disponibilizadas pelo teste de SCM.

Dentre os diferentes métodos de avaliação que podem ajudar a esclarecer sobre a musculatura responsável pela assimetria esportiva, a termografia infravermelha (TIR) se destaca por mensurar a  $T_P$  em tempo real (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; JAVIER *et al.*, 2014; MARINS *et al.*, 2014, 2015; PIÑONOSA *et al.*, 2013). Além disso, fornece informações de temperatura por imagem (termograma) e caracteriza-se como um método não-invasivo, não-ionizante e inócuo (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; MARINS *et al.*, 2014, 2015; PIÑONOSA *et al.*, 2013). No meio esportivo, a TIR tem como propósito otimizar e auxiliar o monitoramento e o controle da carga de treinamento, por meio da análise da  $T_P$ , que pode variar devido aos processos inflamatórios causados por danos musculares induzidos por contrações musculares excêntricas (FERNANDES *et al.*, 2012; JAVIER *et al.*, 2014; MARINS *et al.*, 2014, 2015; NEVES *et al.*, 2015). Além disso, permite a identificação da assimetria de  $T_P$  entre os membros inferiores ou superiores do corpo humano, tanto na visão anterior quanto posterior (HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; VARDASCA *et al.*, 2012).

Há um consenso na literatura de que os valores de assimetria de  $T_P$  servem de parâmetro para a identificação de alterações fisiológicas, o que sugere a importância de realizar possíveis intervenções para a prevenção de lesões musculares (BRIOSCHI; MACEDO; MACEDO, 2003; HILDEBRANDT; RASCHNER; AMMER, 2010; MARINS *et al.*, 2014; PIÑONOSA *et al.*, 2013; VARDASCA *et al.*, 2012). Marins *et al.* (2014) sugerem que o contínuo monitoramento dos atletas, a partir do seu perfil termográfico, poderia permitir que o aumento atípico da  $T_P$  causado por processos inflamatórios crônicos fosse identificado. Entretanto, não foi encontrado na literatura nenhum estudo longitudinal que utilizou a TIR para verificar a assimetria de  $T_P$  frente às demandas físicas de atletas profissionais de futebol, em períodos competitivos.



Períodos competitivos envolvem a combinação de repetidas cargas de treino e microciclos de alta ou baixa densidade de jogos (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; PALUCCI VIEIRA *et al.*, 2018; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), que causam diferentes respostas fisiológicas (COELHO *et al.*, 2015; EKSTRAND; WALDÉN; HÄGGLUND, 2004; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; MOHR *et al.*, 2016). Devido a essa variabilidade de demandas físicas e fisiológicas combinadas com outros fatores, como, a posição do jogador e o nível do adversário, influenciam os atletas de diferentes maneiras (CARLING; LE GALL; DUPONT, 2012; FOLGADO *et al.*, 2015; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017; REY *et al.*, 2010). Este conjunto de fatores dificulta ou reduz a possibilidade de verificar resultados significativos ao comparar o desempenho dos jogadores em diferentes momentos dos períodos competitivos (CARLING; LE GALL; DUPONT, 2012; FOLGADO *et al.*, 2015; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; REY *et al.*, 2010). Diante disto, Penedo-Jamardo *et al.* (2017) sugerem a classificação e divisão dos atletas em grupos conforme o desempenho físico (por exemplo, distância total percorrida ou número de *sprints*) apresentado ao longo do período competitivo. Os autores verificaram que a disposição dos jogadores em grupos mais homogêneos permitiu reduzir o efeito dos fatores complicadores de estudos longitudinais com atletas profissionais de futebol.

Em suma, a assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$  apresentam etiologia semelhante, pois as demandas físicas do futebol em que há maior exigência de determinado MI causam maior processo inflamatório e, em tese, maior redução da capacidade de produzir força muscular deste MI, ou seja, quanto maior o processo inflamatório menor será a capacidade de produzir força muscular. Esta semelhança sugere a possibilidade de existir associação quantitativa entre as duas assimetrias. Além disso, verificar a relação entre a assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$  antes e após um período competitivo pode elucidar mais sobre o efeito de um período competitivo nas duas assimetrias e sobre a possível associação quantitativa. Caso a relação entre as duas assimetrias seja verificada tanto antes quanto após o período competitivo, surge a possibilidade de utilizar a TIR como ferramenta complementar ao teste de SCM, o que seria importante para a otimização de fatores relacionados à assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$ , como o monitoramento e controle da carga de treino, os intervalos de recuperação e o diagnóstico preliminar de lesões (BANDEIRA *et al.*, 2012; EKSTRAND; WALDÉN;

HÄGGLUND, 2004; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; MOHR *et al.*, 2016; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017; PIÑONOSA *et al.*, 2013; SCHACHE *et al.*, 2011).

Portanto, o presente estudo pretende contribuir para o melhor entendimento da assimetria esportiva e da assimetria de  $T_P$  dos MMII de atletas profissionais de futebol, sendo estes atletas classificados e divididos em grupos conforme o desempenho esportivo (distância total percorrida) apresentado em jogos e treinos, antes e após um período competitivo.

### 1.1 Objetivos

Investigar o nível de relação entre a assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$  dos MMII de atletas profissionais de futebol, classificados e divididos em grupos pelo critério da distância total percorrida em jogos e treinos, antes e após um período competitivo.

## 1.2 Hipóteses

$H_1$  - Haverá relação significativamente forte e positiva entre a assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$  dos MMII de atletas profissionais de futebol, classificados e divididos em grupos pelo critério da distância total percorrida em jogos e treinos, antes e após um período competitivo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Na busca da melhor elucidação dos temas abordados na dissertação, esta revisão de literatura vai discorrer sobre: assimetria esportiva; termografia e assimetria de temperatura da pele; quantificação da assimetria; períodos competitivos, densidade de jogos e intervalos de recuperação; dano muscular induzido por ações excêntricas e inflamação.

### 2.1 Assimetria esportiva

As diferenças dinâmicas e/ou cinemáticas apresentadas entre o lado direito e lado esquerdo do corpo humano são denominadas de assimetria bilateral (HODGES; PATRICK; REISER, 2011; MALONEY, 2018). Maloney (2018) propõe o termo “*sporting assymetry*” (“assimetria esportiva”, em tradução livre) para definir de maneira específica as assimetrias bilaterais causadas por adaptações assimétricas que ocorrem devido ao tempo de prática em alguma modalidade esportiva. Ainda segundo o autor, essas diferenças bilaterais devem ser identificadas e mensuradas por meio de variáveis, por exemplo, o pico de força ( $P_{\text{Força}}$ ), altura do salto e o impulso, ao realizar um salto vertical. Baseado nisso, o termo “assimetria esportiva” será adotada neste estudo para definir as assimetrias mensuradas a partir de variáveis dinâmicas ou cinemáticas.

O futebol apresenta ações com características assimétricas como, por exemplo, mudanças de direção, chutes, dribles e saltos, que podem ser um dos fatores crônicos para a ocorrência da assimetria esportiva em atletas (HART *et al.*, 2014; RAHNAMA; LEES; BAMBAECICHI, 2005). Fousekis *et al.* (2010) verificaram o pico de torque das articulações do tornozelo e do joelho, por meio de testes isocinéticos. Os autores concluíram que atletas de futebol, em diferentes faixas etárias, apresentam adaptações crônicas de força nos MMII em função da modalidade. A assimetria esportiva em atletas profissionais de futebol também foi estudada por Rahnama, Lees e Bambaecichi (2005). Após realizar a avaliação do pico de torque dos músculos extensores e flexores do joelho, estes autores verificaram um índice de assimetria superior a 10% em quase 68% da amostra composta por 41 atletas. O alto valor de assimetria esportiva identificada na maior parte dos atletas foi relacionado às demandas físicas assimétricas do futebol. Zahalka *et al.* (2013) investigaram a assimetria esportiva em goleiros profissionais

por meio do SCM com e sem o movimento dos membros superiores e o salto agachado sem movimento dos membros superiores. Os saltos com contramovimento realizados com o movimento dos membros superiores apresentaram maior assimetria de  $P_{\text{Força}}$  ( $p < 0,05$ ), que as outras duas técnicas de saltos. Zahalka *et al.* (2013) também justificaram a assimetria de  $P_{\text{Força}}$  nos SCM com base nas demandas específicas do futebol e relacionaram a maior assimetria de  $P_{\text{Força}}$  verificada no SCM com movimento dos braços com a demanda específica dos goleiros.

Apesar de ser uma característica apresentada por atletas profissionais de futebol (RAHNAMA; LEES; BAMBAECICHI, 2005; FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; ZAHÁLKA *et al.*, 2013), há possibilidade da assimetria esportiva comprometer o desempenho em ações motoras determinantes do futebol, como a precisão dos chutes (HART *et al.*, 2014). Hart *et al.* (2014) avaliaram, por meio de teste isométrico, a assimetria esportiva em atletas de futebol e verificaram sua relação com a precisão dos chutes. Os autores compararam atletas considerados precisos no chute com atletas considerados imprecisos, sendo verificada diferença significativa entre os grupos em relação à assimetria esportiva ( $p = 0,002$ ). O grupo com maior imprecisão no chute apresentou ter o MI de apoio mais fraco em relação ao MI utilizado para chutar (8% mais fraco, em média). A correlação entre a assimetria esportiva e a precisão dos chutes foi moderada e negativa ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,05$ ). Com estes resultados, Hart *et al.* (2014) concluíram que atletas com maior assimetria esportiva apresentam menor precisão nos chutes, sendo que a precisão dos chutes é uma das variáveis de desempenho avaliadas em atletas.

No estudo de Maly *et al.* (2018) foi verificado que, após um teste físico de alta intensidade, atletas profissionais de futebol apresentaram menor precisão no chute ( $p = 0,001$ ;  $d = 1,10$ ). Os autores identificaram a assimetria esportiva entre os músculos por meio de teste isocinético, o que permitiu identificar a assimetria de força muscular entre o mesmo MI. Ao relacionar a precisão dos chutes com a assimetria entre os músculos isquiotibiais e quadríceps após a indução de fadiga, foi verificada relação forte e negativa ( $r = -0,67$ ;  $r^2 = 0,46$ ;  $p = 0,001$ ). Segundo Maly *et al.* (2018), a assimetria de força muscular aumentada devido à fadiga e ao dano muscular induzido por exercício talvez tenha afetado o controle motor, ao potencializar as ações dos músculos extensores do joelho em relação aos flexores do joelho. Por fim, os autores sugerem a utilização de um teste mais semelhante

com as ações esportivas (teste funcional) que o isocinético, pois os chutes são realizados em velocidades superiores à velocidade máxima de movimento no teste isocinético (300°/s). A sugestão dos autores caracteriza a utilização de um teste que permita o uso e aproveitamento do CAE, o que ocorre em ações musculares de alta intensidade e curta duração (MENZEL *et al.*, 2013).

Bell *et al.* (2014) investigaram em atletas de diferentes modalidades, inclusive do futebol, o efeito da assimetria esportiva no desempenho do SCM. Os autores verificaram que quando o índice de assimetria de pico de potência muscular foi superior a 10% houve redução de 9 cm na altura do salto ( $d > 0,80$ ; tamanho do efeito alto). Bailey *et al.* (2013) identificaram relação significativamente moderada e negativa entre o índice de assimetria de  $P_{\text{Força}}$  e o desempenho no salto agachado ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,01$ ) e no SCM ( $r = -0,47$ ;  $p < 0,01$ ). O resultado de Bailey *et al.* (2013) corrobora com os resultados de Bell *et al.* (2014), porém a assimetria foi identificada por meio de teste isométrico (agachamento), o que não permite o aproveitamento do CAE, e talvez justifique a correlação moderada verificada pelos autores.

A assimetria esportiva também está associada à possibilidade de aumento do risco de lesões em atletas (CROISIER *et al.*, 2003; FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; MURPHY; CONNOLLY; BEYNNON, 2003; SCHACHE *et al.*, 2011). Schache *et al.* (2011) acompanharam a assimetria esportiva de um atleta de futebol por meio de teste isométrico, realizado uma vez por semana. No quinto dia após a quinta semana de avaliação, o atleta de futebol sofreu lesão na junção musculotendínea proximal do bíceps femoral (cabeça longa). A assimetria variou em média 1,2% nas quatro primeiras semanas e aumentou para 12,1% entre a quarta e quinta semana. Este aumento permitiu aos autores sugerirem que o monitoramento da assimetria esportiva pode identificar previamente atletas mais suscetíveis à lesão nos músculos isquiossurais. Assim, apesar de ainda não ter sido verificada uma forte relação da assimetria esportiva com o risco de lesão em atletas, identificar e mensurar a assimetria esportiva em atletas de futebol pode ser fundamental para a prevenção de lesões (SCHACHE *et al.*, 2011).

A identificação de assimetria esportiva pode ser feita por meio de teste isocinético (FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; MALY *et al.*, 2018; RAHNAMA; LEES; BAMBACICHI, 2005), teste isométrico (BAILEY *et al.*, 2013; HART *et al.*, 2014; SCHACHE *et al.*, 2011) ou por teste de SCM (MENZEL *et al.*, 2013).

O teste isocinético é um dos testes mais utilizados na literatura, pois permite verificar e comparar a assimetria esportiva entre grupos musculares (FOUSEKIS; TSEPIS; VAGENAS, 2010; MALY *et al.*, 2018; RAHNAMA; LEES; BAMBAECICHI, 2005). Entretanto, o teste não tem especificidade com as ações musculares esportivas (MALY *et al.*, 2018). O aparelho isocinético pode ter sua velocidade angular regulada entre 60°/s, 180°/s e 300°/s, sendo que a velocidade selecionada é mantida constante durante a extensão e flexão de joelho (MALY *et al.*, 2018). As ações motoras esportivas ocorrem em velocidade angular superior à 300°/s e são caracterizadas por envolver o CAE, o que não ocorre em teste isocinético (MALY *et al.*, 2018; MENZEL *et al.*, 2013).

O método de identificação de assimetria esportiva dos MMII por meio do SCM utilizado por Menzel *et al.* (2013), apresenta maior similaridade com as atividades esportivas, por envolver o CAE. Além disso, o SCM permite a avaliação da força muscular de MMII (HESPANHOL *et al.*, 2007), monitoramento da carga de treinamento (CLAUDINO *et al.*, 2012; SZMUCHROWSKI *et al.*, 2012) e de fadiga residual (CORMACK *et al.*, 2008; COUTTS *et al.*, 2007). Menzel *et al.* (2013) realizaram uma análise fatorial e verificaram a concordância do teste isocinético dos músculos extensores do joelho com o teste de SCM para as variáveis  $P_{\text{Força}}$ , pico de potência e impulso. Os dois testes foram considerados independentes na identificação da assimetria. Desta forma, o teste isocinético, que tem pouca aproximação com ações esportivas, poderia ser complementado pelo teste de SCM.

Ainda no estudo de Menzel *et al.* (2013) foi verificado o coeficiente de correlação intraclasse (CCI), que no caso verificou a consistência da medida da assimetria do  $P_{\text{Força}}$  (CCI = 0,71), do pico de potência (CCI = 0,74) e do impulso (CCI = 0,81) no SCM. Entretanto, Menzel *et al.* (2013) afirmam que a identificação de assimetria esportiva dos MMII por meio de testes de saltos verticais em plataformas de forças sincronizadas é limitada, pois não identifica especificamente o grupo muscular responsável pela assimetria esportiva. Nesta perspectiva, seria interessante buscar meios para complementar o teste de SCM e que permitam reduzir, otimizar ou mesmo sanar esta limitação, como por exemplo, o uso de um método de avaliação fisiológica.

## 2.2 Termografia e assimetria de temperatura da pele

A termografia é um método que permite quantificar a radiação infravermelha irradiada pelo corpo humano (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; JAVIER *et al.*, 2014; PIÑONOSA *et al.*, 2013). Os termogramas registram a  $T_P$  e são caracterizados como um método não-invasivo, não-ionizante, inócuo e que mensura a temperatura em tempo real (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; MARINS *et al.*, 2014, 2015; PIÑONOSA *et al.*, 2013).

Os processos inflamatórios resultantes dos danos musculares causam alterações térmicas locais, que podem ser identificadas por meio da TIR (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; JAVIER *et al.*, 2014; MARINS *et al.*, 2015). Desta forma, a TIR apresenta uma vantagem em relação aos biomarcadores de processo inflamatório, que verificam apenas a inflamação sistêmica (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; JAVIER *et al.*, 2014; MARINS *et al.*, 2015).

A validade da TIR foi discutida na revisão de Fernández-Cuervas *et al.* (2015). Os autores apresentaram estudos que verificaram validade das medidas de  $T_P$  de maneira específica, sendo que o estudo de Sherman, Woerman e Karstetter (1996) foi o mais específico quanto a precisão da TIR na medida de assimetria de  $T_P$ . Sherman, Woerman e Karstetter (1996) concluíram que a TIR foi precisa na medida de  $T_P$  e mais adequada, em relação aos outros dois instrumentos (termômetro infravermelho e termômetro de contato). Fernández-Cuevas *et al.* (2015) também reuniram resultados de estudos publicados entre 1991 e 2014, que verificaram a consistência da medida de  $T_P$ , por meio da TIR. Os estudos relacionados encontraram CCI entre 0,4 e 0,9. Além disso, Bandeira *et al.* (2012) sugerem a utilização da TIR em conjunto com o biomarcador Creatina quinase (CK) para identificação anatômica e sistêmica do dano muscular em atletas de futebol após as sessões de treinamento, o que permitiria melhorar o diagnóstico da TIR.

Quanto aos métodos de pesquisa, Ludwig *et al.* (2014) compararam as  $T_P$  das panturrilhas de indivíduos saudáveis no método de análise por região de interesse, por maior  $T_P$  registrada e por seleção subjetiva da área anatômica de interesse. Os autores não encontraram uma correlação significativa entre os valores de região de interesse e área anatômica de interesse ( $p = 0,9$ ;  $r = 0,9$ ), já para relação entre os valores de maior  $T_P$  e região de interesse foi verificada correlação



significativa e positiva ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,9$ ), bem como para a relação entre a maior  $T_P$  e a área anatômica de interesse ( $p < 0,001$ ;  $r = 0,9$  e  $r = 0,8$ ). O resultado do estudo permitiu aos autores concluir que utilizar valores máximos de  $T_P$  é mais indicado em estudo sobre assimetrias de  $T_P$ .

A simetria térmica dos MMII é esperada em situações de equilíbrio térmico, o que sugere ausência de patologias ou alterações vasculares causadas por processos inflamatórios e adaptação à carga de treino (SELFE; WHITAKER; HARDAKER, 2008; VARDASCA *et al.*, 2012). Vários estudos investigaram a assimetria de  $T_P$  com o objetivo de determinar os valores limites para maiores riscos de lesão em atletas. Hildebrandt, Raschner e Ammer (2010) sugerem que a assimetria de  $T_P$  dos membros inferiores de atletas ocorre quando a diferença de temperatura for superior a  $0,7^\circ\text{C}$ , sendo que em valores superiores, a assimetria térmica poderia indicar uma alteração fisiológica ou anatômica no sistema motor. Da mesma forma, Marins *et al.* (2014) consideraram como perfil termográfico comum para atletas jovens variação menor que  $0,2^\circ\text{C}$ , em média, na  $T_P$  e sugerem que a variação superior a  $0,7^\circ\text{C}$  represente aumento do risco de lesão. Vardasca *et al.* (2012) realizaram um estudo com 39 homens saudáveis e compararam a  $T_P$  das RDI contralaterais de todo o corpo humano, e concluíram que o valor limite entre duas RDI correspondentes não deve ser superior à média de  $0,5^\circ\text{C}$ , com desvio padrão de  $0,3^\circ\text{C}$ . Brioschi *et al.* (2009), sugeriram que a diferença de até  $0,3^\circ\text{C}$  entre os membros não caracteriza assimetria, e Niu *et al.* (2001) sugerem o valor superior a  $0,5^\circ\text{C}$  para considerar uma assimetria de  $T_P$ , porém esses estudos não foram realizados com atletas. Portanto, não há consenso na literatura quanto ao valor de referência para considerar que a assimetria bilateral de  $T_P$  pode ou não representar aumento do risco de lesões musculares.

A assimetria da temperatura da pele entre os MMII de atletas de futebol pode ser justificada pelos padrões de movimentos assimétricos da modalidade esportiva (MARINS *et al.*, 2014). Marins *et al.* (2014) explicam que as características do futebol, como os movimentos unilaterais, permitem que seja considerado normal um valor mínimo de assimetria de  $T_P$  entre as RDI contralaterais, pois os jovens atletas que foram voluntários no estudo não relatavam dor ou lesão muscular e ainda sim apresentavam assimetria de  $T_P$ . Os autores ainda sugerem que o contínuo monitoramento dos atletas, a partir do seu perfil termográfico, poderia permitir que o aumento anormal da  $T_P$  (agudo ou crônico), fosse identificado. Ainda segundo os

autores, o aumento anormal poderia ser causado por um processo inflamatório, que talvez resultasse em uma lesão musculoesquelética. Entretanto, não foi verificado na literatura nenhum estudo que utilizou a TIR para verificar as respostas fisiológicas e de assimetria de  $T_P$  frente às cargas de treinamento de atletas de futebol de alto rendimento ao longo de um período competitivo. Os estudos encontrados verificaram apenas o efeito agudo das sessões de treinamento em atletas de diferentes modalidades (BANDEIRA *et al.*, 2012, 2014; CHUDECKA *et al.*, 2015).

Piñonosa *et al.* (2013) também verificaram a assimetria da  $T_P$  em MMII de atletas, mas estes, ao contrário da amostra do estudo de Marins *et al.* (2014), apresentavam lesão muscular. Piñonosa *et al.* (2013), verificaram que os membros sem lesão apresentavam maior  $T_P$  em relação ao membro com lesão, o que permitiu aos autores concluir que os movimentos compensatórios durante o processo de reabilitação de lesão, resulta em maior  $T_P$  no membro inferior sem lesão, em atletas. Assim, a assimetria de  $T_P$  possa ser apresentada por atletas que realizam ou realizaram movimentos compensatórios proporcionados por procedimentos de reabilitação.

### 2.3 Quantificação da assimetria

A assimetria pode ser quantitativa por meio de equações que apresentam um único valor de referência, denominado índice de assimetria bilateral (CARPES; MOTA; FARIA, 2010; ROBINSON; HERZOG; NIGG, 1987). A utilização de um único valor para quantificar a assimetria facilita a comparação entre grupos e momentos, pois consegue indicar qual o membro com maior ou menor diferença e a equação pode ser utilizada para variáveis dinâmicas ou cinemáticas (CARPES; MOTA; FARIA, 2010; ROBINSON; HERZOG; NIGG, 1987; ZIFCHOCK *et al.*, 2008).

De maneira resumida, segundo Zifchock *et al.* (2008), o índice de assimetria bilateral é calculado por equações que apresentam a seguinte estrutura:

$$IAB = \frac{\text{lado 1-lado 2}}{\text{valor de referência}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

sendo que o lado 1 e 2 se referem aos valores apresentados por cada membro do corpo e o valor de referência seria o valor de um dos lados (lado 1 ou 2), escolhido conforme o objetivo do estudo.

Zifchock *et al.* (2008) sugerem que a equação 1 pode causar a inflação artificial do valor de referência e afetar a interpretação do índice de assimetria, o que pode dificultar a comparação entre indivíduos e grupos. Os autores citam como exemplo de inflação artificial os valores apresentados no estudo de Herzog *et al.* (1989), pois os valores de índice de assimetria bilateral variaram entre 4% e 13.000% para a assimetria apresentada durante a marca. Segundo Zifchock *et al.* (2008), a inflação artificial ocorreu devido ao valor de referência utilizada na equação 1, que pode apresentar valores diferentes de assimetria conforme o critério utilizado.

Diante disto, Zifchock *et al.* (2008) sugerem a equação denominada ângulo de simetria (AS):

$$AS = \frac{(45^\circ - \arctan(X_{\text{esquerdo}} \div X_{\text{direito}}))}{90^\circ} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

sendo  $X_{\text{esquerdo}}$  o valor do membro esquerdo e  $X_{\text{direito}}$  o valor do membro direito para a variável de interesse que avaliar a assimetria entre membros superiores ou inferiores.

O ângulo de simetria permite que a assimetria seja quantificada sem que seja necessário utilizar como denominador da equação o valor apresentado por um dos membros inferiores ou superiores, o que evita a inflação artificial e a variação dos valores de assimetria (ZIFCHOCK *et al.*, 2008).

Portanto, a equação do ângulo de simetria será utilizada neste estudo para calcular a assimetria esportiva e a assimetria de temperatura da pele dos atletas profissionais de futebol.

#### 2.4 Períodos competitivos, densidade de jogos e intervalos de recuperação

O futebol de elite impõe constante estresse físico, fisiológico e psicológico aos atletas (NÉDÉLEC *et al.*, 2012, 2015a) durante os períodos competitivos devido a combinação de repetidas cargas de treino e microciclos de alta e baixa densidade de jogos (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; PALUCCI VIEIRA *et al.*, 2018; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). O calendário congestionado, devido aos diferentes campeonatos que ocorrem simultaneamente, exige que os atletas participem com frequência de microciclos com duas ou três partidas por

semana (LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; PALUCCI VIEIRA *et al.*, 2018; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), o que ocorre concomitante às viagens, mudanças climáticas e horários inconsistentes de partidas, que comprometem a qualidade do sono (NÉDÉLEC *et al.*, 2013, 2015a, 2015b). Consequentemente, a recuperação adequada dos atletas não é alcançada após as partidas (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016), o que talvez conduza à fadiga residual e à redução do desempenho (EKSTRAND; WALDÉN; HÄGGLUND, 2004; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; MOHR *et al.*, 2016; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017).

A recuperação completa dos atletas, retorno à homeostase, ocorre de três a quatro dias após o jogo (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008). Baseado nisto, Penedo-Jamardo *et al.* (2017) investigaram o impacto de diferentes intervalos de recuperação entre partidas de futebol, em três momentos (início, meio e fim) de um ano competitivo. Os autores classificaram os atletas em grupos, tendo como critério a demanda física apresentada nos jogos, e verificaram que o desempenho esportivo (por exemplo, a distância total percorrida) foi significativamente menor no meio do ano competitivo para todos os grupos ( $p < 0,05$ ). Outro resultado interessante foi a comparação de três dias com quatro dias de intervalo, uma vez que foi verificada redução significativa para a distância total percorrida quando o intervalo era de apenas três dias ( $p < 0,05$ ). Penedo-Jamardo *et al.* (2017) justificam os resultados do estudo com base no estresse induzido pelos jogos, que causam danos musculares e processos inflamatórios. Entretanto, apesar de ser relacionada com a redução do desempenho (FOLGADO *et al.*, 2015; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; MOHR *et al.*, 2016; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), alguns estudos não verificaram redução da distância total percorrida ao comparar partidas de períodos com alta e baixa densidade de jogos (CARLING; LE GALL; DUPONT, 2012; FOLGADO *et al.*, 2015; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; REY *et al.*, 2010). Segundo Penedo-Jamardo *et al.* (2017), estes estudos não verificaram redução do desempenho por não ter classificado os atletas conforme as demandas físicas em jogo, pois a demanda física exigida para cada atleta varia de acordo com a posição em jogo, o nível do adversário e a densidade de jogos. Assim, no presente estudo os atletas serão classificados e divididos em grupo conforme a soma da distância total percorrida em jogos e treinos do período competitivo.

Folgado *et al.* (2015) compararam o desempenho físico e tático de atletas profissionais em partidas durante períodos congestionados (três dias de intervalo

entre as partidas) e períodos não congestionados (seis dias ou mais de intervalo entre as partidas). Os autores não verificaram diferença significativa da distância total percorrida e da variação de velocidade dos atletas entre os períodos, mas verificaram diferença significativa no desempenho tático. Os atletas apresentaram redução na sincronização de movimentos no período de alta densidade de partidas, por isso os autores sugeriram que os atletas com maior participação nas partidas devem ter maior tempo de recuperação. Ekstrand, Waldén e Hägglund (2004) discutem sobre a dificuldade de encontrar diferença entre as demandas físicas de atletas em períodos congestionados de jogos. Os autores explicam que talvez isso ocorra porque os melhores atletas de futebol conseguem manter o desempenho na expectativa de ter a possibilidade de descansar após o período competitivo, todavia, quando competições ocorrem de maneira consecutiva, os atletas tendem à exaustão cognitiva e a aumentar o risco de lesão. Ainda segundo os autores, o fator mais estressante para os atletas não ocorreria durante os noventa minutos de jogo, mas na preparação mental para as partidas e nas longas viagens. O estudo de Silva *et al.* (2017) corrobora com Ekstrand; Waldén e Hägglund (2004), pois também sugere que há fadiga residual nos atletas. Ambos os estudos concordam que sessões de treino e a sequência de jogos têm efeito crônico na recuperação e no desempenho, o que exige monitoramento individualizado das demandas fisiológicas.

A demanda fisiológica de períodos com alta densidade de jogos foi investigada por Coelho *et al.* (2015). Os autores compararam as demandas fisiológicas de atletas profissionais de futebol em três momentos ao longo de um ano competitivo (pré-temporada, final da pré-temporada e final do ano competitivo). Os autores verificaram a demanda fisiológica por meio dos seguintes biomarcadores: Interleucina-6 (IL-6), cortisol, testosterona, testosterona/cortisol, creatina quinase (CK) e alfa-actina. Nesse estudo, foram encontrados maiores valores séricos de testosterona na pré-temporada em relação aos outros dois momentos ( $p < 0,05$ ) e maiores valores séricos de cortisol e CK no final do ano e no final da pré-temporada, em relação à pré-temporada ( $p < 0,05$ ). Os resultados confirmaram que atletas profissionais de futebol apresentam resposta fisiológica diferente para cada um dos três momentos do ano. Lundberg e Weckström (2017) também compararam atletas profissionais, mas que jogaram três partidas em uma semana com um grupo que jogou uma partida para verificar o efeito sobre biomarcadores. Lundberg e Weckström (2017) encontraram tamanho de efeito pequeno a moderado para o

cortisol ( $d = -0,57$ ; efeito pequeno) e a CK ( $d = -0,62$ ; efeito moderado), sendo que as coletas sanguíneas ocorreram 72hs antes e após a semana de jogos. Os autores consideraram os resultados interessantes, mesmo que imprecisos, pois tanto a CK quanto o cortisol apresentaram valores maiores para o grupo com alta densidade de jogos. Além disso, a dor muscular ( $d = 1,02$ ; efeito moderado) foi maior no grupo alta densidade, mesmo após 72hs de recuperação para os atletas, tempo que deveria ser suficiente para ausência de dor muscular (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; NÉDÉLEC *et al.*, 2012). Mohr *et al.* (2016) também estudaram o efeito das demandas fisiológicas de uma semana com três jogos. Os resultados do estudo de Mohr *et al.* (2016) corroboram com Lundberg e Weckström (2017), pois foi verificado efeito de interação para a CK, Cortisol e PCR ( $p < 0,05$ ), nas coletas pós-jogo e um dia após o jogo. As coletas foram realizadas de maneira sistemática todos os dias entre os três jogos, com intervalo de três dias entre o primeiro e o segundo jogo e quatro dias entre o segundo e o terceiro jogo. Os biomarcadores inflamatórios e de estresse apresentaram maiores valores no primeiro dia após a segunda partida, o que sugeriu que o intervalo de três dias não foi suficiente para uma recuperação completa dos atletas. Mohr *et al.* (2016) concluem que apesar da familiarização dos atletas de elite com calendários congestionados, três dias de recuperação, que envolvam sessões de treinamento, causam fadiga residual e expressivo estresse fisiológico, bem como redução do desempenho.

As consequências da fadiga residual e do estresse fisiológico acumulado em períodos com alta densidade podem resultar em lesões (BENGTSSON; EKSTRAND; HÄGGLUND, 2013; DUPONT *et al.*, 2010; MALONE *et al.*, 2017). Lesões musculares preocupam atletas e equipes técnicas devido ao comprometimento do desempenho satisfatório da equipe e também pelo prejuízo financeiro (DUPONT *et al.*, 2010). Dupont *et al.* (2010) acompanharam atletas de elite do futebol por dois anos, sendo o total de 123 partidas oficiais em diferentes torneios. Os autores compararam dois grupos, um composto por atletas que tiveram intervalo igual ou superior a seis dias sem jogar partidas ou que tiveram pouco tempo de jogo e um grupo com atletas que tiveram até quatro dias de intervalo entre partidas. A distância total percorrida, a distância percorrida em alta velocidade, distância percorrida nos *sprints* e o número de *sprints* dos atletas não apresentou diferença entre os grupos. Entretanto, a taxa de lesões apresentou diferença

significativa entre os grupos ( $p < 0,001$ ), sendo maior para o grupo alta densidade de jogos (25,6 lesões para 1000 horas de exposição aos jogos e treinos).

Bengtsson, Ekstrand e Hägglund (2013) estudaram a relação do intervalo de recuperação entre as partidas oficiais e o desempenho do time e também com a taxa de lesões em atletas de futebol de elite em períodos com alta e baixa densidade de jogos ao longo de onze anos (2001 a 2012). Nos intervalos de até quatro dias entre os jogos foi verificado aumento do risco de lesões nos isquiotibiais e quadríceps, quando comparado com intervalos superiores a quatro dias. Bengtsson, Ekstrand e Hägglund (2013) encontraram relação significativa e positiva entre a carga de jogo e a taxa de lesões musculares ( $r^2 = 0.005$ ,  $p = 0.012$ ). Não foi encontrada diferença significativa e relação do intervalo de partidas com o desempenho do time, apesar da quantidade de registros (1.057.201 horas de exposição, tempo de treino e jogo). As sessões de treinamento também influenciam no acúmulo de estresse físico e fisiológico dos atletas, o que aumenta o risco de lesões (MALONE *et al.*, 2017). Ao verificar o efeito de cargas de treinamento acumuladas ao longo de quatro semanas em atletas de elite, Malone *et al.* (2017) concluíram que atletas apresentam maior risco de lesões agudas e crônicas quando são expostos a altas cargas de treinamento semanal.

Os estudos citados anteriormente confirmam o impacto da sequência de jogos e das sessões de treino ao longo do tempo em atletas de futebol, mesmo entre os atletas de elite. Diante disto, a prevenção de lesões por meio de sessões de treinos (recuperativas) pode ser interessante para reduzir a duração da fadiga residual (PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017; REY *et al.*, 2016). Outras estratégias sugeridas para reduzir a taxa de lesões e manter o alto desempenho seriam a rotatividade de atletas entre os jogos, a substituição dos atletas durante os jogos, e o balanceamento de minutos de exposição (DUPONT *et al.*, 2010; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), além de evitar sessões de treinamento de alta intensidade e considerar a individualidade de cada atleta (LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; NÉDÉLEC *et al.*, 2013).

## 2.5 Dano muscular induzido por ações excêntricas e inflamação

Os primórdios da caracterização do processo inflamatório foram baseados em relatos observacionais, sendo que a inflamação era identificada por cinco sinais

cardinais: rubor (vermelhidão), inchaço, dor, calor e perda de função (PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004). Atualmente, a inflamação é interpretada como um processo mais complexo, com características além das observacionais (PEAKE *et al.*, 2017; PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004). Quando discutido sobre processo de dano muscular induzido por exercício e inflamação, Hyldahl e Hubal (2014) definem como a condição de ruptura miofibrilar ultraestrutural transitória, que é indicada por perda de força e potência muscular, dor muscular de início tardio, edema, amplitude de movimento reduzida, efluxo sistêmico de enzimas e proteínas globulares (por exemplo, CK e mioglobina, respectivamente), e ou a combinação destes fatores.

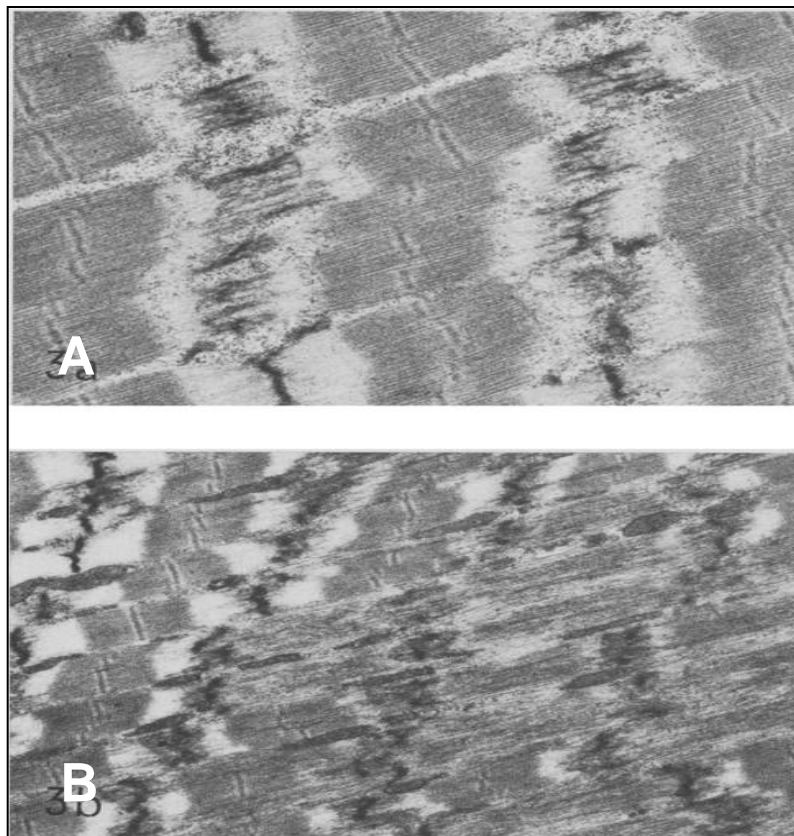
As ações excêntricas e isométricas causam dano muscular induzido por exercício, sendo o dano maior ou mais intenso nas ações excêntricas (CHEN *et al.*, 2012; PEAKE *et al.*, 2017; PEAKE; NOSAKA; SUZUKI, 2005). Estes danos podem ser verificados por meio do aumento da atividade de creatina quinase (CK) (ALVES *et al.*, 2015; ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; SOUGLIS *et al.*, 2015b). As alterações mecânicas induzidas e o estresse metabólico das ações excêntricas resultam em resposta inflamatória, que estimulam células específicas do sistema imune (por exemplo, neutrófilos e macrófagos) para atuarem na área inflamada (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PAULSEN *et al.*, 2012; PEAKE *et al.*, 2017; PUNCHARD; WHELAN; ADCOCK, 2004), outro aspecto interessante é o aumento da concentração da Proteína C-reativa (PCR), o que permite o monitoramento de respostas inflamatórias em atletas (BEZERRA, 2016; SILVA; MACEDO, 2011; SOUGLIS *et al.*, 2018, 2015b). A resposta inflamatória apresenta três fases até a regeneração muscular, sendo a primeira caracterizada pela necrose das miofibrilas, a segunda pela fagocitose do tecido necrosado, e por fim, a remodelagem e reparo do tecido danificado (PEAKE *et al.*, 2017).

Hyldahl e Hubal (2014) afirmam que o declínio na capacidade de produção de força muscular nos dias seguintes as ações excêntricas é um dos mais confiáveis marcadores indiretos de dano muscular induzido por exercício. Dentre as diferentes teorias que justificam a redução de força muscular, o modelo que foi inicialmente proposto por Morgan (1990) tem sido o mais aceito na literatura (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PEAKE *et al.*, 2017; PROSKE; MORGAN, 2001). Conforme o modelo, o alongamento excessivo da ação excêntrica provoca tensão mecânica que deforma o sarcômero, rompe os miofilamentos de miosina e



desorganiza a linha Z (FIGURA 1) (FRIDEN; SJOSTROM; EKBLÖM, 1981; HYLDAHL; HUBAL, 2014; MORGAN, 1990; PEAKE *et al.*, 2017).

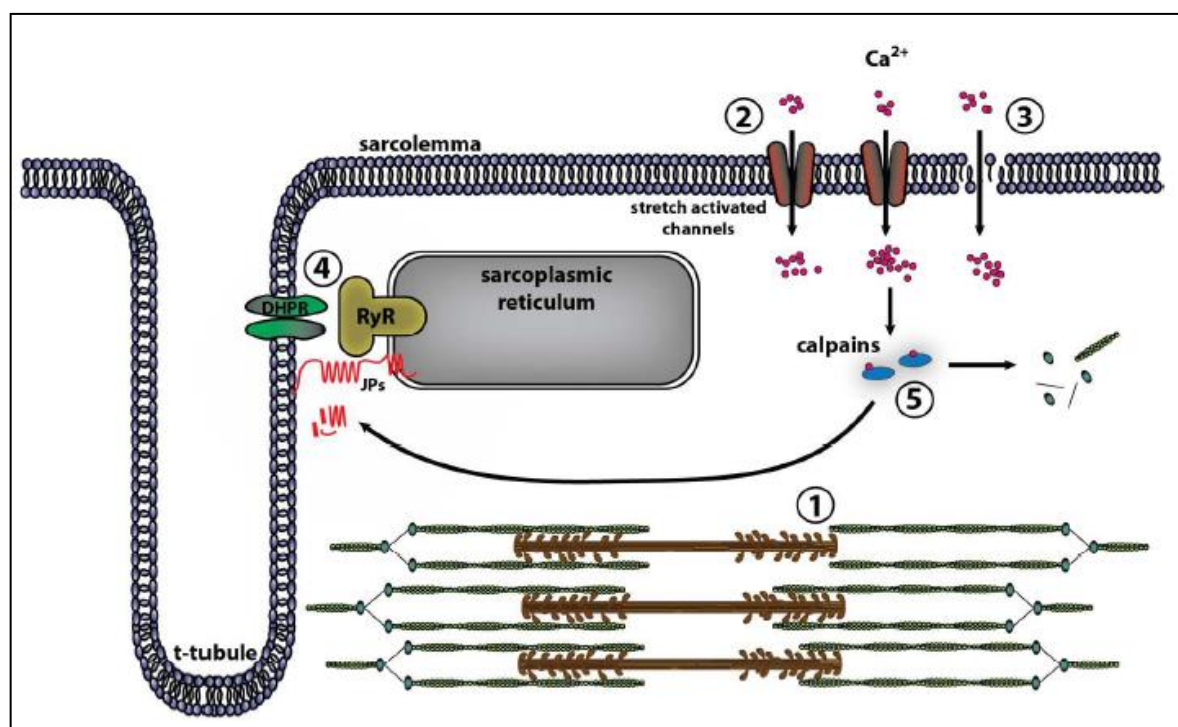
Figura 1 – Imagens de microscopia eletrônica de fibras musculares estriadas após 48 horas de dano muscular induzido por ação muscular excêntrica. Vista transversal a desorganização e, em alguns locais, ruptura total da linha Z de um sarcômero (A), e vários sarcômeros (B).



Fonte: (FRIDEN; SJOSTROM; EKBLÖM, 1981)

Segundo Peake *et al.* (2017), estas alterações morfológicas do sarcômero provavelmente causam redução na produção de força muscular e sobrecarregam as estruturas do sarcolema e os túbulos T. Morgan (1990) e Warren *et al.* (2002), sugerem que a disfunção do acoplamento excitação-contração pode ser causada pela desorganização dos sarcômeros, sendo que a desorganização ocorre devido à ruptura da membrana plasmática ou devido à abertura de canais de ativação por estiramento. Desta forma, a contração muscular ficaria comprometida, pois, o  $\text{Ca}^{2+}$  passaria a entrar no citosol por meio dos canais de ativação abertos por estiramento ou pela ruptura na sarcolema, o que estimularia enzimas de calpaína a degradar proteínas contráteis e/ou proteínas de acoplamento excitação-contração (FIGURA 2) (HYLDAHL; HUBAL, 2014; MORGAN; PROSKE, 2004; PEAKE *et al.*, 2017; WARREN *et al.*, 2002).

Figura 2 – Mecanismos moleculares potenciais e locais de perda de força após ações excêntricas.



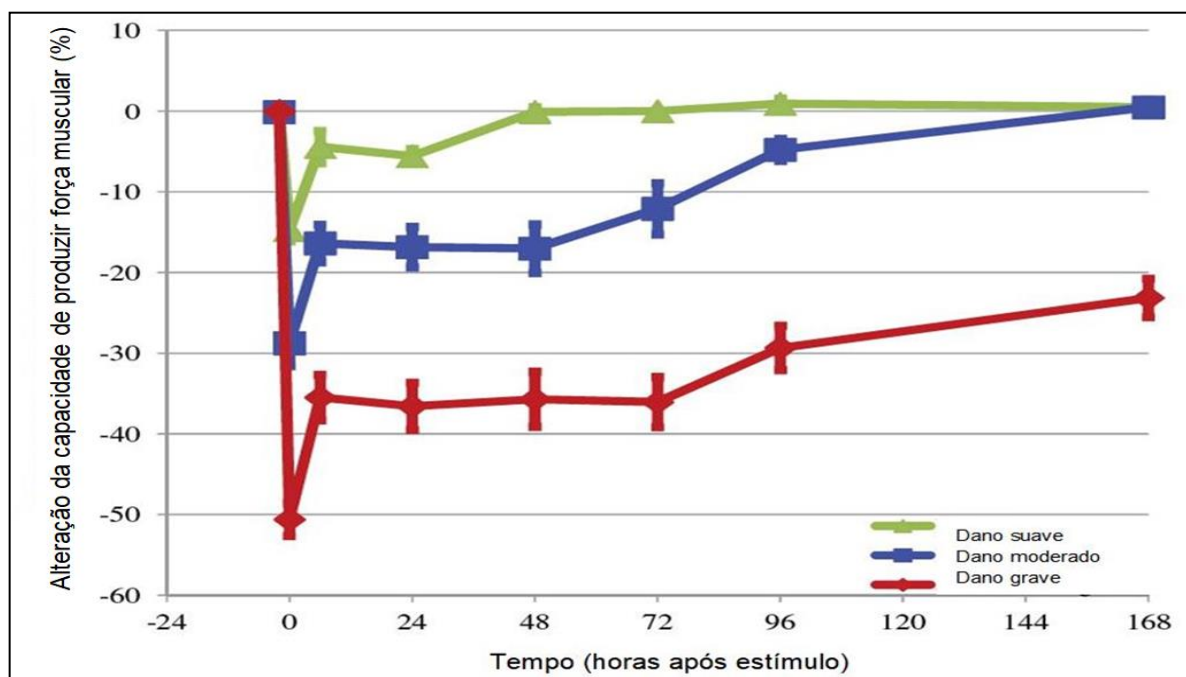
A tensão das ações excêntricas resulta na desarmonização em metade do sarcômero e faz com que alguns sarcômeros sejam esticados além da sobreposição de filamentos, resultando em "popped sarcomeres" (1). O alongamento demasiado dos sarcômeros provavelmente resulta tanto na perda direta da produção de força quanto na sobrecarga das estruturas das membranas e túbulos, o que precipita a abertura dos canais ativados por estiramento (2), ruptura das membranas (3) e disfunção do acoplamento excitação-contracção (4). O influxo de cálcio extracelular através de canais ativados por estiramento ou membranas permeáveis pode resultar em déficits de força mais prolongados promovendo a degradação de proteínas contráteis (por exemplo, miosina) ou proteínas de acoplamento excitação-contracção (por exemplo, *junctionophilin*: JP's) via calpaína ativada por cálcio (5). Abreviaturas: RyR; receptor de rianodina, DHPR; receptor de diidropiridina. Fonte: Adaptado de Hyldahl e Hubal (2014)

A redução da capacidade de produzir força muscular pode ser determinada pela intensidade, amplitude de movimento, velocidade angular do movimento e a quantidade de estímulos excêntricos, pois, estes fatores modificam o grau de dano muscular (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PAULSEN *et al.*, 2012). No estudo de Paulsen *et al.* (2010), estudantes saudáveis, realizaram exercício excêntrico unilateral de alta intensidade com os MMII, para verificar a relação entre o acúmulo de leucócitos e a recuperação da função muscular. Paulsen *et al.* (2010) verificaram que mesmo após uma semana a função muscular não foi completamente restaurada. A relação entre o acúmulo de leucócitos e a redução da força muscular, que foi avaliada nos três primeiros dias após o exercício por meio de teste isocinético, foi forte e positiva ( $r = 0,8$ ;  $p < 0,05$ ). Os autores justificam o resultado

com base no dano muscular induzido por exercício que iniciou processo inflamatório local nos dias que seguiram após o estímulo.

Na revisão sistemática de Paulsen *et al.* (2012), os autores classificam o dano muscular induzido por exercício como: suave, moderado e grave (FIGURA 3). Os autores definiram o dano induzido por exercício como moderado quando a redução de força muscular variou entre 20% e 50% ou o retorno a homeostase ocorreu de 2 a 7 dias após o estímulo. Com base neste modelo e nas características da modalidade, o futebol de elite seria uma modalidade que induz dano muscular moderado, o que sugere que a redução da capacidade de produzir força dos atletas possa comprometer ações determinantes do jogo.

Figura 3 – Gráfico da capacidade de produzir força muscular (%) x Tempo (horas)



Recuperação da capacidade de produzir força de sujeitos que realizaram exercício resistido ou exercício excêntrico máximo. Os sujeitos são organizados de modo que aqueles que recuperam sua capacidade de produzir força dentro de 48 horas sejam representados como dano muscular induzido por exercício suave (34 sujeitos). Aqueles que se recuperam entre 2 e 7 dias são apresentados como dano muscular moderado induzida por exercício (17 indivíduos). Finalmente, os indivíduos que não se recuperam dentro de uma semana são apresentados como dano muscular induzido por exercício grave (21 indivíduos). Os dados são apresentados como médias  $\pm$  erro padrão da média.

Fonte: Adaptado de Paulsen *et al.* (2012)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Cuidados éticos

O estudo proposto cumpriu todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (2012) envolvendo pesquisas com seres humanos (Resolução Nº 466, de 12 de Dezembro de 2012). Os procedimentos experimentais foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (COEP – UFMG) sob o parecer de nº 2.093.255 (CAAE: 67811517.6.0000.5149) (ANEXO).

Após a autorização dos dirigentes do clube de futebol para a realização do estudo, os voluntários consentiram e ficaram cientes dos procedimentos, benefícios e da participação voluntária por meio do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (APÊNDICE). A prioridade absoluta do estudo foi preservar a privacidade, a saúde e o bem-estar dos voluntários. Ademais, todos os procedimentos foram acompanhados por profissional qualificado e específico da área para garantir os aspectos relacionados à biossegurança.

#### 3.2 Amostra

A amostra do presente estudo foi composta por 20 atletas profissionais com idade entre 18 e 35 anos, que atuam em um clube esportivo da primeira divisão do futebol brasileiro. Os voluntários realizavam treinamento sistematizado e disputavam competições estaduais, nacionais e internacionais.

Os seguintes critérios de inclusão deveriam ser atendidos para que os atletas voluntários participassem do estudo:

a) não ter consumido qualquer tipo de diurético ou antipirético ou suplemento alimentar, que poderiam causar alteração na homeostase hídrica ou térmica do corpo, até duas semanas antes das sessões do estudo;

b) não ter histórico de problemas nos rins;

c) não ter apresentado febre nos últimos sete dias antes dos sessões;

Os critérios de exclusão adotados na pesquisa foram:

a) sofrer alguma lesão musculoesquelética nos MMII, pelve e ou coluna lombar durante o período de participação no estudo;

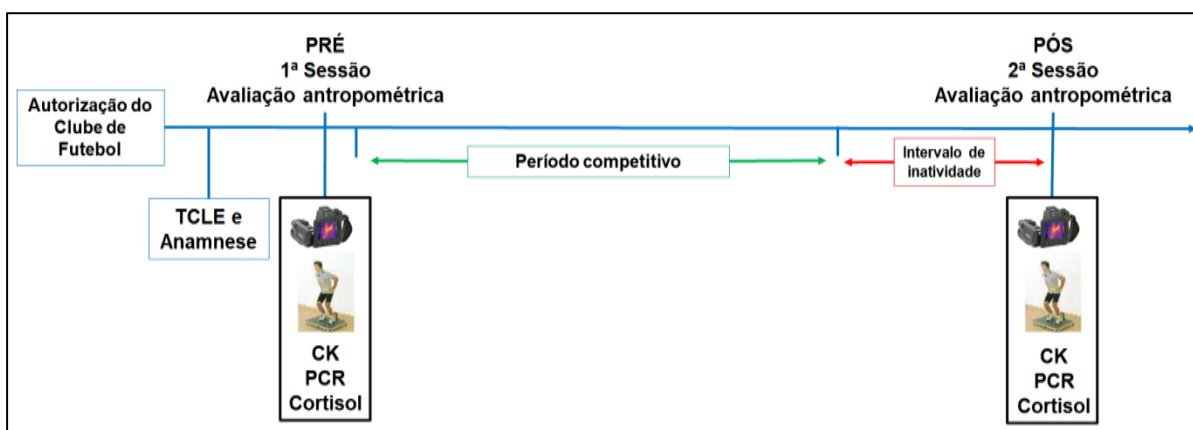
b) deixar de ter vínculo com o clube durante o período competitivo de coleta de dados do estudo.

A amostra do estudo foi de conveniência, por ser um estudo longitudinal composto por atletas profissionais contratados por clube esportivo, o que inviabilizou e restringiu a possibilidade de um estudo piloto com amostra semelhante.

### 3.3 Delineamento metodológico

Finalizada a fase inicial de contato com os voluntários, foram iniciadas as sessões de coleta do estudo. O estudo foi composto por dois momentos, sendo antes do período competitivo (PRÉ) e outro após o período competitivo (PÓS). Nos dois momentos, foi realizado o teste de assimetria esportiva dos MMII, a aquisição dos termogramas e as coletas sanguíneas. Os atletas voluntários foram considerados familiarizados com teste de SCM, pois o protocolo deste teste faz parte da rotina do clube. A coleta do momento PRÉ ocorreu durante o retorno do período de férias dos atletas, para que não houvesse qualquer efeito de treino ou jogo, e a coleta PÓS ocorreu após o final do período competitivo (FIGURA 4). O período competitivo durou o total de 16 semanas, que foi definido como o período entre o início dos treinos da pré-temporada até a final do campeonato estadual. A coleta PÓS foi realizada após o intervalo de 72 horas em completa inatividade (sem treinos) que os atletas tiveram com o final de uma das competições disputada no ano, sendo que o intervalo entre a partida final e o primeiro jogo do outro período competitivo foi de sete dias (ISPIRLIDIS *et al.*, 2008; NÉDÉLEC *et al.*, 2012). Não houve qualquer tipo de intervenção dos pesquisadores entre as sessões de coleta, sendo mantida a rotina do período competitivo.

Figura 4 – Linha do tempo do delineamento experimental



Os atletas voluntários foram classificados pela distância total percorrida e divididos em dois grupos, sendo que o critério para composição de cada grupo foi o valor da mediana da distância total percorrida por cada voluntário (314,31km) (PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Assim, os 10 atletas que apresentaram distância total percorrida ao longo das sessões de treino e jogo acima de 314,11km foram classificados para compor o grupo G1 e o grupo G2 foi composto pelos 10 atletas que percorreram distância inferior à mediana (TABELA 2). A divisão dos atletas em grupos teve como objetivo deixar a amostra mais homogênea quanto aos atletas mais e menos exigidos, em relação à distância total percorrida (PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017).

Tabela 1 – Descrição do critério de divisão dos grupos

Nº de Atletas	Grupo	Soma da Distância total percorrida nos jogos e treinos [Km]
1		392,50
2		388,13
3		377,35
4		376,72
5	G1	372,86
6		365,39
7		352,15
8		334,65
9		323,11
10		316,69
<b>Mediana</b>		<b>314,31</b>
11		311,92
12		310,61
13		303,03
14		301,10
15	G2	287,35
16		281,55
17		274,59
18		268,08
19		222,80
20		202,25

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

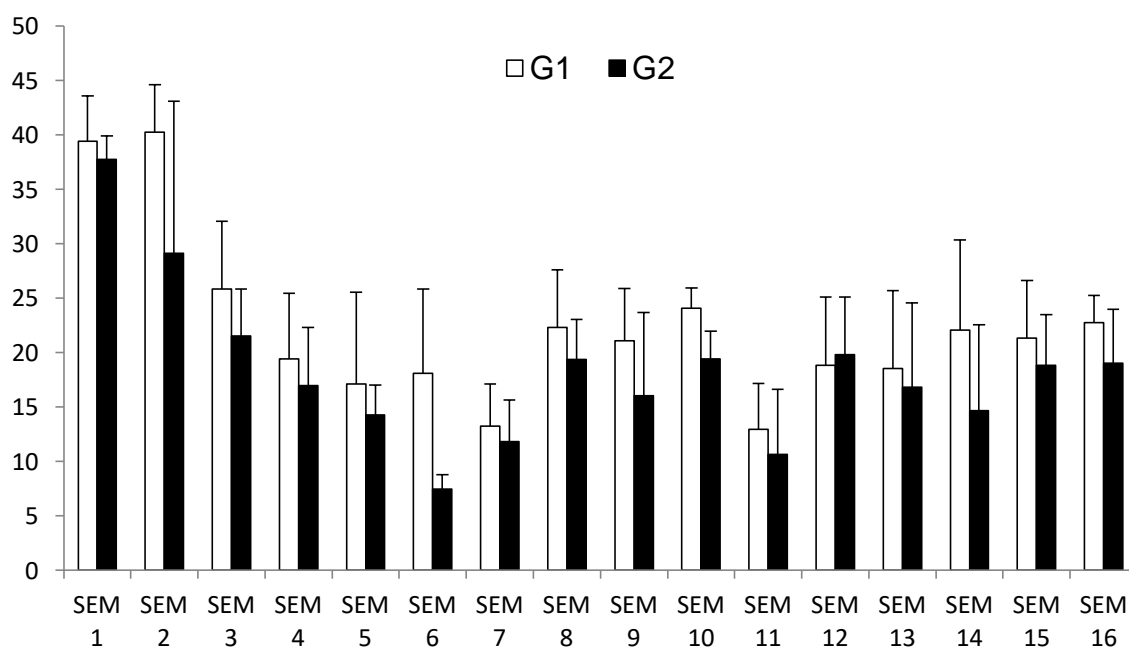
G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

A Figura 5 apresenta a média e o desvio padrão (DP) da distância total percorrida por semana de cada grupo. O registro da distância total percorrida foi feito por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) com acelerômetro tri-axial embutido, da marca Catapult MinimaxX units (MinimaxX S4, Firmware 6.70, Catapult

Innovations® Inc.), com frequência de aquisição a 10 Hz para os dados de GPS e de 100 Hz para os dados do acelerômetro. As informações coletadas pelo dispositivo foram transferidas para um computador e analisados por meio do software *OpenField* versão 1.8 (Catapult Innovations® Inc., Australian). Cada voluntário utilizou o mesmo GPS ao longo de todo o período competitivo.

Em todas as sessões foi utilizada uma balança digital com estadiômetro acoplado (Welmy®) com precisão de 0,01 kg para aferir a massa corporal e de 0,1 cm para medir a estatura dos voluntários. As medidas de dobras cutâneas foram coletadas por meio de um plicômetro (Lange®), a densidade corporal foi calculada por meio da equação de Jackson e Pollock (1978) e o percentual de gordura pela equação de Siri (1961).

Figura 5 – Média e DP da distância total percorrida por semana entre grupos



SEM - Semana

Em seguida, foi realizada a aquisição dos termogramas. Os voluntários confirmaram se as orientações dos critérios de inclusão foram respeitadas. Dois termogramas foram registrados, sendo uma na visão anterior e outra na visão posterior dos MMII (MARINS *et al.*, 2014). Logo após a aquisição dos termogramas, os voluntários realizaram três SCM com intervalo de 60 segundos entre cada salto. A técnica do SCM foi realizada a partir da posição ortostática, com um pé em cada uma das duas plataformas de força sincronizadas, os joelhos estendidos e as mãos apoiadas no quadril, na região supra íliaca (MENZEL *et al.*, 2013). O salto constitui-

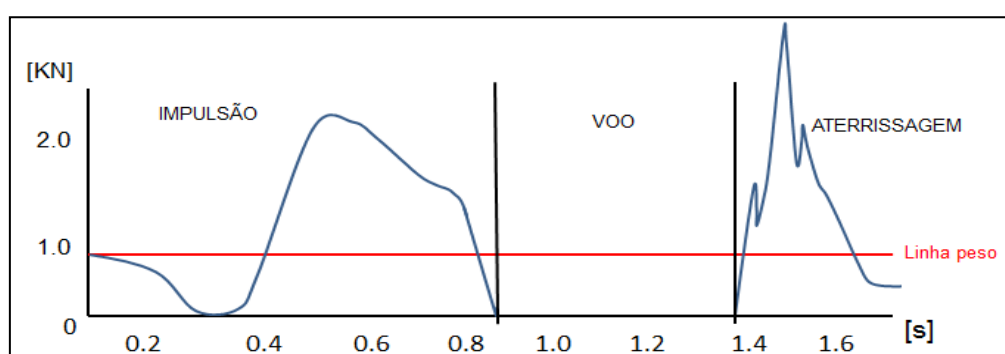
se de uma ação excêntrica rápida de flexão de joelhos autosselecionada seguida por uma ação concêntrica de extensão de joelhos (IMPELLIZZERI *et al.*, 2008; MENZEL *et al.*, 2013). Os joelhos permaneceram estendidos durante a fase de voo e a aterrissagem foi feita em flexão plantar. Antes de cada salto os voluntários foram instruídos sobre a técnica do salto e receberam um comando verbal para iniciar o salto. O SCM com maior valor de impulso foi utilizado para realizar a análise das variáveis dinâmicas de interesse. Finalmente, foram realizadas as coletas sanguíneas para mensurar por meio de biomarcadores as demandas fisiológicas antes e após a competição.

### 3.4 Variáveis dinâmicas

O procedimento metodológico utilizado para avaliar e identificar a assimetria bilateral de força muscular dos MMII foi o teste de saltos verticais em plataformas de força sincronizadas (MENZEL *et al.*, 2013). A avaliação verificou as alterações da aplicação da força para realizar o SCM durante a fase de impulsão do salto.

A força de reação do solo foi registrada por meio de duas plataformas de força sincronizadas (Globus® Ergo Tester; Codognè, Italy). A aquisição dos sinais foi feita com frequência de 1KHz, sendo que os sinais foram recebidos em volts e por meio do *software DasyLab* (v.11.0), foram quantificados em newton (N) e plotados na curva de força x tempo para análise (MENZEL *et al.*, 2013). A curva força x tempo de cada MMII foi somada para determinação de uma curva resultante, sendo que o início da fase de impulsão do SCM foi determinado pelo momento em que a FRS dessa curva apresentou valor inferior a 5% do peso corporal do voluntário e a fase final de impulsão foi o momento em que a FRS foi igual à zero (FIGURA 6).

Figura 6 – Representação ilustrativa da curva força x tempo resultante para determinação do início e do final da fase de impulsão do SCM





As variáveis dinâmicas determinadas a partir das curvas força x tempo de cada MMII, foram: a) Pico de força ( $P_{\text{Força}}$ ); b) Taxa de produção de força (TPF) c) o Impulso (Imp). A variável  $P_{\text{Força}}$  foi determinada pelo maior valor de força observado na fase de impulsão da curva força x tempo. A TPF foi determinada pela maior inclinação da curva força x tempo na fase de impulsão.

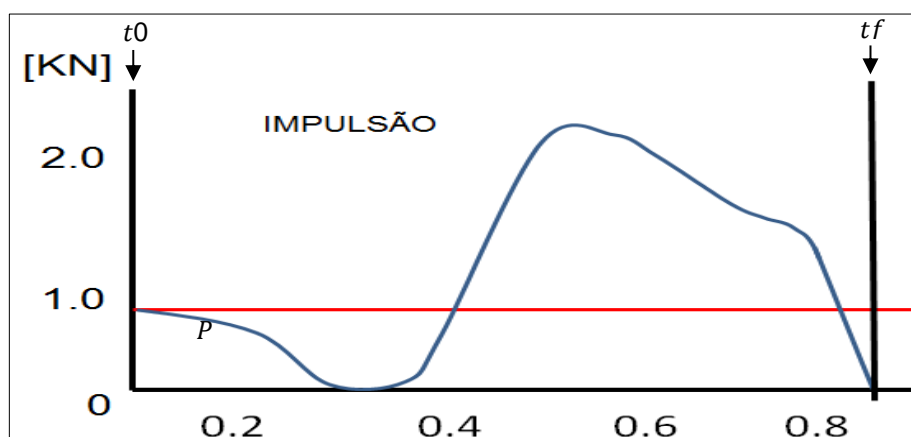
O impulso foi determinado pela equação 3 proposta por Linthorne (2001), onde  $F$  é o componente vertical da FRS,  $dt$  a duração da fase de impulsão e  $P$  o peso corporal (FIGURA 7). Para determinar o impulso de cada membro o valor de  $P$  utilizado na equação foi equivalente a 50% do peso corporal.

$$\text{Imp} = \int_{t_0}^{t_f} (F - P) dt \quad (\text{Equação 3})$$

A partir do valor do impulso da curva resultante foi calculada a velocidade de saída ( $V_{\text{saída}}$ ), para determinação da altura do SCM ( $H_{\text{SCM}}$ ). A equação utilizada para calcular a velocidade de saída foi o teorema impulso (Imp) – momento ( $m$ ) (EQUAÇÃO 4) (LINTHORNE, 2001).

$$V_{\text{saída}} = \frac{\text{Imp}}{m} \quad (\text{Equação 4})$$

Figura 7 – Fase de impulsão da curva força x tempo no SCM



$P$  – Peso Corporal  
 $t_0$  – Início da fase de impulso  
 $t_f$  – Fim da fase de impulso

Após verificar o valor da velocidade de saída, a  $H_{SCM}$  foi calculada por meio da equação 5 (LINTHORNE, 2001).

$$H_{SCM} = \frac{v_{saída}^2}{2g} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo,  $g$  equivale a aceleração da gravidade igual a  $9,81 \text{ m/s}^2$ . A  $H_{SCM}$  representa o desempenho do atleta ao realizar o salto, o que permite ser utilizada para monitoramento do desempenho esportivo (GABBETT; DOMROW, 2007; WU *et al.*, 2010).

Tabela 2 – Variáveis dinâmicas extraídas da curva força x tempo

Variáveis	Abreviações	Unidades de medida
Pico de força MI direito	$P_{\text{ForçaD}}$	N
Pico de força MI esquerdo	$P_{\text{ForçaE}}$	N
Taxa de Produção de Força MI direito	TPFD	N/s
Taxa de Produção de Força MI esquerdo	TPFE	N/s
Impulso MI direito	ImpD	N.s
Impulso MI esquerdo	ImpE	N.s

### 3.5 Aquisição dos termogramas

Os termogramas foram adquiridos em sala com ambiente controlado por meio de um termovisor (FLIR®, T420, Estocolmo), com amplitude de medição de  $-20$  a  $+120^\circ\text{C}$ , precisão de 1%, sensibilidade  $\leq 0,05^\circ\text{C}$ , banda de espectral dos infravermelhos de  $7,5 \mu\text{m}$  a  $13 \mu\text{m}$ , taxa de atualização de 60 Hz, foco automático e resolução de  $320 \times 240$  pixels. Para mensurar a  $T_p$  de cada voluntário foram seguidos os procedimentos de estudos prévios (FERNANDES *et al.*, 2014, 2017; MARINS *et al.*, 2014). O local de aquisição teve a temperatura ambiente mantida em  $23^\circ\text{C}$  e a umidade variou entre 55-65%, com índice de emissividade da pele de 0,98 (BAIN; JAY, 2011). O termovisor foi mantido a uma distância de 2,5m do voluntário, sendo que os voluntários vestiam sunga e ficaram de pé com as mãos apoiadas no ombro. Por fim, os termogramas foram selecionados e visualizados em software

específico (APOLLO<sup>®</sup> versão 1.0, Brasil) para análise por meio do método de termopixelgrafia (FERNANDES, 2017).

A termopixelgrafia permite o aproveitamento de todas as informações do termograma e a comparação entre MMII, pois analisa as frequências do número de pixels por gradiente de temperatura (FERNANDES, 2017). A porcentagem da frequência do número de pixels é classificada em zona fria (28°C a 31°C), zona média (31°C a 33°C) e zona quente (33°C a 36°C), e apresenta um valor único correspondente a  $T_P$ . A porcentagem de  $T_P$  da zona quente foi utilizada para a identificação da assimetria de  $T_P$  (LUDWIG *et al.*, 2014).

Os procedimentos para coleta dos termogramas foram realizados pelo mesmo profissional especializado neste tipo de coleta e acompanhadas por profissional que fazia parte da comissão técnica do time, para garantir maior tranquilidade aos atletas.

Tabela 3 – Variáveis de temperatura da pele da Zona quente

Variáveis da TIR	Abreviações	Unidades de medida
Zona Quente – Visão Anterior – MMII direito	ZqA <sub>D</sub>	%
Zona Quente – Visão Anterior – MMII esquerdo	ZqA <sub>E</sub>	%
Zona Quente – Visão Posterior – MMII direito	ZqP <sub>D</sub>	%
Zona Quente – Visão Posterior – MMII esquerdo	ZqP <sub>E</sub>	%

### 3.6 Ângulo de simetria

Com base na equação 2, o ângulo de simetria foi mensurado para cada uma das variáveis dinâmicas e para as variáveis de TIR (TABELA 5).

$$AS = \frac{(45^\circ - \arctan(X_{\text{esquerdo}} \div X_{\text{direito}}))}{90^\circ} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

sendo  $X_{\text{esquerdo}}$  o valor do membro esquerdo e  $X_{\text{direito}}$  o valor do membro direito para a variável de interesse que avaliar a assimetria entre membros superiores ou inferiores.

A equação proposta por Zifchock *et al.* (2008) foi utilizada, pois reduz a inflação artificial dos valores de assimetria e permite a comparação entre grupos.

Tabela 4 – Ângulo de simetria das variáveis dinâmicas e de Tp

Variáveis de assimetria	Abreviação
Ângulo de simetria do P <sub>Força</sub>	ASP <sub>Força</sub>
Ângulo de simetria da TPF	ASTPF
Ângulo de simetria do impulso	ASImp
Ângulo de simetria da ZqA	ASZqA
Ângulo de simetria da ZqP	ASZqP

### 3.7 Variáveis fisiológicas

Com o objetivo de aumentar a robustez da análise por TIR e com o intuito de caracterizar o efeito crônico da demanda fisiológica do período competitivo foram realizadas as coletas sanguíneas (BANDEIRA *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2017; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017). A avaliação foi feita por meio de biomarcadores sanguíneos de dano muscular (CK) (BANDEIRA *et al.*, 2012; COELHO *et al.*, 2015; HYLDAHL; HUBAL, 2014; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016; PEAKE *et al.*, 2017; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017), processo inflamatório sistêmico (PCR) (MOHR *et al.*, 2016; SOUGLIS *et al.*, 2015a, 2015b) e de estresse (cortisol) (COELHO *et al.*, 2015; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MOHR *et al.*, 2016).

Para a avaliação da concentração sanguínea de CK foi realizada limpeza da polpa digital dos voluntários com álcool etílico a 70% e em seguida a secagem com algodão. Após a secagem, foi utilizada uma lanceta com disparador automático para punção e o sangue foi drenado para um tubo capilar heparinizado (Reflotron Plus; Roche<sup>®</sup>, Germany) e imediatamente pipetado para uma tira reativa de CK (Reflotron Plus; Roche<sup>®</sup>, Germany) e inserida no Reflotron Analyser<sup>®</sup> para análise de fotometria de reflexão. De maneira semelhante, foi coletada 10 µL e 50 µL de sangue e imediatamente pipetada para uma tira reativa para análise da concentração sanguínea de Proteína-C Reativa alta sensibilidade (PCR-hs) e cortisol, respectivamente. O método de análise das tiras reativas foi o Imunoensaio de fluorescência (IchromaTM Reader; Boditech<sup>®</sup>, Korea).

Tabela 5 – Variáveis para caracterização das demandas fisiológicas crônica

Variáveis	Abreviações	Volume sanguíneo coletado	Instrumento de análise
Creatina quinase	CK	32 $\mu$ L	Reflotron Plus (Roche®, Germany)
Proteína-C Reativa alta sensibilidade	PCR-hs	10 $\mu$ L	Ichroma™ Reader (Boditech®, Korea)
Cortisol	-	50 $\mu$ L	Ichroma™ Reader (Boditech®, Korea)

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo profissional devidamente registrado e especializado em coletas sanguíneas de atletas profissionais de futebol. As coletas foram realizadas sempre às 8 horas da manhã, sendo respeitado o jejum de 12 horas. Durante todo o estudo, os aspectos relacionados à biossegurança foram rigorosamente observados para a obtenção das amostras sanguíneas.

### 3.8 Análise estatística

A análise estatística descritiva dos dados foi apresentada em média e desvio padrão (DP). Para atingir os pressupostos dos testes estatísticos foi realizado o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade, o teste de *Mauchly* foi utilizado para verificar a esfericidade e o teste de *Levene* para verificar a homocedasticidade (FIELD, 2013) das variáveis dinâmicas e o desempenho do SCM, para as variáveis da TIR e para as variáveis de análise sanguínea.

A avaliação para verificar a possível associação quantitativa entre os AS das variáveis dinâmicas do SCM e as variáveis de TIR foi feita por meio do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) (FIELD, 2013). Baseado no valor de  $r$  o nível de correlação entre duas variáveis foi avaliado de maneira qualitativa, conforme apresentado na Tabela 7 (CALLEGARI-JACQUES, 2003).

Tabela 6 – Nível de Correlação entre duas variáveis

<i>r</i>	A Correlação é dita
0	Nula
0 - 0,3	Fraca
0,3  -- 0,6	Moderada
0,6  -- 0,9	Forte
0,9  -- 1	Muito Forte
1	Perfeita

Fonte: adaptado de Callegari-Jacques, 2003 (p. 90).

Para as correlações significativas foi calculada a equação de predição da assimetria esportiva, que foi determinada pela assimetria de  $T_p$  (EQUAÇÃO 6) (FIELD, 2013).

$$y = A + Bx \quad \text{(Equação 6)}$$

O coeficiente linear (A) e o coeficiente angular (B) da equação da reta de regressão linear foram estimados, sendo  $y$  a variável dependente (variáveis de assimetria esportiva),  $x$  a variável independente (variáveis da assimetria de  $T_p$ ). A fração de variabilidade do quanto uma variável explica estatisticamente a outra foi mensurado pelo coeficiente de determinação ( $r^2$ ).

A análise de variância (ANOVA) de dois fatores (momento x grupo) foi utilizada para verificar diferenças nas variações das variáveis de assimetria (FIELD, 2013). Da mesma forma, este teste foi utilizado para verificar as diferenças das variáveis dinâmicas e desempenho do SCM, das variáveis de TIR, das variáveis fisiológicas para caracterização, melhor elucidação e robustez dos resultados (FIELD, 2013). Quando foi verificada diferença significativa, o teste *Post Hoc* de Bonferroni foi utilizado para identificar em qual momento ou grupo estavam às diferenças (FIELD, 2013). O tamanho do efeito foi determinado por meio do eta ao quadrado parcial ( $\eta^2$ ), sendo considerado pequeno ( $< 0,01$ ), moderado ( $0,01$  |--  $0,06$ ) ou grande ( $> 0,06$ ) (FRITZ; MORRIS; RICHLER, 2012).

Os procedimentos estatísticos foram realizados no software *Statistical Package of the Social Sciences* versão 21.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois) e foi adotado o nível de significância de  $\alpha \leq 0,05$  (FIELD, 2013).

## 4 RESULTADOS

A análise estatística descritiva (média  $\pm$  DP) das características antropométricas dos 10 atletas do G1 e dos 10 atletas do G2 nos momentos antes e após o período competitivo estão descritas na Tabela 1.

Tabela 7 – Média e desvio padrão das medidas antropométricas

	G1		G2	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
Idade [anos]	27,66 $\pm$ 4,10	27,66 $\pm$ 4,10	25,57 $\pm$ 4,01	25,48 $\pm$ 4,17
Estatura [cm]	177,62 $\pm$ 5,61	177,63 $\pm$ 5,61	181,37 $\pm$ 6,09	181,37 $\pm$ 6,09
Peso Corporal [Kgf]	74,83 $\pm$ 7,28	75,18 $\pm$ 6,91	82,68 $\pm$ 8,90	82,28 $\pm$ 8,40
Gordura corporal [%]	8,35 $\pm$ 1,12	8,09 $\pm$ 1,00	9,30 $\pm$ 1,55	9,08 $\pm$ 1,07

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

As análises estatísticas descritivas (média  $\pm$  DP) das variáveis de assimetria, das variáveis dinâmicas e de desempenho no SCM, das variáveis de TIR e das variáveis fisiológicas estão apresentadas nas tabelas 8, 9, 10 e 11, respectivamente. Para análise descritiva os valores dos AS foram apresentados em módulo (TABELA 8), pois o direcionamento do membro com maior assimetria não foi objetivo desta análise.

Tabela 8 – Análise descritiva das variáveis de assimetria em módulo (média  $\pm$  DP)

	G1		G2	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
<b>ASP<sub>Força</sub> [%]</b>	3,54 $\pm$ 2,94	4,89 $\pm$ 4,55	4,06 $\pm$ 3,28	5,86 $\pm$ 3,68
<b>ASTPF [%]</b>	3,25 $\pm$ 1,54	3,06 $\pm$ 2,41	3,39 $\pm$ 3,30	3,98 $\pm$ 3,67
<b>ASImp [%]</b>	5,41 $\pm$ 4,77	11,18 $\pm$ 6,12	9,49 $\pm$ 6,73	9,04 $\pm$ 3,89
<b>ASZqA [%]</b>	3,71 $\pm$ 2,38	4,68 $\pm$ 2,64	8,69 $\pm$ 10,39	6,90 $\pm$ 5,31
<b>ASZqP [%]</b>	7,88 $\pm$ 7,15	4,43 $\pm$ 2,35	14,79 $\pm$ 13,06	3,30 $\pm$ 2,58

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ASP<sub>Força</sub> – Ângulo de simetria do pico de força

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASImp – Ângulo de simetria do impulso

ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

ASZqP – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão posterior

Tabela 9 – Análise descritiva das variáveis dinâmicas e desempenho (média ± DP)

	G1		G2	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
<b>P<sub>ForçaD</sub> [N]</b>	538,79 ± 65,24	514,11 ± 83,10	579,82 ± 86,74	519,50 ± 59,23
<b>P<sub>ForçaE</sub> [N]</b>	585,18 ± 78,29	545,86 ± 70,60	621,69 ± 97,23	573,22 ± 85,70
<b>TPFD [N/s]</b>	2281,31 ± 704,31	1772,35 ± 311,04	2305,23 ± 554,88	1781,35 ± 471,52
<b>TPFE [N/s]</b>	2433,07 ± 869,40	1848,30 ± 462,37	2331,43 ± 519,33	1741,96 ± 373,51
<b>ImpD [N.s]</b>	98,30 ± 12,84	80,17 ± 16,53	103,33 ± 23,42	103,74 ± 25,46
<b>ImpE [N.s]</b>	114,08 ± 17,10	95,45 ± 23,97	128,26 ± 21,60	102,03 ± 15,80
<b>H<sub>SCM</sub> [cm]</b>	40,88 ± 27,96	27,96 ± 5,92	41,29 ± 3,11	32,93 ± 4,20

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

H<sub>SCM</sub> – Altura do salto com contramovimento

Imp – Impulso

P<sub>Força</sub> – Pico de força

TPF – Taxa de produção de força

Tabela 10 – Análise descritiva das variáveis de TIR (média ± DP)

	G1		G2	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
<b>ZqA<sub>D</sub> [%]</b>	27,03 ± 7,73	38,12 ± 4,90	16,47 ± 9,36	29,25 ± 16,53
<b>ZqA<sub>E</sub> [%]</b>	24,54 ± 6,86	39,93 ± 7,76	17,14 ± 8,39	27,15 ± 16,10
<b>ZqP<sub>D</sub> [%]</b>	21,54 ± 15,71	38,67 ± 10,72	20,42 ± 19,03	40,30 ± 17,12
<b>ZqP<sub>E</sub> [%]</b>	21,02 ± 13,49	40,63 ± 13,16	20,31 ± 19,14	40,01 ± 18,07

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ZqA<sub>D</sub> – Zona quente de temperatura da pele na visão anterior do membro inferior direito

ZqA<sub>E</sub> – Zona quente de temperatura da pele na visão anterior do membro inferior esquerdo

ZqP<sub>D</sub> – Zona quente de temperatura da pele na visão posterior do membro inferior direito

ZqP<sub>E</sub> – Zona quente de temperatura da pele na visão posterior do membro inferior esquerdo



Tabela 11 – Análise descritiva das variáveis fisiológicas (média ± DP)

	G1		G2	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
<b>CK [U/L]</b>	137,12 ± 39,42	459,50 ± 135,39	174,28 ± 97,31	474,20 ± 349,06
<b>PCR [mg/L]</b>	1,10 ± 0,40	1,57 ± 0,53	0,86 ± 0,71	1,15 ± 0,98
<b>Cortisol [mcg/dL]</b>	13,66 ± 3,37	18,15 ± 3,98	13,25 ± 2,46	14,63 ± 2,91

CK – Enzima creatina quinase

PCR – Proteína-C reativa

Os pressupostos de linearidade, normalidade e homocedasticidade do coeficiente de correlação de *Pearson* foram atendidos para as variáveis de assimetria entre grupos. Os valores dos AS foram mantidos em módulo, pois novamente não fazia parte do objetivo desta análise identificar qual MI apresenta maior assimetria. A tabela 12 apresenta os valores das correlações dos AS das variáveis dinâmicas do SCM e as variáveis de TIR no momento PRÉ.

Tabela 12 – Coeficiente de correlação dos AS no momento PRÉ (*r*)

		ASP <sub>força</sub>	ASImp	ASTPF
		<b>G1</b>	<b>ASZqP</b>	-0,1
	<b>ASZqA</b>	0,5	0,7*	0,7*
<b>G2</b>	<b>ASZqP</b>	0,3	-0,2	0,3
	<b>ASZqA</b>	-0,3	-0,4	0,3

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ASP<sub>Força</sub> – Ângulo de simetria do pico de força

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASImp – Ângulo de simetria do impulso

ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

ASZqP – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão posterior

\* Correlação significativa (bilateral) ( $p < 0,05$ )

A tabela 13 apresenta os valores das correlações dos AS das variáveis dinâmicas do SCM e as variáveis de TIR no momento pós-competição.

Tabela 13 – Coeficiente de correlação dos AS no momento PÓS (*r*)

		ASP <sub>força</sub>	ASImp	ASTPF
<b>G1</b>	<b>ASZqP</b>	0,1	0,1	0,1
	<b>ASZqA</b>	0,4	0,4	0,6*
<b>G2</b>	<b>ASZqP</b>	0,4	0,0	0,7*
	<b>ASZqA</b>	0,6	0,2	-0,1

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ASP<sub>Força</sub> – Ângulo de simetria do pico de força

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASImp – Ângulo de simetria do impulso

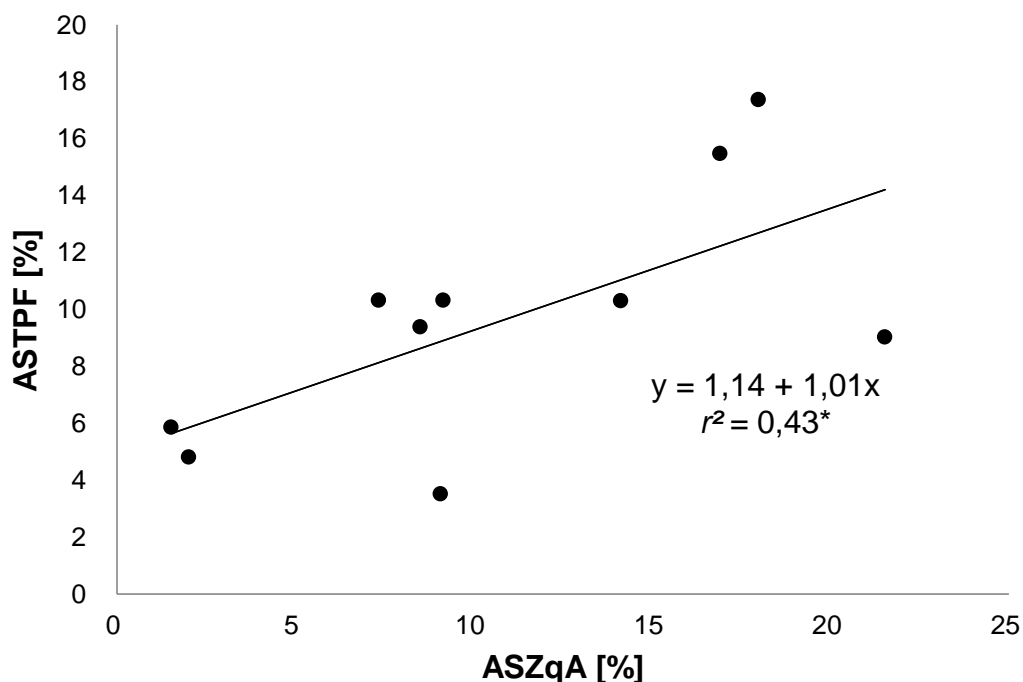
ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

ASZqP – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão posterior

\* Correlação significativa (bilateral) ( $p < 0,05$ )

Para as correlações significativas foi calculado o coeficiente linear (A) e o coeficiente angular (B) da equação da reta de regressão linear e o coeficiente de determinação, apresentadas nas Figuras 8, 9, 10 e 11.

Figura 8 – Regressão dos ASTPF x ASZqA do G1 – PRÉ



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

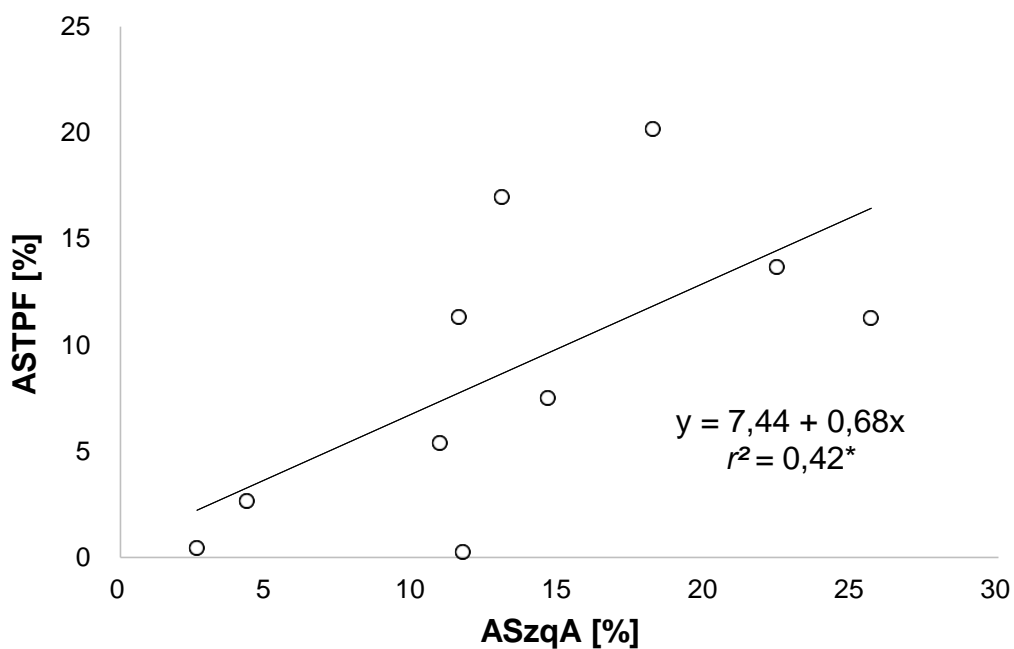
PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

\* Correlação significativa na regressão ( $p < 0,05$ )

Figura 9 – Regressão dos ASTPF x ASzqA do G1 – PÓS



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

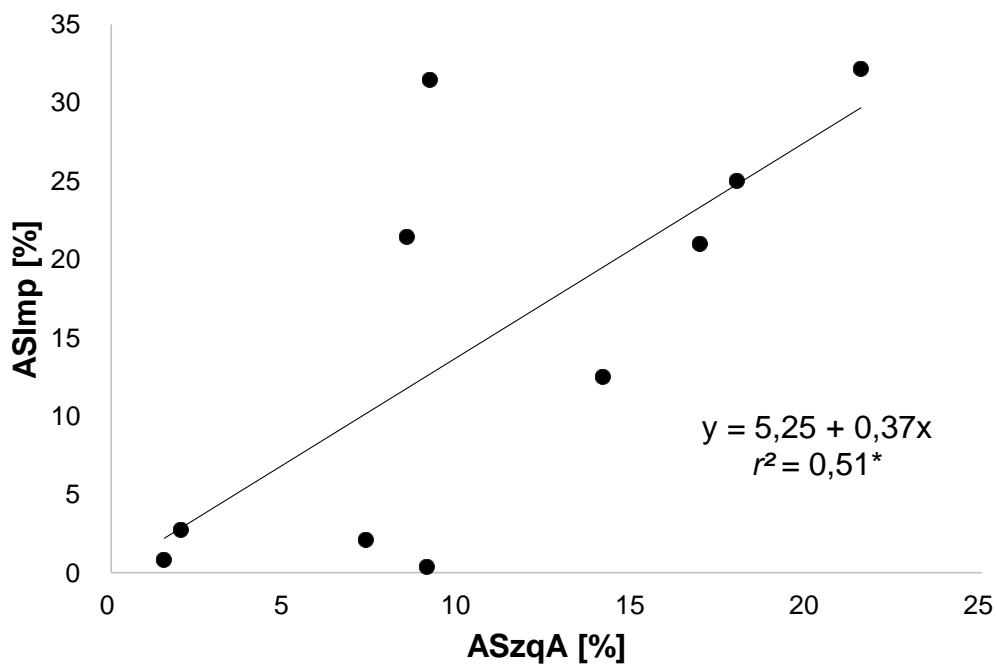
PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

\* Correlação significativa na regressão ( $p < 0,05$ )

Figura 10 – Regressão linear dos ASImp x ASzqA do G1 - PRÉ



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

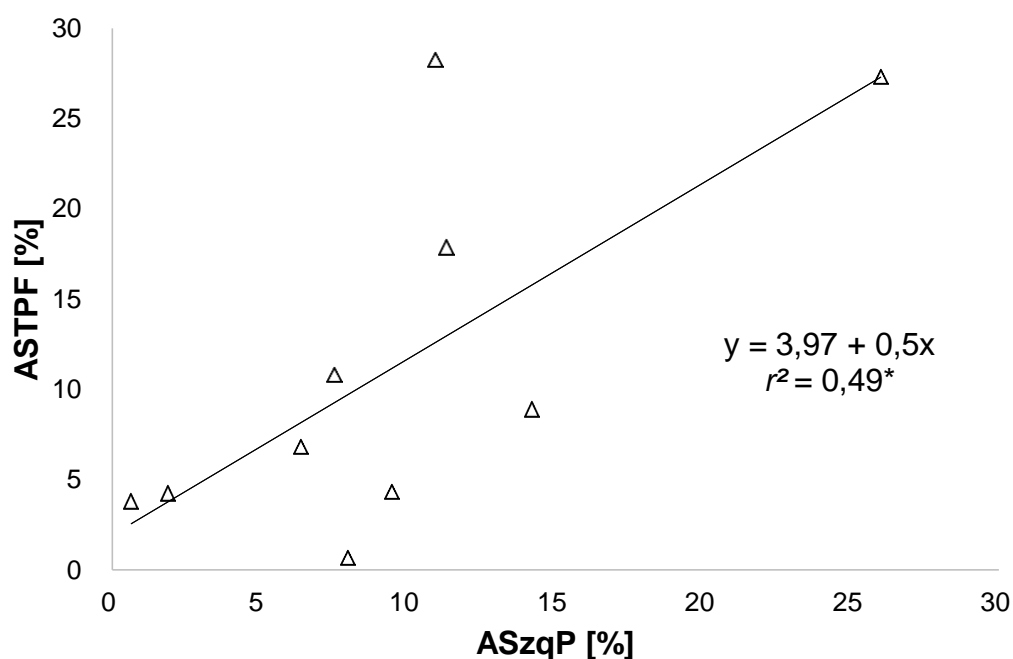
PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

ASImp – Ângulo de simetria do impulso

ASZqA – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão anterior

\* Correlação significativa na regressão ( $p < 0,05$ )

Figura 11 – Regressão dos ASTPF x ASzqP do G2 – PÓS



G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

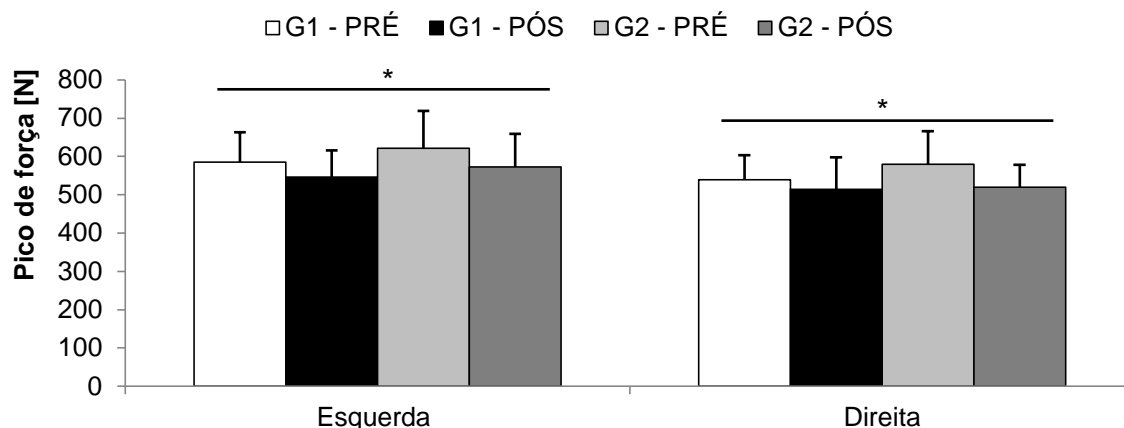
PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

ASTPF – Ângulo de simetria da taxa de produção de força

ASZqP – Ângulo de simetria da zona quente de temperatura da pele na visão posterior

\* Correlação significativa na regressão ( $p < 0,05$ )

Os pressupostos de normalidade foram atendidos para todas as variáveis dinâmicas, de TIR e fisiológicas entre grupos para o teste de *Shapiro-wilk* ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o pressuposto de igualdade das variâncias (esfericidade) foi violado para todas as variáveis do estudo ( $p < 0,05$ ), sendo então necessária a retificação do pressuposto de esfericidade por meio da correção de *Greenhouse-Geisser*. A ANOVA de dois fatores (momento x grupo) verificou diferença significativa para a variável  $P_{\text{ForçaE}}$  entre momentos ( $F = 10,5$ ;  $p = 0,005$ ; poder = 0,9; Partial  $\eta^2 = 0,4$ );  $P_{\text{ForçaD}}$  entre momentos ( $F = 6,7$ ;  $p = 0,018$ ; poder = 0,7; Partial  $\eta^2 = 0,3$ ), com redução no momento PÓS para as duas variáveis (FIGURA 12).

Figura 12 – Pico de força PRÉ e PÓS entre grupos (média  $\pm$  DP)

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

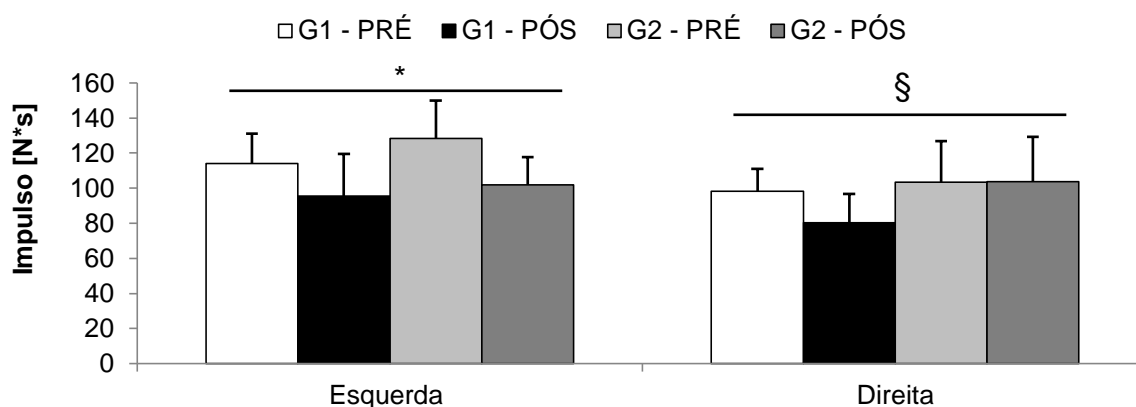
G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

\* Diferença significativa entre momentos, mas não entre grupos ( $p < 0,05$ )

Foi verificada diferença significativa para o ImpE entre momentos ( $F = 43,5$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,7$ ), sendo que houve redução no momento PÓS. A variável ImpD apresentou efeito de interação, sendo que foi significativamente menor para G1, em relação a G2, no momento PÓS ( $F = 4,7$ ;  $p = 0,04$ ; poder = 0,5, Partial  $\eta^2 = 0,21$ ) (FIGURA 13).

Figura 13 – Impulso PRÉ e PÓS entre grupos (média  $\pm$  DP)

G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

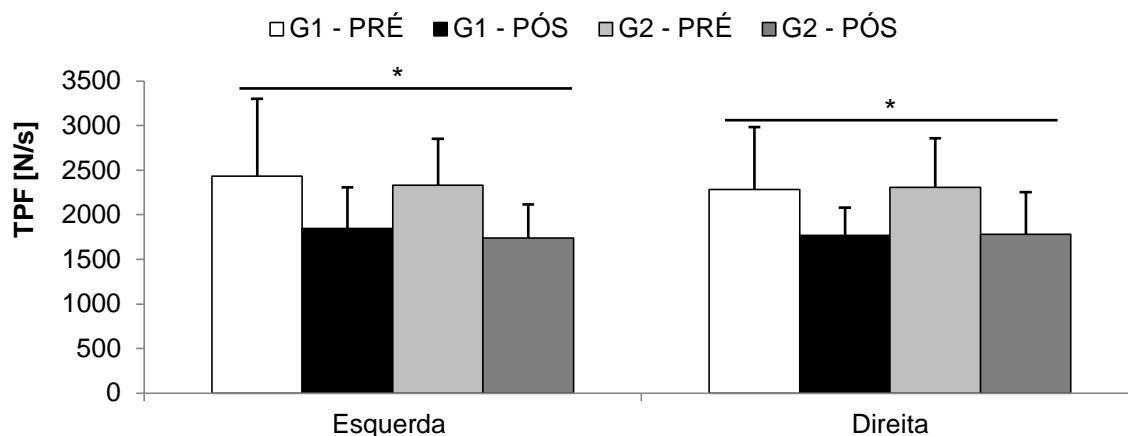
PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

\* Diferença significativa entre momentos, mas não entre grupos ( $p < 0,001$ )

§ Efeito de interação ( $p < 0,05$ )

Foi encontrada diferença significativa para a variável TPF<sub>E</sub> entre momentos ( $F = 21,1$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,5$ ); TPF<sub>D</sub> entre momentos ( $F = 18,9$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,5$ ), sendo que as duas foram menores no momento PÓS (FIGURA 14).

Figura 14 – Taxa de Produção de Força PRÉ e PÓS entre grupos (média  $\pm$  DP)



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

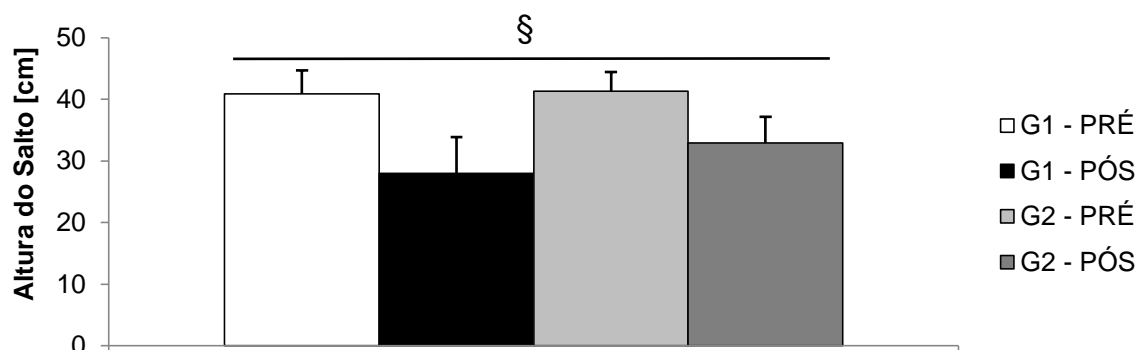
PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

\* Diferença significativa entre momentos, mas não entre grupos ( $p < 0,05$ )

Para a variável de desempenho no SCM ( $H_{SCM}$ ) foi verificado efeito de interação, sendo que foi significativamente menor para G1 do que G2 no momento PÓS ( $F = 3,1$ ;  $p = 0,09$ ; poder = 0,4; Partial  $\eta^2 = 0,14$ ) (FIGURA 15).

Figura 15 – Desempenho PRÉ e PÓS entre grupos (média  $\pm$  DP)



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

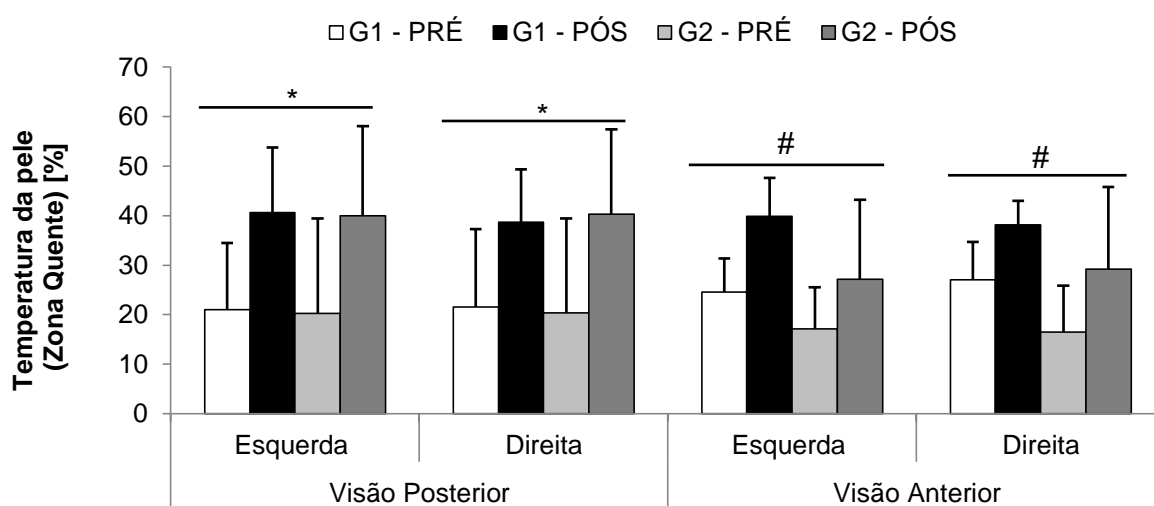
PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

§ Efeito de interação ( $p = 0,05$ )

Foi encontrada diferença significativa para a variável  $ZqP_E$  entre momentos ( $F = 63,6$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,8$ );  $ZqP_D$  entre momentos ( $F = 40,8$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,7$ ), sendo ambos resultados maiores no momento PÓS. Para a variável  $ZqA_E$  foi verificado diferença entre momentos ( $F = 36,9$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,7$ ) e dentre grupos ( $F = 5,8$ ;  $p = 0,03$ ; poder = 0,6; Partial  $\eta^2 = 0,24$ );  $ZqA_D$  entre momentos ( $F = 28,9$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,62$ ) e dentre grupos ( $F = 5,4$ ;  $p = 0,03$ ; poder = 0,6; Partial  $\eta^2 = 0,23$ ), sendo que as duas variáveis apresentaram aumento no momento PÓS, com maior aumento para G1 (FIGURA 16).

Figura 16 – Temperatura da Pele (Zona Quente) PRÉ e PÓS entre grupos (média  $\pm$  DP)



G1 – atletas que percorreram distância total acima de 314,11km

G2 – atletas que percorreram distância total inferior a 314,11km

PRÉ – avaliações realizadas antes da pré-temporada

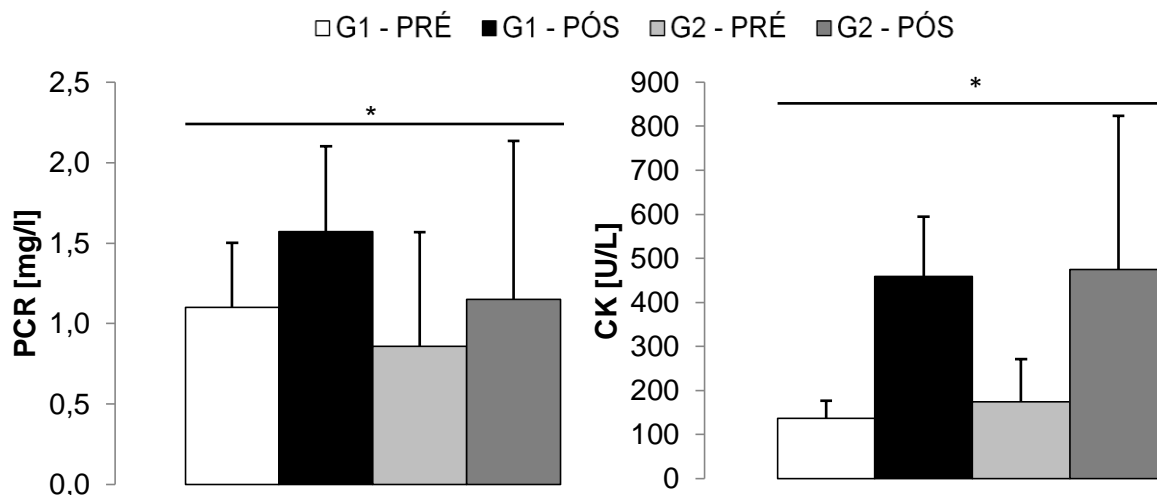
PÓS – avaliações realizadas após o período competitivo

\* Diferença significativa entre momentos, mas não entre grupos ( $p < 0,001$ )

# Diferença significativa entre momento e dentre grupos, mas sem efeito de interação ( $p < 0,05$ )

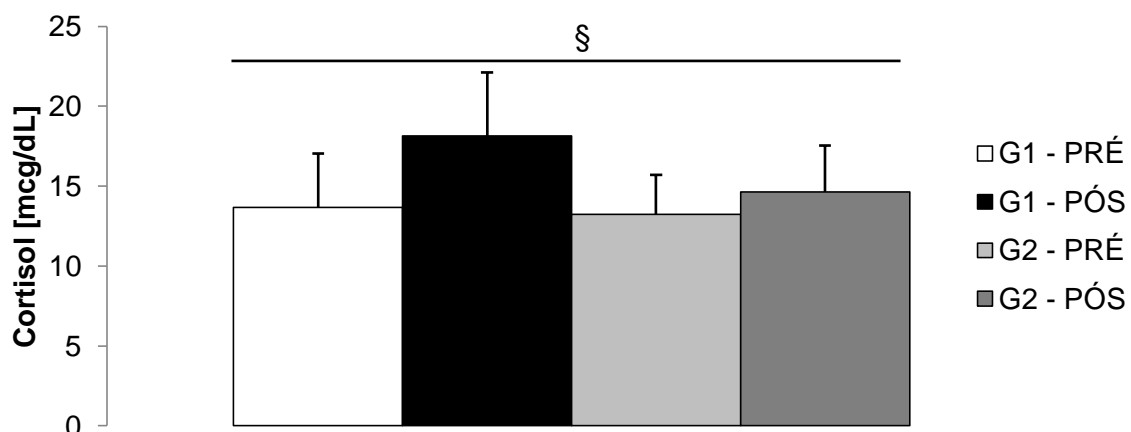
Quanto as variáveis fisiológicas, foi encontrada diferença significativa para CK entre momentos ( $F = 27,8$ ;  $p = 0,0001$ ; poder = 1,0; Partial  $\eta^2 = 0,61$ ); PCR entre momentos ( $F = 4,9$ ;  $p = 0,03$ ; poder = 0,6; Partial  $\eta^2 = 0,28$ ), com aumento do valores apresentado pelas variáveis no momento PÓS. O Cortisol apresentou efeito de interação, sendo que foi significativamente maior para G1 do que G2 no momento PÓS ( $F = 24,2$ ;  $p = 0,04$ ; poder = 0,55; Partial  $\eta^2 = 0,21$ ) (FIGURAS 17 e 18).

Figura 17 – Variáveis fisiológicas PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP)



\* Diferença significativa entre momentos, mas não entre grupos ( $p < 0,001$ )

Figura 18 – Cortisol PRÉ e PÓS entre grupos (média ± DP)



§ Efeito de interação ( $p < 0,05$ )



## 5 DISCUSSÃO

A hipótese do estudo era de que haveria relação forte e positiva entre a assimetria esportiva e a assimetria de  $T_P$  dos MMII de atletas profissionais de futebol classificados pelo critério da distância total percorrida, antes e após um período de competição. Os resultados confirmaram parcialmente esta hipótese, pois foi verificada relação significativamente forte e positiva entre os ASTPF e ASZqA tanto no momento PRÉ ( $r = 0,7$ ;  $p = 0,03$ ) quanto no momento PÓS ( $r > 0,6$ ;  $p = 0,04$ ). Além disso, a análise de regressão linear permitiu verificar que o ASZqA explica 43% ( $p = 0,03$ ) do ASTPF no momento PRÉ e 42% ( $p = 0,04$ ) no momento PÓS.

O comportamento semelhante e a relação de causa e efeito entre o ASTPF e o ASZqA sugere que a assimetria de  $T_P$  pode prever parte da assimetria de TPF. Este resultado pode ser justificado pela similaridade do teste de SCM com ações esportivas de curta duração e alta intensidade realizadas no futebol (MENZEL *et al.*, 2013) e a redução da capacidade de produzir força muscular causada por processo inflamatório localizado (HYLDAHL; HUBAL, 2014; PAULSEN *et al.*, 2010, 2012; PEAKE *et al.*, 2017). A TPF foi mensurada por meio da inclinação da curva força x tempo, o que permite identificar a capacidade de produção de força muscular por unidade de tempo (N/s) (SCHIMIDTBLEICHER, 1992). Então, podemos inferir que quanto maior a inclinação da curva, maior a TPF. Devido a isto, a TPF pode ser determinante em ações esportivas de curta duração e alta intensidade (SCHIMIDTBLEICHER, 1992; STONE *et al.*, 2004), que são as ações musculares que induzem maior magnitude de dano muscular (CHEN *et al.*, 2012; PEAKE *et al.*, 2017; PEAKE; NOSAKA; SUZUKI, 2005).

Na literatura a TPF está relacionada com adaptações neuromusculares, que otimizam a ativação da musculatura para a contração muscular (SALE, 1994). Entretanto, Sale (1994) explica que para o maior aproveitamento da capacidade de produzir força em uma contração muscular, a relação entre músculo e sistema nervoso precisa apresentar-se perfeita. Neste contexto, caso as fibras musculares apresentem comprometimento da capacidade contrátil, a TPF também ficaria comprometida (HYLDAHL; HUBAL, 2014; MORGAN, 1990; PEAKE *et al.*, 2017; WARREN *et al.*, 2002). Os voluntários do presente estudo apresentaram redução significativa da TPF de ambos os MMII no momento PÓS ( $p = 0,001$ ; Partial  $\eta^2 = 0,5$ ), todavia, a  $T_P$  da ZqA de ambos os MMII foi significativamente maior para G1 no

momento PÓS ( $p < 0,03$ ; Partial  $\eta^2 > 0,24$ ), mesmo com 72 horas de inatividade. Estes resultados corroboram com a relação de causa e efeito entre os AS, pois, indiretamente, a maior  $T_P$  de ZqA no momento PÓS foi causada por efeito crônico do processo inflamatório local, que conseqüentemente reduziu a TPF no SCM (HYLDAHL; HUBAL, 2014; LUNDBERG; WECKSTRÖM, 2017; MORGAN, 1990; PAULSEN *et al.*, 2010, 2012; PEAKE *et al.*, 2017; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017). Podemos inferir que apesar da TPF e da  $T_P$  de ZqA apresentarem comportamento contrário, o percentual de assimetria de TPF e de  $T_P$  da visão anterior comportam-se de maneira semelhante. Portanto, quanto maior a  $T_P$  de ZqA menor a TPF e quanto maior o ASZqA maior o ASTPF ou quanto menor o ASZqA menor o ASTPF dos MMII de atletas de futebol.

Os resultados da maior  $T_P$  apresentada no momento PÓS em relação ao momento PRÉ, tanto na visão anterior quanto na visão posterior ( $p = 0,0001$ ; Partial  $\eta^2 = 0,8$ ) para ambos os MMII, foram corroborados pelos resultados das variáveis fisiológicas. Os voluntários apresentaram acúmulo de CK ( $p = 0,0001$ ; Partial  $\eta^2 = 0,61$ ) e PCR ( $p = 0,03$ ; Partial  $\eta^2 = 0,28$ ), o que permite inferir que os voluntários sofreram dano muscular e apresentavam processo inflamatório (BANDEIRA *et al.*, 2012; BEZERRA, 2016; COELHO *et al.*, 2015; SOUGLIS *et al.*, 2015a, 2015b). O cortisol apresentou efeito de interação, sendo que foi significativamente maior para G1 do que G2 no momento PÓS ( $p = 0,04$ ; Partial  $\eta^2 = 0,21$ ). Lundberg e Weckström (2017) também verificaram resultado semelhante, em atletas que realizaram três partidas em uma semana. Os atletas apresentaram maiores valores de cortisol ( $d = -0,57$ , efeito pequeno) e de CK ( $d = -0,62$ , efeito moderado) após 72 horas da semana de jogos. Mohr *et al.* (2016) também verificaram que o intervalo de 72 horas não foi suficiente para a recuperação completa dos atletas, que apresentaram CK, cortisol e PCR ( $p < 0,05$ ) elevadas após uma sequência de três jogos na semana. Os dois estudos concluem que três dias de recuperação, que envolvam sessões de treinamento, resultam em fadiga residual e expressivo estresse fisiológico, bem como redução do desempenho. Desta forma, apesar dos resultados semelhantes, um aspecto interessante foi que o presente estudo verificou que o intervalo de 72 horas não foi suficiente para a recuperação completa, mesmo sem as sessões de treinamento.

Além da redução da TPF após o período competitivo, outras variáveis dinâmicas do SCM também apresentaram redução. O pico de força ( $p \leq 0,018$ ;

Partial  $\eta^2 \geq 0,3$ ) de ambos os MMII apresentaram redução significativa no momento PÓS, entretanto, assim como a TPF, não apresentaram diferença entre G1 e G2. O Impulso apresentou redução significativa para ImpE no momento PÓS ( $p < 0,001$ ; Partial  $\eta^2 = 0,7$ ) e efeito de interação para ImpD ( $p < 0,05$ ; Partial  $\eta^2 = 0,21$ ). Da mesma forma, a variável de desempenho calculada pela velocidade de saída no SCM apresentou efeito de interação, com maior redução na  $H_{SCM}$  para G1 no momento PÓS ( $p = 0,05$ ; Partial  $\eta^2 = 0,14$ ). Estes resultados corroboram com os estudos pregressos que investigaram a densidade de jogos e sua influência no desempenho físico dos atletas profissionais de futebol (FOLGADO *et al.*, 2015; LAGO-PEÑAS *et al.*, 2011; MOHR *et al.*, 2016; PENEDO-JAMARDO *et al.*, 2017).

Penedo-Jamardo *et al.* (2017) também verificaram redução do desempenho em ações de curta duração e alta intensidade, na comparação entre o início e o meio do ano competitivo. O presente estudo também teve a coleta PÓS realizada aproximadamente no meio do ano competitivo, o que sugere que o desempenho no SCM também foi comprometido pelo constante estresse proporcionado pela densidade de jogos e sessões de treinamento, ao longo do período competitivo. Penedo-Jamardo *et al.* (2017) não verificaram de maneira direta as variáveis fisiológicas dos atletas, mas justificaram a redução de desempenho com base na redução da força muscular causada por danos musculares e processos inflamatórios locais. O presente estudo verificou por meio de TIR e marcadores sanguíneos, que os atletas apresentavam efeito crônico de demandas fisiológicas, o que confirma a possibilidade da redução da capacidade de produzir força muscular estar relacionada com o dano muscular e, conseqüente, processo inflamatório, conforme foi proposto por Penedo-Jamardo *et al.* (2017).

Assim como o ASTPF e ASZqA, outras assimetrias também apresentaram relação significativamente forte e positiva, entretanto, não ocorreram de maneira correspondente entre os momentos (PRÉ e PÓS). Foi verificada correlação forte e positiva entre ASImp e o ASZqA ( $r = 0,7$ ;  $p = 0,02$ ) e coeficiente de determinação de 51% ( $p = 0,02$ ) para G1 no momento PRÉ. Esta relação no momento PÓS foi moderada e sem diferença significativa ( $r = 0,4$ ;  $p = 0,26$ ), o que talvez tenha sido determinado pelo tamanho da amostra ( $n = 10$ ) (SNYDER; LAWSON, 1993). A relação apresentada no momento PRÉ sugere que atletas podem ter a assimetria de impulso parcialmente determinada pela assimetria de  $T_p$  de ZqA, o que talvez poderia ser justificado pelas adaptações musculares induzidas pela prática de

futebol de alto rendimento. Apesar de não ser elucidado o mecanismo que justifica este resultado, nada obsta a possibilidade da utilização da TIR como ferramenta complementar ao teste de SCM para identificação da assimetria de impulso. Com base neste resultado, a limitação do teste utilizado por Menzel *et al.* (2013), em não identificar a etiologia da assimetria, talvez poderia ser reduzida pelo uso em conjunto com os termogramas. Desta forma, os dois métodos são interessantes para avaliação de assimetria dos MMII de atletas na pré-temporada. Ademais, a TIR é um método inócuo, o que torna mais interessante, em determinados momentos, a sua utilização, em relação ao teste de SCM, que apesar de baixo, apresenta risco de lesões em sua realização. Diante disto, estudos futuros poderiam verificar a concordância entre os dois métodos.

A relação entre o ASTPF e o ASZqP no momento PÓS de G2 foi forte e positiva ( $r = 0,7$ ;  $p = 0,02$ ), sendo que o ASZqP explica 49% ( $p = 0,02$ ) do ASTPF. Este resultado permite inferir que o ASZqP também pode trazer informação sobre a assimetria de TPF. O aspecto interessante deste resultado esta na análise da relação entre o ASTPF e o ASZqP no momento PRÉ ( $r = 0,3$ ;  $p = 0,3$ ) do G2, pois sugere que a força da relação entre as variáveis aumentou após o período competitivo de maneira significativa. Após o período competitivo foi verificado aumento para cada MI da  $T_P$  de Zq na visão posterior para os atletas de ambos os grupos ( $p = 0,0001$ ; Partial  $\eta^2 > 0,7$ ), em relação ao momento PRÉ (FIGURA 16). Este comportamento não ocorreu para  $T_P$  de Zq na visão anterior, pois houve diferença entre grupos e momentos ( $p < 0,03$ ; Partial  $\eta^2 > 0,23$ ), sendo maior o aumento da  $T_P$  para o G1. Desta forma, sugere-se que a relação forte e positiva no momento PÓS foi influenciada pelas demandas do período competitivo, de maneira que as assimetrias aumentaram a associação quantitativa. Outro aspecto interessante foi o resultado ter ocorrido apenas no G2, pois a classificação dos atletas em grupos teve como objetivo deixar a amostra mais homogênea, a partir da distância total percorrida. O que sugere que as relações do ASTPF com o ASZqA e o ASZqP talvez estejam mais associadas ao perfil termográfico dos sujeitos do que com as demandas físicas (FERNÁNDEZ-CUEVAS *et al.*, 2015; MARINS *et al.*, 2014).

O presente estudo tem caráter exploratório tendo como limitação a falta de controle em relação às demandas físicas dos atletas nos treinos e jogos, ao longo do período competitivo. Apesar disso, o estudo apresenta informações interessantes

sobre as assimetrias esportivas e de  $T_P$ , o desempenho no teste de SCM e sobre as demandas fisiológicas sem influenciar na rotina vivenciada pelos atletas, o que agrega validade ecológica para o estudo (MANZI; IMPELLIZZERI; CASTAGNA, 2014). A validade ecológica permite que os resultados e as análises do estudo se aproximem do contexto prático do futebol de alto rendimento (MANZI; IMPELLIZZERI; CASTAGNA, 2014). Em estudos futuros, seria interessante investigar a concordância entre os métodos de identificação da assimetria esportiva e da assimetria de  $T_P$ , e verificar o efeito agudo de demandas físicas sobre as duas assimetrias, levando em consideração o perfil termográfico dos atletas profissionais de futebol.

## 6 CONCLUSÃO

As variáveis ASZqA e ASZqP apresentaram maior relação com o ASTPF, o que pode ser justificado pelos danos musculares e posteriores processos inflamatórios induzidos por ações excêntricas de alta intensidade e curta duração, que diminuem a capacidade de produzir força muscular. Os atletas profissionais de futebol apresentaram redução de desempenho no SCM, maior  $T_P$  e alta demanda fisiológica após o período competitivo, mesmo com o intervalo de 72 horas de inatividade no momento PÓS, sendo que os efeitos foram maiores em atletas que percorreram maior distância total em jogos e treinos. Além disso, a relação entre o ASZqA e o ASImp sugere que o teste de SCM pode ser complementado pela análise dos termogramas, por apresentar mais informações para o monitoramento da carga, da assimetria esportiva e da assimetria de temperatura da pele de zona quente.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. L. *et al.* Individual analysis of creatine kinase concentration in Brazilian elite soccer players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 2, p. 112–116, abr. 2015.
- ARNASON, A. *et al.* Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 2, p. 278–285, fev. 2004.
- BAILEY, C. *et al.* Isometric Force Production Symmetry and Jumping Performance in Collegiate Athletes. **Journal of Trainology**, v. 2, n. April, p. 1–5, apr. 2013.
- BAIN, A. R.; JAY, O. Does summer in a humid continental climate elicit an acclimatization of human thermoregulatory responses? **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 6, p. 1197–1205, 2011.
- BANDEIRA, F. *et al.* Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 4, p. 246–251, 2012.
- BANDEIRA, F. *et al.* A termografia no apoio ao diagnóstico de lesão muscular no esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 20, n. 1, p. 59–64, 2014.
- BARBIERI, F. A. *et al.* Dominant-non-dominant asymmetry of kicking a stationary and rolling ball in a futsal context. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 13, p. 1411–1419, 2015.
- BELL, D. R. *et al.* Lean Mass Asymmetry Influences Force and Power Asymmetry During Jumping in Collegiate Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 4, p. 884–891, 2014.
- BENGTSSON, H.; EKSTRAND, J.; HÄGGLUND, M. Muscle injury rates in professional football increase with fixture congestion: An 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 12, p. 743–747, 2013.
- BEZERRA, J. D. A. *ET AL.* Respostas de indicadores fisiológicos a uma jogo de futebol. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, p. 200–205, 2016.
- BRIOSCHI, M. L. *et al.* The use of infrared thermography in evaluating returns to work in an extended rehabilitation program (PRA). **Acta Fisiátrica**, v. 16, n. 2, p. 87–92, jan. 2009.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. D. A. C. Termometria cutânea: novos conceitos. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 2, n. 2, p. 151–160, 2003.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. 1. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2003. 264 p.

CARLING, C.; LE GALL, F.; DUPONT, G. Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture congestion? **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 1, p. 36–42, 2012.

CARPES, F. P.; MOTA, C. B.; FARIA, I. E. On the bilateral asymmetry during running and cycling - A review considering leg preference. **Physical Therapy in Sport**, v. 11, n. 4, p. 136–142, 2010.

CHEN, T. C.-C. *et al.* Attenuation of Eccentric Exercise–Induced Muscle Damage by Preconditioning Exercises. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 11, p. 2090–2098, nov. 2012.

CHUDECKA, M. *et al.* The use of thermal imaging in the evaluation of the symmetry of muscle activity in various types of exercises (Symmetrical and Asymmetrical). **Journal of Human Kinetics**, v. 49, n. 1, p. 141–147, 2015.

CLAUDINO, J. *et al.* Pre Vertical Jump Performance to Regulate the Training Volume. **International Journal of Sports Medicine**, v. 33, n. 02, p. 101–107, 20 fev. 2012.

COELHO, D. B. *et al.* Análise da demanda fisiológica crônica de uma temporada anual de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 17, n. 4, p. 400, 2015.

CORMACK, S. J. *et al.* Reliability of Measures Obtained during Single and Repeated Countermovement Jumps. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 3, n. 2, p. 131–144, jun. 2008.

COUTTS, A. *et al.* Changes in Selected Biochemical, Muscular Strength, Power, and Endurance Measures during Deliberate Overreaching and Tapering in Rugby League Players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 2, p. 116–124, fev. 2007.

CROISIER, J. L. *et al.* Isokinetic assessment of knee flexors and extensors in professional soccer players. **Isokinetics and exercise science**, v. 11, p. 61–62, 2003.



DE HOYO, M. *et al.* Comparative Effects of In-Season Full-Back Squat, Resisted Sprint Training, and Plyometric Training on Explosive Performance in U-19 Elite Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 368–377, fev. 2016.

DUPONT, G. *et al.* Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. **American Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 9, p. 1752–1758, 2010.

EKSTRAND, J.; WALDÉN, M.; HÄGGLUND, M. A congested football calendar and the wellbeing of players: Correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performers during that World Cup. **British Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 4, p. 493–497, 2004.

FERNANDES, A. A. *et al.* Avaliação da temperatura da pele durante o exercício através da termografia infravermelha: Uma revisão sistemática. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 5, n. 3, p. 113–117, 2012.

FERNANDES, A. A. **Cinética da temperatura da pele de membros inferiores em atletas de futebol**. 2017. 108 f. Tese (Doutorado em Ciências do Esporte) – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2017.

FERNANDES, A. DE A. *et al.* Measuring skin temperature before, during and after exercise: a comparison of thermocouples and infrared thermography. **Physiological Measurement**, v. 35, n. 2, p. 189–203, 2014.

FERNANDES, A. DE A. *et al.* Effect of a professional soccer match in skin temperature of the lower limbs: a case study. **Journal of Exercise Rehabilitation**, v. 13, n. 3, p. 330–334, 2017.

FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. *et al.* Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, n. May 2016, p. 28–55, 2015.

FIELD, A. **Discovering Statistics Using SPSS**. 4. ed. London: SAGE Publications Ltd, 2013. 857 p.

FOLGADO, H. *et al.* The effects of congested fixtures period on tactical and physical performance in elite football. **Journal of Sports Sciences**, v. 33, n. 12, p. 1238–1247, 2015.

FOUSEKIS, K.; TSEPIS, E.; VAGENAS, G. Lower limb strength in professional soccer players: Profile, asymmetry, and training age. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, n. 3, p. 364–373, 2010.

FRIDEN, J.; SJOSTROM, M.; EKBLUM, B. A morphological-study of delayed muscle soreness. **Experientia**, v. 37, n. 5, p. 506–507, 1981.

FRITZ, C. O.; MORRIS, P. E.; RICHLER, J. J. Effect size estimates: Current use, calculations, and interpretation. **Journal of Experimental Psychology: General**, v. 141, n. 1, p. 2–18, 2012.

GABBETT, T. J.; DOMROW, N. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 13, p. 1507–1519, 2007.

HART, N. H. *et al.* Leg strength and lean mass symmetry influences kicking performance in Australian football. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 13, n. 1, p. 157–165, 2014.

HERZOG, W. *et al.* Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 21, n. 1, p. 110–114, fev. 1989.

HESPANHOL, J. E. *et al.* Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 181–184, jun. 2007.

HILDEBRANDT, C.; RASCHNER, C.; AMMER, K. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700–4715, 2010.

HODGES, S. J.; PATRICK, R. J.; REISER, R. F. Effects of Fatigue on Bilateral Ground Reaction Force Asymmetries during the Squat Exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 11, p. 3107–3117, 2011.

HYLDAHL, R. D.; HUBAL, M. J. Lengthening our perspective: Morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. **Muscle & Nerve**, v. 49, n. 2, p. 155–170, fev. 2014.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. **British journal of sports medicine**, v. 42, n. 1, p. 42–46, 2008.

ISPIRLIDIS, I. *et al.* Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. **Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine**, v. 18, n. 5, p. 423–431, 2008.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

JAVIER, A. L. *et al.* Aplicación práctica de la termografía infrarroja en el fútbol profesional. **Revista de preparación Física en el Fútbol**, n. 1, p. 0–10, 2014.

LAGO-PEÑAS, C. *et al.* The Influence of a Congested Calendar on Physical Performance in Elite Soccer. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 8, p. 2111–2117, ago. 2011.

LEE, E. C. *et al.* Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 31, n. 10, p. 2920–2937, 2017.

LINTHORNE, N. P. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. **American Journal of Physiology**, v. 69, n. 11, p. 1198–1204, 2001.

LUDWIG, N. *et al.* Skin temperature evaluation by infrared thermography: Comparison of image analysis methods. **Infrared Physics and Technology**, v. 62, p. 1–6, 2014.

LUNDBERG, T. R.; WECKSTRÖM, K. Fixture congestion modulates post-match recovery kinetics in professional soccer players. **Research in Sports Medicine**, v. 25, n. 4, p. 408–420, 2017.

MALONE, S. *et al.* The acute:chronic workload ratio in relation to injury risk in professional soccer. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 6, p. 561–565, 2017.

MALONEY, S. J. The Relationship Between Asymmetry and Athletic Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 0, n. 0, p. 1, may 2018.

MALY, T. *et al.* Effect of Muscular Strength, Asymmetries and Fatigue on Kicking Performance in Soccer Players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 4, p. 297–303, 2018.

MANZI, V.; IMPELLIZZERI, F.; CASTAGNA, C. Aerobic Fitness Ecological Validity in Elite Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 4, p. 914–919, abr. 2014.

MARINS, J. C. B. *et al.* Thermographic profile of soccer players' lower limbs. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 7, n. 1, p. 1–6, 2014.

MARINS, J. C. B. *et al.* Applications of Infrared Thermography in Sports. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y Del Deporte**, v. 15, n. 60, p. 805–824, 2015.

MENZEL, H.-J. *et al.* Analysis of Lower Limb Asymmetries by Isokinetic and Vertical Jump Tests in Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1370–1377, 2013.

MOHR, M. *et al.* Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. **European Journal of Applied Physiology**, v. 116, n. 1, p. 179–193, 16 jan. 2016.

MORGAN, D. L. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. **Biophysical Journal**, v. 57, n. 2, p. 209–221, fev. 1990.

MORGAN, D. L.; PROSKE, U. Popping sarcomere hypothesis explains stretchinduced muscle damage. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 31, n. 8, p. 541–545, ago. 2004.

MOUGIOS, V. Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v. 41, n. 10, p. 674–678, 2007.

MURPHY, D. F.; CONNOLLY, D. A J.; BEYNNON, B. D. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. **British journal of sports medicine**, v. 37, n. 1, p. 13–29, 2003.

NÉDÉLEC, M. *et al.* Recovery in Soccer - Part I – Post-Match Fatigue and Time Course of Recovery Mathieu. **Sports Medicine**, v. 42, n. 12, p. 997–1015, dez. 2012.

NÉDÉLEC, M. *et al.* Recovery in Soccer - Part II – Recovery Strategies. **Sports Medicine**, v. 43, n. 1, p. 9–22, 16 jan. 2013.

NÉDÉLEC, M. *et al.* Stress, Sleep and Recovery in Elite Soccer: A Critical Review of the Literature. **Sports Medicine**, v. 45, n. 10, p. 1387–1400, 24 out. 2015a.

NÉDÉLEC, M. *et al.* Sleep Hygiene and Recovery Strategies in Elite Soccer Players. **Sports Medicine**, v. 45, n. 11, p. 1547–1559, 15 nov. 2015b.

NEVES, E. B. *et al.* Thermography to Monitoring of Sports Training: An Overview. **Pan American Journal of Medical Thermology**, v. 2, n. 1, p. 18–22, 2015.

NIU, H. H. *et al.* Thermal symmetry of skin temperature: normative data of normal subjects in Taiwan. **Chinese medical journal**, v. 64, n. 8, p. 459–68, 2001.

PALUCCI VIEIRA, L. H. *et al.* Running Performance in Brazilian Professional Football Players During A Congested Match Schedule. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. February, p. 313–325, nov. 2018.

PAULSEN, G. *et al.* Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, n. 1, p. 75–85, jan. 2010.

PAULSEN, G. *et al.* Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? **Exercise Immunology Review**, v. 18, p. 42–97, 2012.

PEAKE, J. M. *et al.* Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 2017.

PEAKE, J.; NOSAKA, K.; SUZUKI, K. Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. **Exercise Immunology Review**, v. 11, n. 2005, p. 64–85, 2005.

PENEDO-JAMARDO, E. *et al.* The impact of different recovery times between matches on physical and technical performance according to playing positions. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 17, n. 3, p. 271–282, 2017.

PIÑONOSA, S. *et al.* Thermal evolution of lower limbs during a rehabilitation process after anterior cruciate ligament surgery. **Kinesiology**, v. 45, n. 1, p. 121–129, 2013.

PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: Mechanism, mechanical signs, adaptations and clinical applications. **Journal of physiology**, v. 537, n. 2, p. 333–345, 2001.

PUNCHARD, N. A.; WHELAN, C. J.; ADCOCK, I. The Journal of Inflammation. **Journal of Inflammation**, v. 1, p. 1–4, 2004.

RAHNAMA, N.; LEES, A.; BAMBAECICHI, E. Comparison of muscle strength and flexibility between the preferred and non-preferred leg in English soccer players. **Ergonomics**, v. 48, n. 11–14, p. 1568–1575, 2005.

RAMÍREZ-CAMPILLO, R. *et al.* Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. **Journal of sports sciences**, v. 34, n. 8, p. 687–693, 2016.

REY, E. *et al.* The effect of cumulative fatigue on activity profiles of professional soccer players during a congested fixture period. **Biology of Sport**, v. 27, n. 3, p. 181–185, 2010.

REY, E. *et al.* Practical Active and Passive Recovery Strategies for Soccer Players. **Strength and Conditioning Journal**, v. 0, n. 0, p. 1–13, 2016.

ROBINSON, R. O.; HERZOG, W.; NIGG, B. M. Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. **Journal of manipulative and physiological therapeutics**, v. 10, n. January, p. 172–176, 1987.

SALE, D. Neural Adaptations to Strength Training. In: KOMI, P.V. **Strength and Power in Sports**. London: Blackwell Scientific Publications, 1994. pp. 281–315.

SCHACHE, A. G. *et al.* Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain? **Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy**, v. 19, n. 1, p. 38–41, 2011.

SCHIMIDTBLEICHER, D. Training for power events. In: KOMI, P.V. **Strength and Power in Sports**. London: Blackwell Scientific Publications, 1992. pp. 381–395.

SELFE, J.; WHITAKER, J.; HARDAKER, N. A narrative literature review identifying the minimum clinically important difference for skin temperature asymmetry at the knee. **Thermology International**, v. 18, n. 2, p. 41–44, 2008.

SHERMAN, R. A.; WOERMAN, A. L.; KARSTETTER, K. W. Comparative effectiveness of videothermography, contact thermography, and infrared beam thermography for scanning relative skin temperature. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 33, n. 4, p. 377–386, 1996.

SILVA, F. O. C. DA; MACEDO, D. V. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 4, p. 320–328, 2011.

SILVA, J. R. *et al.* Does the FIFA world cup's congested fixture program affect players' performance? **Asian Journal of Sports Medicine**, v. 8, n. 4, 2017.

SIRI, W. E. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. 1961. **Nutrition**, v. 9, n. 5, p. 480–491, set. 1993.

SNYDER, P.; LAWSON, S. Evaluating Results Using Corrected and Uncorrected Effect Size Estimates. **The Journal of Experimental Education**, v. 61, n. 4, p. 334–349, jul. 1993.

SOUGLIS, A *et al.* Comparison of Inflammatory Responses and Muscle Damage Indices Following a Soccer, Basketball, Volleyball and Handball Game at an Elite Competitive Level. **Research in Sports Medicine**, v. 23, n. 1, p. 59–72, 2 jan. 2015a.

SOUGLIS, A. *et al.* Time Course of Oxidative Stress, Inflammation, and Muscle Damage Markers for 5 Days After a Soccer Match. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 2045–2054, jul. 2018.

SOUGLIS, A. G. *et al.* Comparison of Inflammatory Responses to a Soccer Match Between Elite Male and Female Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 29, n. 5, p. 1227–1233, may 2015b.

STOLEN, T. *et al.* Physiology of soccer: An update. **Sports Medicine**, v. 35, n. 6, p. 501–536, 2005.

STONE, M. H. *et al.* The Importanace of Isometric Maximum Strength and Peak-Rate-of-Force Development in Sprint Cycling. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 18, n. 4, p. 878–884, 2004.

SZMUCHROWSKI, L. A. *et al.* Determinação do número mínimo de saltos verticais para monitorar as respostas ao treinamento pliométrico. **Motricidade**, v. 8, n. 2, p. 383–392, 2012.

VARDASCA, R. *et al.* Thermal symmetry of the upper and lower extremities in healthy subjects. **Thermology International**, v. 22, n. 2, p. 53–60, 2012.

WARREN, G. L. *et al.* What Mechanisms Contribute to the Strength Loss That Occurs During and in the Recovery from Skeletal Muscle Injury? **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 32, n. 2, p. 58–64, fev. 2002.

WU, Y.-K. *et al.* Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 20, n. 1, p. 80–86, fev. 2010.

ZAHALKA, F. *et al.* Power assessment of lower limb and strength asymmetry of soccer goalkeepers. **Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Gymnica**, v. 43, n. 2, p. 31–38, 2013.

ZIFCHOCK, R. A. *et al.* The symmetry angle: A novel, robust method of quantifying asymmetry. **Gait & Posture**, v. 27, n. 4, p. 622–627, may 2008.



## APÊNDICE

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Convidamos o Senhor a participar do projeto intitulado “CORRELAÇÃO ENTRE A ASSIMETRIA BILATERAL DE FORÇA E A TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL”, sob a coordenação e responsabilidade do Professor Doutor Eduardo Mendonça Pimenta.

#### OBJETIVOS DA PESQUISA

A correlação entre a assimetria bilateral de força e a temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol podem vir a otimizar o monitoramento da carga de treinamento e das respostas fisiológicas, tanto nas sessões de treinamento quanto nas partidas oficiais. Assim, essa pesquisa tem como objetivos: [1] verificar se há correlação significativa e positiva entre a assimetria bilateral de força e a assimetria bilateral da temperatura da pele dos membros inferiores de atletas profissionais de futebol.

#### PROCEDIMENTOS

Inicialmente informamos Vossa senhoria que a participação no estudo exigirá uma demanda de tempo e presença em algumas sessões experimentais que consistirão em coletas de dados e mensuração de variáveis físicas e fisiológicas. Todos os procedimentos e a maneira de como serão realizados seguem descritos neste termo, bem como o tempo necessário para a realização destes procedimentos.

As coletas de dados e a participação no estudo consistirão em 3 (três) momentos:

[1] preenchimento de uma anamnese e coleta das medidas antropométricas (peso corporal e estatura);

[2] familiarização com os saltos verticais com contramovimento;

[3] realização dos protocolos experimentais, em que o voluntário deverá realizar um teste de salto com contramovimento para identificação da assimetria de força, que consiste na realização de cinco tentativas válidas do salto com contramovimento, e também será feita mensuração de variáveis sanguíneas, por meio de coleta de amostras sanguíneas durante as sessões experimentais. Os participantes deverão manter sua rotina diária e não poderão realizar exercícios vigorosos antes do início do protocolo experimental. As coletas dos dados ocorrerão no centro de treinamento dos atletas no clube de futebol que os atletas pertencem.

Duração média de cada momento:

[1] - 10 minutos (sessão única);

[2] - 22 minutos, por dia;

[3] - 17 minutos, por dia;

O tempo a ser dispendido na participação do estudo será por dia, em média, de 30 minutos, sendo que o total de dias necessários para a realização de todos os procedimentos será de 3 (três) dias não consecutivos. Portanto, as datas e os horários disponíveis do senhor para a realização e participação das sessões experimentais ocorrerão conforme a disponibilidade do senhor e dos pesquisadores, tendo em vista não prejudicar a rotina de treinamentos, bem como a vida pessoal do senhor.

Os seguintes protocolos experimentais serão realizados: [a] Nas sessões de familiarização (primeira e segunda sessão do estudo), será realizada uma atividade preparatória padrão na qual o indivíduo será orientado a pedalar no cicloergômetro por três minutos com carga de 0.5 Kg a 60 rotações por minuto (rpm) e em seguida realizar três séries de três SCM submáximos consecutivos, com intervalo de recuperação de 30 segundos entre as séries. Após a atividade preparatória padrão, será realizada uma série composta por 15 SCM com intervalo de 60 segundos entre as tentativas. [b] Na terceira sessão ocorrerá primeiramente a aquisição das IT's. Antes da aquisição das imagens, os voluntários deverão confirmar se as orientações dos critérios de inclusão foram respeitadas. Duas IT's serão registradas, sendo uma da parte anterior e outra da parte posterior dos membros inferiores. [c] Logo após a aquisição das IT's, os atletas já familiarizados deverão realizar cinco saltos verticais com contramovimento com intervalo de 60 segundos entre cada salto. Os saltos deverão seguir a mesma técnica estabelecida na familiarização. A análise de assimetria utilizará os três SCM de maior altura. [d] Finalmente, realizaremos a coleta sanguínea para mensurar o dano muscular e a inflamação dos atletas.

O senhor poderá interromper o protocolo, por qualquer motivo, e/ou pelo pesquisador por meio da verificação de impossibilidade de se manter a técnica adequada dos movimentos no protocolo experimental proposto.

## **RISCOS E BENEFÍCIOS**

Informamos ao senhor que baseado nas diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, dispostos na Resolução N° 466, de 12 de dezembro de 2012, acima de qualquer objetivo o senhor terá seus direitos éticos, morais, psicológicos, e físicos preservados e garantidos antes, durante e após a realização das sessões experimentais. Ou seja, a prioridade absoluta do estudo será a preservação da privacidade, bem como a saúde e o bem-estar do senhor.

Quanto à integridade física do senhor, informamos que ela não será colocada em grave risco durante as sessões de saltos verticais em plataformas de força, entretanto, na

sessão do teste de assimetria de força haverá o acompanhamento de socorrista qualificado. Durante o teste de assimetria bilateral de força serão realizados saltos verticais com contramovimento, o que pode resultar em uma entorse de tornozelo ou outras lesões. Todavia, os testes de saltos verticais são regularmente aplicados em adultos nas pesquisas envolvendo a avaliação da força muscular e da potência de membros inferiores, sendo que, os riscos associados a sua prática são similares àqueles de atividade cotidianas. A possibilidade da ocorrência de riscos como constrangimento, cansaço ou desconforto durante a prática dos saltos são desconhecidos, mas não deixaram de serem riscos controlados e monitorados, bem como assim evitados pelos profissionais envolvidos no estudo. Adicionalmente, não foram encontrados relatos de algum tipo de lesão ou prejuízo durante a realização dos testes.

A aquisição das imagens termográficas é caracterizada como um método não-invasivo, não-ionizante e inócuo. Todavia, ainda serão tomadas medidas preventivas quanto à privacidade do atleta, assim a aquisição das imagens será feita por membro da comissão técnica do clube dos atletas. Portanto, a termografia infravermelha não oferecerá risco à integridade física e a saúde do senhor, além disso, o risco a integridade moral e psicológica, serão controlados e prevenidos.

Quanto às coletas sanguíneas, os procedimentos serão realizados por profissionais qualificados em coletas sanguíneas e formados e licenciados na área da saúde, sendo que todos os procedimentos serão realizados pelos mesmos profissionais especializados neste tipo de coleta. As coletas sanguíneas não causaram nenhum tipo de limitação à rotina de treinamento e a vida pessoal dos voluntários, sendo que são extremamente rápidas e não demandam qualquer tipo de pré-requisito limitante, como por exemplo, jejum antes das coletas. Em todas as sessões do estudo, os aspectos relacionados à biossegurança serão rigorosamente observados durante a obtenção das amostras sanguíneas, sendo que o termo biossegurança deve ser entendido como o conjunto de ações voltadas para a prevenção, proteção do trabalhador, minimização de riscos inerentes às atividades de pesquisa, produção, ensino e desenvolvimento tecnológico. Os materiais serão novos e descartáveis, o que evitará qualquer tipo de contaminação. Ainda de maneira preventiva, haverá no mínimo dois socorristas a disposição para atender os voluntários que venham a necessitar de atendimento.

A possibilidade da ocorrência de riscos como constrangimento, ou desconforto durante a prática dos protocolos são desconhecidos. Adicionalmente, não foram encontrados relatos de algum tipo de lesão ou prejuízo durante a realização dos mesmos em estudos prévios.

Todavia, caso venha a ocorrer alguma lesão durante as sessões experimentais, serão realizados os primeiros socorros e será acionado o SAMU (192) para o encaminhamento do voluntário ao hospital.

Os possíveis benefícios da pesquisa estão relacionados ao fornecimento de informações sobre a relação assimetria bilateral de força e a temperatura da pele dos membros inferiores de atletas de futebol. O melhor entendimento dessa relação poderá auxiliar no direcionamento de ações preventivas no treinamento físico dos atletas. A pesquisa contribuirá para um melhor entendimento do perfil motor de atletas durante a temporada. O Senhor terá acesso à informação do seu índice de assimetria de força dos membros inferiores, além da análise e avaliação termográfica dos membros inferiores. O senhor também terá acesso a uma avaliação física completa. Além disso, caso seja verificada uma correlação positiva no estudo, a termografia infravermelha poderá auxiliar ainda mais no monitoramento da carga de treinamento e na prevenção de lesões em atletas. Portanto, o senhor será beneficiado diretamente com a participação no estudo, pois atletas profissionais de futebol necessitam constantemente de meios para prevenir lesões, bem como monitorar e controlar suas cargas de treinamento.

### **CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS**

Todos os dados do senhor são confidenciais, sendo que sua identidade não será revelada publicamente em hipótese alguma e somente os pesquisadores envolvidos neste estudo terão acesso a estas informações que serão utilizadas para fins de pesquisa. Os resultados ficarão arquivados no laboratório de Psicologia do Esporte da EEFPTO/UFMG. Você dispõe de total liberdade para esclarecer questões que possam surgir durante o andamento da pesquisa.

Qualquer dúvida que o senhor venha a ter, por favor, entre em contato com os pesquisadores responsáveis pelo estudo por meio do telefone do Laboratório de Psicologia do Esporte (LAPES) telefone: 3409-2331 e 3409-2348. Caso tenha dúvidas em relação aos aspectos éticos da pesquisa o Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG poderá ser consultado ou acionado - Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) tel: 3409-4592. A legalidade dos procedimentos e a legalidade dos procedimentos envolvendo pesquisa com seres humanos tem como base a resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012, que dispõe sobre pesquisas envolvendo seres humanos.

O senhor poderá recusar-se a participar deste estudo e/ou abandoná-lo a qualquer momento, sem precisar se justificar. O senhor também deve compreender que os pesquisadores podem decidir sobre a sua exclusão do estudo por razões científicas, sobre as quais o senhor será devidamente informado.

O senhor também não sofrerá nenhuma retaliação ou prejuízos nas suas atividades acadêmicas caso venha a recusar a participar do projeto ou por decidir retirar seu consentimento a qualquer momento.

Não está prevista qualquer forma de remuneração e todas as despesas relacionadas com o estudo são de responsabilidade do pesquisador. Em caso de lesão, você terá direito à indenização.

O senhor assinará duas vias do termo de consentimento livre esclarecido e receberá uma via que ficará em seu poder.

### **CONSENTIMENTO**

Eu, \_\_\_\_\_, concordo com tudo o que foi exposto acima e, voluntariamente, dou meu consentimento.

Belo Horizonte, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_.

Assinatura: \_\_\_\_\_

Eu, Professor Doutor Eduardo Mendonça Pimenta, declaro que expliquei os objetivos deste estudo para o participante, dentro dos limites dos meus conhecimentos científicos.

\_\_\_\_\_  
Pesquisador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta

### **CONTATOS**

Pesquisador: Prof. Dr. Eduardo Mendonça Pimenta  
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais (EEFFTO/UFMG).  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Campus Pampulha, Belo Horizonte, MG  
CEP 31270-901.  
Tel: (31)3409-2325 / (31) 3409-7443  
Email: des@eeffto.ufmg.br / empimenta@uol.com.br

COEP – Comitê de Ética em Pesquisa  
Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Unidade Administrativa II – 2º andar/Sala 2005  
Campus Pampulha – Belo Horizonte, MG - CEP: 31270.901  
Email: coep@prpq.ufmg.br  
Telefax: (31) 3409-4592

## ANEXO

## Parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
MINAS GERAIS



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** CORRELAÇÃO ENTRE A ASSIMETRIA BILATERAL DE FORÇA E A TEMPERATURA DA PELE DOS MEMBROS INFERIORES DE JOGADORES PROFISSIONAIS DE

**Pesquisador:** Eduardo Mendonça Pimenta

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 67811517.6.0000.5149

**Instituição Proponente:** Escola de Educação Física da Universidade Federal de Minas Gerais

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.093.255