

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**FACULDADE DE NUTRIÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**



**GLYDISTON EGBERTO DE OLIVEIRA ANANIAS**

**RELAÇÃO ENTRE CARGA DE TREINAMENTO AGUDO/  
CRÔNICO E PERFIL METABOLÔMICO EM ATLETAS DE  
FUTEBOL PROFISSIONAL: UMA ABORDAGEM PRÁTICA**

**Maceió**  
**2023**

GLYDISTON EGBERTO DE OLIVEIRA ANANIAS

RELAÇÃO ENTRE CARGA DE TREINAMENTO AGUDO/ CRÔNICO E  
PERFIL METABOLÔMICO EM ATLETAS DE FUTEBOL PROFISSIONAL:  
UMA ABORDAGEM PRÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas como requisito para obtenção do título de mestre em Nutrição.

**Orientador:** Prof. Dr. Filipe Antônio de Barros Sousa  
Faculdade de Nutrição  
Universidade Federal de Alagoas

Maceió  
2023

Catálogo na Fonte Universidade Federal de  
Alagoas Biblioteca Central

Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

A533r Ananias, Glydiston Egberto de Oliveira.

Relação entre carga de treinamento agudo/crônico e perfil metabólico em atletas de futebol profissional / Glydiston Egberto de Oliveira Ananias. – Maceió, 2023.

70 f. : il.

Orientador: Filipe Antônio de Barros Sousa.

Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Nutrição. Programa de Pós-Graduação em Nutrição, 2023.

Bibliografia: f. 59-65.

Apêndices: f. 67-70.

1. Carga de treinamento. 2. ACWR. 3. Carga externa. 4. Metabólica.  
5. Futebol. I. Título.

CDU: 796.332

# FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: GLYDISTON EGBERTO DE OLIVEIRA ANANIAS

Título: Relação entre carga de treinamento agudo/ crônico e perfil metabólico em atletas de futebol profissional: uma abordagem prática

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em de de 2023.



Documento assinado digitalmente  
FILIPE ANTONIO DE BARROS SOUSA  
Data: 02/04/2024 14:06:25-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Doutor Filipe Antônio de Barros Sousa, Universidade Federal de Alagoas) (Orientador)

## Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
GUSTAVO GOMES DE ARAUJO  
Data: 01/04/2024 10:48:05-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Doutor Gustavo Gomes Araújo, Universidade Federal de Alagoas) (Examinador Interno)



Documento assinado digitalmente  
CLAUDIO ALEXANDRE GOBATTO  
Data: 01/04/2024 12:40:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Doutor Claudio Alexandre Gobatto, Universidade Estadual de Campinas) (Examinador Externo)



Documento assinado digitalmente  
ALESSANDRE CARMO CRISPIM  
Data: 02/04/2024 09:25:13-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

(Doutor Alexandre Crispim Carmo, Universidade Federal de Alagoas) (Examinador Interno)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus; sem ELE eu não teria capacidade para desenvolvê-lo.

Aos meus pais Egberto (*in memoriam*) e Ruth, pois seus esforços e exemplos me guiaram para chegar até aqui.

A minha esposa Elisângela e minhas filhas Maria Júlia, Maria Celeste e Maria Luíza as razões de minha existência. Obrigado pelo amor, companheirismo, carinho e exemplo de disciplina.

Ao professor doutor e amigo/irmão Pedro Balikian Junior pela amizade, confiança e motivação para desenvolver este trabalho.

A toda minha família e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, que tem me acompanhado e me dado forças para seguir durante todos os meus anos de vida.

Aos familiares e amigos, por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram e me incentivaram para a realização deste trabalho.

Em especial ao professor doutor Filipe Antônio de Barros Sousa, por aceitar ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação, amizade e paciência sendo sempre solícito quando necessitei de seu auxílio.

Ao professor Alisson Marinho pelas correções e ensinamentos que me permitiram evoluir neste meu processo de formação ao longo do curso.

À Universidade Federal de Alagoas - UFAL, em especial à ESEF, Instituto de Química e Biotecnologia e Faculdade de Nutrição pela recepção, apoio e formação ao longo dos anos do curso.

Ao Centro de Formação de Atletas do São Paulo Futebol Clube e seus atletas, por permitir a coleta dados, utilização das instalações e de materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa que possibilitou a realização deste trabalho.

Finalmente, às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação e que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

## RESUMO

A dinâmica de uma partida de futebol provoca uma alta demanda fisiológica e, assim sendo, é importante que o jogador de futebol desenvolva um alto nível de aptidão física alinhado com total controle das cargas de treinamento (externa e interna). Neste sentido, a razão entre a carga aguda e crônica (ACWR) tem sido utilizada como ferramenta de controle de carga e incidência de lesão em esportes coletivos. Portanto, com o objetivo de investigar se a ACWR pode ser utilizada como ferramenta de predição de estresse metabólico por meio de análise da metabolômica, durante 9 semanas, 40 jogadores profissionais de futebol foram monitorados por aparelhos GPS da marca CATAPULT OPTIMEYE S7 (Catapult, OPTIMEYE S7, Melbourne, Austrália) em sessões de treinamentos e partidas para determinação das cargas externas através da  $ACWR_{acoplada}$  e média móvel exponencialmente ponderada. Foram coletadas amostras de urina 24 horas antes e 24 horas após as partidas para determinação da resposta metabólica (carga interna) de cada jogador nos momentos pré e pós partida. Os dados brutos coletados foram organizados e analisados usando o software Open Field Console e por meio de rotinas programadas em ambiente MatLab (MathWorks, versão 2018b). As amostras foram analisadas por meio de ressonância magnética nuclear (RMN-metabolômica) para verificação do conteúdo metabólico. Os dados foram analisados por funções estatísticas PCA e PLS-DA para classificar, discriminar e correlacionar os metabólitos e carga de treinamento, para verificar o estado de estresse metabólico pré e pós partida em jogadores de futebol profissional. Os resultados mostraram: 1) cargas mais elevadas no segundo mesociclo (período de 4 semanas) na semana que antecedeu jogos com adversários considerados com nível técnico mais elevado e partidas com caráter decisivo nas métricas de distância total percorrida (4391m), player load (456 u.a.) e distância em alta intensidade (242m); 2) a ACWR não foi capaz de discriminar o perfil metabolômico dos jogadores quando utilizada as classes de ACWR LOW (<0,8), SWEETSPOT (0,8 – 1,3) e HIGH (.1,3) nos momentos pré e pós para todos os jogadores e partidas e; 3) quando os jogadores foram separados em grupos G1, G2 e G3 a ACWR nos momentos pré e pós jogo demonstrou pequena sensibilidade na separação dos grupos, principalmente nos grupos LOW e HIGH. Concluiu-se que a ACWR só foi capaz de discriminar o perfil metabolômico de jogadores de futebol quando separada por partida e grupos de trabalho (G1, G2 e G3).

**Palavras chaves:** Carga de treinamento, ACWR, Carga Externa, Metabolômica, Futebol.

## ABSTRACT

The dynamics of a soccer match make a high physiological demand and it is therefore important that the soccer player develops a high level of physical fitness in line with total control of training loads (external and internal). In this sense, the acute to chronic workload ratio (ACWR) has been used as a tool for controlling workload and the incidence of injury in team sports. Therefore, with the aim of investigating whether the ACWR can be used as a tool for predicting metabolic stress through metabolomic analysis, 40 professional soccer players were monitored for 9 weeks using CATAPULT OPTIMEYE S7 GPS devices (Catapult, OPTIMEYE S7, Melbourne, Australia) during training sessions and matches to determine external loads using the ACWR-coupled and exponentially weighted moving average. Urine samples were collected 24 hours before and 24 hours after matches to determine the metabolic response (internal load) of each player before and after the match. The raw data collected was organized and analyzed using the Open Field Console software and routines programmed in the MatLab environment (MathWorks, version 2018b). The samples were analyzed using nuclear magnetic resonance (NMR-metabolomics) to verify the metabolic content. The data was analyzed using PCA and PLS-DA statistical functions to classify, discriminate and correlate the metabolites and training load, in order to verify the state of metabolic stress pre- and post-match in professional soccer players. The results showed: 1) higher loads in the second mesocycle (4-week period) in the week preceding matches with opponents considered to be of a higher technical level and matches of a decisive nature in the metrics of total distance covered (4391m), player load (456 a.u.) and distance at high intensity (242m); 2) ACWR was unable to discriminate the players' metabolomic profile when using the ACWR classes LOW (<0.8), SWEETSPOT (0.8 - 1.3) and HIGH (.1.3) at pre and post-match for all players and matches and; 3) when the players were separated into groups G1, G2 and G3, ACWR at pre and post-match showed little sensitivity in separating the groups, especially in the LOW and HIGH groups. It was concluded that the ACWR was only able to discriminate the metabolomic profile of soccer players when separated by match and work groups (G1, G2 and G3).

**Key words:** Training load, ACWR, External load, Metabolomics, Football.

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	Problematização .....	13
1.2	Problema.....	16
1.3	Hipótese.....	16
1.4	Justificativa.....	16
1.5	Objetivos.....	17
1.5.1	Objetivo Geral .....	17
1.5.2	Objetivos Específicos .....	17
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1	Metabolômica .....	20
2.2	Metabolômica no Futebol.....	22
2.3	Carga de treinamento ou métricas para controle de carga de treino.....	24
2.4	Razão aguda crônica.....	26
3	MÉTODOS.....	29
3.1	Tipo de Estudo.....	29
3.2	População e Amostragem .....	29
3.3	Desenho Experimental.....	30
3.4	Determinação da carga de treinamentos e de partidas.....	30
3.5	ACWR de Treinamento .....	32
3.6	Coletas de urina .....	33
3.7	Preparação das Amostras.....	33
3.8	Análise Estatística .....	35
4	RESULTADOS .....	37
4.1	Caracterização da carga de treinamento .....	37
4.2	Capacidade de separação de perfil metabólico pela ACWR .....	39
4.2.1	Todos os jogos – condição pré e pós jogo .....	39
4.2.2	Todos os jogos – Efeito da divisão em grupos G1, G2 e G3.....	39
4.2.3	Todos os grupos – Efeito da divisão dos jogos .....	42
4.3.4	Efeito da divisão em grupos + efeito da divisão em jogos .....	45
5	DISCUSSÃO .....	49
5.1.	Efeito da divisão e tamanho dos grupos .....	52
5.2.	Contexto da divisão das partidas, carga de treinamento de cada grupo, demandas de treinamento e de partida, nível de adversário .....	54
5.3	ACWR poderia ser uma ferramenta mais assertiva .....	55
6	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS .....	59
	APÊNDICE A .....	67
	<i>TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</i> .....	67

## **INTRODUÇÃO**

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1.Problematização

O futebol é um esporte com características intermitentes, isto é, constituído de atividades de baixa intensidade (88%) intercaladas com atividades de alta intensidade (12%) (EKBLUM, 1986; BIESEK et al. 2005). Um jogador de futebol pode percorrer em média uma distância de 10 quilômetros por partida associadas com mais de 1000 diferentes ações como caminhadas, corridas em trote, corridas com mudanças de direção, saltos, deslocamentos em alta velocidade com acelerações e desacelerações (IMPELLIZZERI et al., 2005). Portanto, a dinâmica de uma partida de futebol provoca uma alta demanda fisiológica que necessita de energia proveniente dos metabolismos aeróbio e anaeróbio, simultaneamente (BANGSBO, 1994). Sendo assim, é importante que o jogador de futebol desenvolva um alto nível de aptidão física para o desempenho de suas funções em campo. Para tal, o programa de preparação das habilidades esportivas de um jogador de futebol deve ser bem elaborado, procurando minimizar o risco de lesões e maximizar o desempenho atlético (BOMPA et al. 2019; ETXEBARRIA et al., 2019), ser integrado com uma equilibrada ingestão de macro e micronutrientes (JEUKENDRUP et al., 2017; BRINKMANS et al., 2019) e ter um período de recuperação adequado. É importante salientar que todos esses fatores devem ser alinhados com total controle das cargas de treinamento (BOWEN et al., 2017; FOSTER, 1998).

As cargas de treinamento podem ser classificadas em carga externa e carga interna. A carga externa é a carga de prescrição de treinamento propriamente dita (frequência semanal, duração, meios de treinamentos e número de séries). Por sua vez, a carga interna de treinamento refere-se as respostas psicofisiológicas [Frequência Cardíaca (FC), Consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) e concentrações de lactato sanguíneo] (IMPELLIZZERI & MARCORA, 2019). Tanto a carga externa quanto a carga interna de treinamento estão diretamente ligadas a diferentes fatores devido a individualidade biológica do jogador e podem ser influenciadas por algumas variáveis contextuais de partida como por exemplo, o local, nível do adversário e o resultado da partida que antecede o período de treinamento (BRITO et al., 2016; RAGO et al., 2019; GONÇALVES et al.; 2020). Neste sentido, o monitoramento das cargas e as respostas metabólicas individuais dos jogadores às demandas fisiológicas impostas em treinamentos e partidas são informações relevantes para prescrição, aquisição da forma física e determinação das estratégias de

recuperação que podem minimizar a incidência de lesões (ESMAEILI et al., 2018; IMPELLIZZERI et al., 2019).

Neste sentido, a relação entre carga de treinamento e incidência de lesões em modalidades coletivas tem sido tema de estudos (BOWEN et al., 2017; FOSTER, 1998; GABBETT, 2016a; HULIN et al., 2016) , os quais buscam encontrar volumes e intensidades ideais, através da carga absoluta realizada em uma semana (microciclo) denominada de carga aguda e sua relação com a carga absoluta realizada em um período maior de treinamento (mesociclo) denominada de carga crônica (BOWEN et al., 2017; FOSTER, 1998; GABBETT, 2016b; IMPELLIZZERI et al., 2019; NOBARI et al., 2020; WANG et al., 2020). Esta relação pode ser estudada por meio da razão conhecida como *Acute:Cronic Workload Ratio* (ACWR). A ACWR busca fornecer um índice de carga de treinamento que indica se a carga aguda recentemente aplicada em uma semana é maior, menor ou igual à carga crônica aplicada durante um período de treinamento de quatro semanas (GABBETT, 2016a). Estudos realizados no rúgbi, futebol australiano, críquete e futebol utilizando a ACWR indicam uma relação ótima entre 0,8 e 1,3 u.a, onde valores fora desta faixa indicam um maior risco de lesão (ESMAEILI et al., 2018; HULIN et al., 2016; NOBARI et al., 2020; WANG et al., 2020). Porém, num estudo com jogadores de futebol australiano, foi verificado que estes valores de carga podem depender da fase de treinamento (pré temporada ou competitivo) e dos parâmetros utilizados para determinação da ACWR (Percepção subjetiva de esforço, carga individual do jogador, distância percorrida, distância percorrida em alta intensidade) (ESMAEILI et al., 2018). Portanto, a utilização da ACWR como ferramenta de mensuração da carga de treinamento aguda/crônica e predição do risco de lesão ainda requer um aperfeiçoamento no tocante à modalidade e características de cada jogador para ser implementada na prática com sucesso. Estudos que mensuraram biomarcadores de estresse fisiológico e carga de treinamento em jogadores de futebol observaram que, o acúmulo de altas cargas de treinamento pode aumentar o risco de lesão em até 4,5 vezes, a qual foi caracterizada pelo aumento das concentrações de lactato sanguíneo, creatinaquinase, ureia, cortisol e outros biomarcadores de fadiga relacionados ao sistema imunológico, metabolismo dos lipídeos e fadiga muscular podem provocar a queda de desempenho e aumento no risco de lesão (DJOUJI et al 2017; HUGINS et al. 2018; MOHR et al. 2023). Portanto, o monitoramento das cargas de treinamento e de partidas associados com a análise dos biomarcadores de estresse fisiológico presentes em alguns biofluidos (por exemplo, saliva, urina, sangue e suor) devem ser realizados durante

toda a temporada. Outro fator que pode influenciar as respostas metabólicas relacionadas ao exercício agudo ou crônico é o estado nutricional do jogador. Segundo posicionamento da Associação Dietética Americana, dos Dietistas/Nutricionistas do Canadá e do *American College of Sports Medicine* (ACSM), é fundamental o consumo apropriado de macro e micronutrientes como, carboidratos que atuam na otimização e reposição dos estoques de glicogênio muscular durante o exercício e na fase de recuperação e na manutenção dos níveis de glicose durante o exercício (JEUKENDRUP et al., 2017). Além dos carboidratos, proteínas são necessárias para o reparo e/ou crescimento muscular e os lipídeos para síntese de hormônios esteroides e a modulação da resposta inflamatória (RODRIGUEZ et al., 2009). Quanto aos micronutrientes (vitaminas e minerais), estes participam também de processos celulares relacionados ao metabolismo energético como contração, reparação e crescimento muscular, defesa antioxidante e resposta imune. Portanto, as necessidades de micronutrientes específicos podem ser afetadas conforme as demandas fisiológicas, em resposta ao esforço (RODRIGUEZ et al., 2009, BRINKMANS et al. 2019). Contudo, tanto uma sessão de exercício (agudo) como o treinamento longitudinal (crônico) podem levar a alterações no metabolismo, na distribuição e na excreção de vitaminas e de minerais por meio da urina (PANZA et al. 2010).

Esta é uma das razões pela qual a urina tem sido utilizada para investigar alterações metabólicas decorrentes de exercícios agudos e crônicos e apresenta importantes vantagens como biofluido, incluindo facilidade de acesso e coleta não invasiva (DJOUÏ et al. 2017; QUINTAS et al., 2020;). Neste sentido, a Metabolômica, ciência contemporânea que estuda os metabólitos que são produzidos e liberados por meio de processos fisiológicos nos níveis sistêmico e celular, tem sido uma das técnicas recentemente utilizadas por pesquisadores para observar o comportamento destes metabólitos mediante um determinado estímulo físico agudo ou crônico (BONGIOVANNI et al., 2019; HEANEY et al., 2019). Porém, poucos estudos têm utilizado esta abordagem para analisar os impactos do treinamento e partidas em jogadores de futebol profissional (QUINTAS et al.2020, MARINHO et al., 2021;). Um estudo observou que em um período de 10 meses de observação da carga de treinamento em conjunto com a análise da metabolômica foi possível detectar associações significativas entre a carga externa de treinamento e o perfil metabólico e alterações nos padrões bioquímicos devido ao treinamento longitudinal em jogadores de futebol (QUINTAS et al. 2020). Outro estudo mais recente concluiu que a análise metabolômica é sensível para destacar vias metabólicas associadas a danos musculares e processos

inflamatórios em jogadores de futebol com elevado valores de percepção de esforço (MARINHO et al. 2021). Contudo, nenhum estudo investigou se as alterações metabólicas oriundas do estresse fisiológico, analisadas pela metabolômica, são de fato identificadas dentro das faixas de carga de treinamento sugeridas pela ACWR.

Portanto, este estudo tem como objetivo investigar se a ACWR pode ser utilizada como ferramenta de predição de estresse metabólico por meio de análise da metabolômica em jogadores profissionais de futebol.

## **1.2 Problema**

Assim sendo surge a pergunta do estudo – o controle de carga de treinamento, por meio da ACWR, é capaz de prever o estado metabólico referente ao processo de recuperação após desempenho dos jogadores profissionais de futebol em treinamentos e partidas?

## **1.3 Hipótese**

- A razão aguda: crônica da carga de treinamento (ACWR) pode ser utilizada como ferramenta de predição de alterações metabólicas positivas e/ou negativas observadas por meio da metabolômica;

## **1.4 Justificativa**

As características do futebol contemporâneo associado com o extenso calendário de partidas contendo várias competições durante o ano, provoca uma alta demanda fisiológica nos jogadores e conseqüentemente, integrantes das comissões técnicas são direcionados a elaborar programas de treinamento cada vez mais individualizados. Esses programas devem visar o aperfeiçoamento da aptidão física do jogador de futebol, levando em consideração variáveis importantes como a carga de treinamento, ingesta nutricional, nível de recuperação, desempenho em treinamentos e partidas e variáveis contextuais de partida. Neste sentido, a ACWR, surge como ferramenta para mensurar as intensidades das cargas das atividades assim como o risco de incidência de lesão em jogadores de futebol (GABBETT, 2016a; HULIN et al., 2016). No entanto, é importante destacar que valores aceitáveis de ACWR sem uma

recuperação adequada pode desencadear em alterações metabólicas significativas resultando na queda de desempenho, e possivelmente aumento do risco de lesão. Outro fator que pode auxiliar no processo de recuperação de treinamentos e partidas é o controle adequado da ingestão de macro e micronutrientes, sendo esta uma das estratégias utilizadas para otimizar o desempenho de atletas (BURKE et al., 2006; DA SILVA et al., 2013; JEUKENDRUP, 2017).

Recentemente a ACWR tem sido associada ao controle de carga e a predição de risco de lesão em esportes coletivos (ESMAEILI et al., 2018; GABBETT, 2016a; HULIN et al., 2016; NOBARI et al., 2020; WANG et al., 2020). No entanto, nenhum estudo tem associado a ACWR às alterações metabólicas geradas pelas cargas de treinamento e partidas assim como no processo de recuperação do jogador profissional de futebol.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo Geral**

Investigar se a razão aguda: crônica de carga de treinamento (ACWR) pode ser utilizada como ferramenta de predição de estresse metabólico por meio de análise da metabolômica em jogadores profissionais de futebol.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Observar a rotina de treinamentos e partidas de uma equipe de futebol profissional do Brasil e suas estratégias de controle de carga e de recuperação fisiológica;
- Investigar a influência da divisão dos jogadores em: titulares (G1), reservas (G2) e não relacionados para a partida (G3), na capacidade de discriminação do perfil metabolômico desses jogadores;
- Investigar a influência de diferentes partidas na capacidade de discriminação do perfil metabolômico dos jogadores;

- Revisar a literatura recente sobre a metabolômica e o controle de carga de treinamento no futebol.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Metabolômica

A busca por repostas associadas às intervenções, sejam elas farmacológicas ou não, sempre foi um ponto de bastante exploração na academia (KUSONMANO; VONGSANGNAK, 2016). Geralmente, todas as repostas eram observadas por meio de alterações em resposta fisiológicas pontuais, ou seja, em um ou dois biomarcadores selecionados (NICHOLSON; WILSON, 2003). A simplificação das medidas tornavam reducionista a avaliação e interpretação do fenômeno observado, uma vez que ignorava toda complexidade e sistematização de alta organização funcional do corpo humano (KADDURAH-DAOUK; KRISTAL; WEINSHILBOUM, 2008; MUSHTAQ et al., 2014). Com o objetivo de avançar e ampliar a detecção e interpretação das repostas sistêmicas, as ciências ômicas por meio da genômica, transcriptômica, proteômica e metabolômica surgem como abordagens determinantes para o processo (NICHOLSON; WILSON, 2003).

Recentemente, a utilização da metabolômica na ciência experimental tem demonstrado uma significativa projeção e resultados interessantes (JOHNSON; IVANISEVIC; SIUZDAK, 2016). Conceitualmente, a metabolômica é uma abordagem que permite analisar alterações bioquímicas em um determinado organismo, através da observação das oscilações nos metabólitos (HEANEY et al., 2019; KUSONMANO; VONGSANGNAK, 2016). Essas moléculas (ou seja, os metabólitos) são subprodutos resultantes de algumas ou múltiplas reações metabólicas do organismo (JOHNSON; IVANISEVIC; SIUZDAK, 2016). Essas análises facilitam a compreensão de variadas perturbações ocorridas após uma determinada intervenção (DUNN; ELLIS, 2005; KOAY et al., 2020).

Várias ferramentas permitem analisar quantitativamente e/ou qualitativamente essas repostas bioquímicas. A literatura aponta metodologias de análises para tal propósito que, após o avanço científico, aprimoraram a acurácia analítica do método e, por consequência, a aplicação da metabolômica. As duas principais ferramentas são a espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e a Espectrometria de massas (EM). A RMN é uma técnica que permite a elaboração de um espectro metabólico baseado na interação entre o biofluido analisado e um campo eletromagnético resultante de pulsos de radiofrequência (HEANEY et al., 2019). Por

outro lado, a EM quantifica os metabólitos após um processo de ionização e observação de uma razão massa/carga de cada metabólito (HEANEY et al., 2019). Ambas as metodologias de quantificação de metabólitos possuem vantagens e desvantagens que devem ser consideradas no momento de seleção do instrumento (EMWAS, 2015).

Primeiramente, a EM é uma metodologia que consegue quantificar um número maior que 500 metabólitos, contudo, o tempo de preparo das amostras necessita de um processo mais distendido (EMWAS, 2015). Além disso, as amostras usadas não são reaproveitadas durante a análise, a qual resulta numa menor reprodutibilidade da medida (EMWAS, 2015). Em contrapartida, a RMN consegue analisar a mesma amostra por mais vezes (aumentando a reprodutibilidade da análise) quando necessário e permite a identificação de aproximadamente 200 metabólitos (EMWAS, 2015). Se tratando do tempo de preparação, a RMN quando comparado a EM requer um tempo menor para o preparo das amostras. Contudo, a literatura aponta que a RMN apresenta uma baixa seletividade e sensibilidade nas análises, dificultando a seleção e análise dos metabólitos (EMWAS, 2015). Sendo assim, o pesquisador precisa ter em mente as características da sua pesquisa na escolha da ferramenta mais adequada, uma vez que ambas as ferramentas conseguem quantificar os metabólitos, mesmo com suas limitações e facilidades (KADDURAH-DAOUK; KRISTAL; WEINSHILBOUM, 2008).

É importante salientar que o processo de identificação dos metabólitos possui algumas características específicas de acordo com a estratégia adotada. No ambiente da metabolômica duas estratégias são bastante conhecidas. A primeira é denominada *targets/metabolic profiling*, estratégia em que o pesquisador estabelece um grupo de metabólitos ou vias metabólicas determinadas (HEANEY et al., 2019; JOHNSON; IVANISEVIC; SIUZDAK, 2016). Para tanto, o pesquisador utiliza-se de kit ou substâncias que reagem a determinados metabólitos assim tornando direcionada a identificação dos subprodutos (HEANEY et al., 2019). A *untarget/metabolic fingerprinting*, segunda estratégia, busca captar todos os metabólitos possíveis sem seleção prévia dos metabólitos (HEANEY et al., 2019). Nesse sentido, é possível identificar diversas interações bioquímicas entre os diversos sistemas orgânicos envolvidos para atender a demanda metabólica de uma determinada intervenção. Sendo assim, é determinada pelo pesquisador o quão ampla ou direcionada será investigação metabolômica.

Ao final do armazenamento dos dados é importante processar e interpretar todo o material. Dois processos permitem a melhor interpretação, correlação e discriminação

de um alto volume de dados, são elas a análise dos componentes principais (PCA), assim como análise discriminante ortogonal por mínimos quadrados parciais (OPLS-DA) (ALIFERIS; JABAJI, 2010). A PCA é uma análise na qual o pesquisador investiga a possibilidade de um determinado padrão por semelhança de respostas metabólicas nos metabólitos coletados. (KUSONMANO; VONGSANGNAK, 2016). Essa identificação é dada através de um encolhimento dimensional dos dados, o qual facilita a visualização humana das informações obtidas. Os ajustes dimensionais têm como objetivo captar um subespaço unidimensional (ou seja, um componente principal) que consiga englobar um número máximo de variância dos dados. Os componentes principais possuem informações relacionadas a todas ou principais variações dos dados incluídos. Então, são criados os subespaços unidimensionais necessários para coletar todas as variações possíveis dentro do conjunto de dados. Após a criação dos subespaços, é feita uma identificação dos subespaços unidimensionais selecionando se qual espaço englobou a maior variação possível e assim denominando-o de componente principal (KUSONMANO; VONGSANGNAK, 2016). A outra análise, denominada de OPLS-DA objetiva discriminar dois grupos e, de acordo com a proposta de comparação pertinente a problemática de interesse. Vale à pena salientar que a OPLS-DA é uma versão aprimorada da PLS-DA (BYLESJÖ et al., 2006). No OPLS-DA almeja a identificação de uma potencial relação entre as variáveis independentes “x” e variáveis dependentes “y” de um conjunto de informação coletadas. Essa identificação é baseada na intensificação da explicação acerca da variância em “y” pela observação em “x” (KUSONMANO; VONGSANGNAK, 2016). Nesse sentido, a OPLS-DA objetiva uma relação linear entre as variáveis preditoras e seccionar, de maneira clara, as comparações e/ou momentos de interesse, relacionar de maneira linear as variáveis preditoras e repostas de interesse, facilitando a compreensão por parte do investigador.

## **2.2 Metabolômica no Futebol**

No futebol contemporâneo as cargas de treinamento e o grande número de partidas de uma equipe durante a temporada, resultam em alterações metabólicas significativas na fisiologia do jogador. As altas métricas de partidas em distância percorridas e atividades de alta intensidade como corridas, acelerações, desacelerações e saltos exigem um programa de treinamento individualizado e bem elaborado que possibilite o jogador desenvolver sua forma desportiva com objetivo de suportar as cargas de treinamento e apresentar se recuperado para

partida durante toda temporada (BOMPA et al. 2019; ETXEBARRIA et al., 2019). O controle das cargas externas pode ser realizado através de aparelhos ground position system (GPS) ou aparelhos acelerômetros que fornecem informações de distância total percorrida, corridas em alta intensidade, acelerações e desacelerações além de vetores de força aplicados em diferentes direções. A carga interna que representa a resposta metabólica à aplicação da carga externa, pode ser verificada através da frequência cardíaca, consumo de oxigênio, concentração de lactato, percepção subjetiva de esforço além da análise de biomarcadores de estresse e fadiga muscular. No entanto, a análise pontual destas variáveis pode desconsiderar cargas de treinamento que possam levar ao “overtraining” e reações metabólicas que caracterizam danos musculares e conseqüentemente aumentando o risco de incidência de lesões. A metabolômica, então, com a capacidade de identificar um grande número de metabólitos e amostras biológicas simultaneamente (BONGIOVANNI et al. 2022), pode auxiliar na identificação de processos catabólicos que aceleram a fadiga muscular, aumentam o risco de incidência de lesão e conseqüentemente a perda de desempenho.

PINTUS et al. (2020) ao estudar, por meio da metabolômica, a urina de jogadores de futebol da primeira divisão italiana em 3 momentos diferentes durante a pré temporada, verificou diferenças significativas na hipoxantina, em particular no óxido N-trimetilamina e ácido hipúrico ambos relacionados à dieta e à microbiota, assim como, no ácido 3 hidroxobutírico que está associado ao tipo de exercício físico. Um estudo longitudinal com 80 jogadores de futebol profissional da Espanha com o objetivo de, investigar a variabilidade intra e interindividual das respostas fisiológicas mediante a submissão á cargas de treinamento similares observou que a PLS foi capaz de identificar alterações em metabólitos associados aos hormônios esteroides e aminoácidos dentre as variáveis relacionadas as cargas externas. Além desses achados também verificou que, a proporção de jogadores que apresentaram um desvio do modelo da PLS de adaptação ao exercício foi maior entre aqueles que sofreram lesão muscular em comparação com aqueles jogadores que não sofreram e demonstrou associação entre carga externa e resposta metabólica que indicaram alterações nos padrões bioquímicos relacionadas às adaptações ao treinamento de longo período (crônico) (QUINTAS et al. 2020). Um estudo de RODAS et al. (2022) ao comparar jogadores do sexo masculino e jogadoras do sexo feminino observou que ambos os grupos apresentaram alterações progressivas no metabolôma diretamente associadas a carga externa de treinamento. A análise de sobrerepresentação e análise multivariada dos dados metabólicos mostraram diferenças significativas do efeito dos treinamentos nos perfis metabólicos das equipes femininas e masculinas, fornecendo insights sobre como a adaptação à carga externa está relacionada a

mudanças nos fenótipos metabólicos. Portanto, baseados nos estudos fica evidente que a metabolômica auxilia na compreensão nas alterações dos padrões metabólicos provocados pelo treinamento em jogadores e jogadoras de futebol profissional.

Entretanto, todos os estudos apresentam limitações metodológicas e concordam sobre a necessidade de estudos que suportem um modelo que identifique adaptações metabólicas provocadas pelo treinamento.

### **2.3 Carga de treinamento ou métricas para controle de carga de treino**

Historicamente, a habilidade de prescrever treino com o objetivo de otimizar o desempenho atlético era atribuída a experiência do treinador (BORRESEN & LAMBERT, 2009; HALSON, 2014). Contudo, a quantificação de estímulos que desencadeiem adaptações fisiológicas específicas tem sido adotada como uma saída no sentido de otimizar os ganhos com o treinamento (BORRESEN & LAMBERT, 2009; HALSON, 2014). Com esse objetivo, a ideia de controle de carga de treinamento está sendo bastante explorada e aceita na comunidade da ciência do esporte (BORRESEN & LAMBERT, 2009; HALSON, 2014). O conceito de carga de treinamento refere-se ao estresse ou determinado estímulo ao qual o atleta é submetido, independente da modalidade de exercício empregada. Esses estímulos são caracterizados pelo volume e intensidade e são divididos em dois aspectos: carga externa de treinamento e carga interna de treinamento.

A carga externa pode ser definida como o trabalho realizado pelo atleta independente das respostas internas advindas do exercício (HALSON, 2014; NAKAMURA, 2010), ou seja, é o trabalho que podemos quantificar diretamente, realizado na sessão ou na somatória das sessões de treino propriamente dito. Em esportes coletivos, a carga externa pode ser medida através da utilização de dispositivos GPS ou acelerômetro, aparelhos que mensuram a distância percorrida, distância percorrida em alta velocidade além das acelerações e desacelerações desenvolvidas pelo atleta. Já a carga interna pode ser definida como as respostas metabólicas induzidas pelo treinamento que são decorrentes do nível de estresse imposto ao organismo decorrentes da carga externa de treinamento, ou seja, a carga interna de treinamento pode ser definida como variáveis psicofisiológicas impostas ao indivíduo durante a sessão de treinamento (IMPELLIZZERI et al., 2005, HALSON, 2014). Variáveis como

frequência cardíaca, concentração de lactato no sangue, consumo de oxigênio, percepção subjetiva de esforço (PSE) e escala de bem estar, são utilizadas para avaliar a carga interna (ROSCHEL, 2011).

Estas cargas de treinamento associadas com outras variáveis permitem a determinação de diferentes métricas de controle de treino como a monotonia de treinamento e tensão de treinamento (*train strain*). A monotonia de treinamento foi proposta com o sentido de se perceber a variação intrasemanal das cargas de treinamento e é calculada pela relação entre média da carga semanal (7 a 10 dias) pelo desvio padrão ao longo do mesmo ciclo (FOSTER, 1998). Nesta medida, quanto menor o valor da monotonia de treinamento, maior será a variação intrasemanal de carga enquanto que, quanto maior o valor de monotonia de treinamento menor a variação da carga intra semanal. Uma recente revisão sistemática apresentou uma associação entre valores elevados de monotonia de treinamento e uma alta probabilidade de lesão muscular no futebol (RICO-GONZALES et al., 2022). Além disso, os valores de monotonia oscilam ao longo da temporada (NOBARI et al., 2022). Um achado na literatura aponta que os valores de monotonia são elevados no meio e ao final de uma temporada (NOBARI et al., 2022), tendo os alas e atacantes como os atletas que apresentam maiores valores quando comparado ao restante do elenco (NOBARI et al., 2022). Portanto, quanto menor a variação de carga intrasemanal maior o risco de o atleta apresentar a síndrome do supertreinamento (*overtraining*) e como consequência a diminuição de desempenho e o aumento no risco de lesão, porém esses valores são sensíveis ao momento da temporada e posição do atleta.

Além da monotonia, a tensão de treinamento (*train strain*) também é uma das métricas de controle da carga de treinamento. A tensão de treinamento é determinada pelo produto da carga de treinamento (PSE x tempo da sessão de treinamento) pela monotonia de treinamento e, a relação entre estas métricas pode causar um efeito negativo nas adaptações ao treinamento. Evidências preliminares têm sugerido que a incidência de pequenas infecções podem ser indicadores iniciais do surgimento da síndrome do “*overtraining*” e estão diretamente relacionadas a altos valores de tensão de treinamento (FOSTER 1998). Vale a pena ressaltar que durante uma temporada inteira o nível de tensão de treinamento é maior nos atletas que começam jogando quando comparado aos atletas que entram no decorrer das partidas (NOBARI et al., 2022). A literatura aponta que a exposição a elevados valores de tensão de treinamento são associados com grandes probabilidades de desenvolvimento de lesão muscular

(DELECROIX et al., 2019). Neste sentido, os atletas que costumam jogar com mais frequência estão mais propensos ao desenvolvimento de lesão que os atletas com menos jogos ao longo da temporada. Além disso, a literatura mostra que os valores de tensão de treinamento são mais pronunciados em atacantes e alas e durante o meio e final de temporada (NOBARI et al., 2022). Portanto, valores exacerbados de tensão de treinamento podem tornar mais provável o desenvolvimento de lesão muscular, prejudicando o desempenho atlético dos jogadores.

#### **2.4 Razão aguda crônica**

A razão de carga de trabalho aguda: crônica (*acute:chronic workload ratio ACWR*) é um índice da carga de trabalho aguda em relação às cargas de trabalho crônicas cumulativas. O monitoramento de cargas de trabalho físicas usando o ACWR surgiu e foi hipotetizado como uma ferramenta útil para treinadores e atletas otimizarem o desempenho, visando reduzir o risco de lesões causadas por carga potencialmente evitáveis (ANDRADE et al., 2020). Para entender melhor essa relação entre as cargas, os pesquisadores das ciências do esporte centraram esforços nos últimos anos para entender a dependência entre cargas aguda e crônica. O objetivo é auxiliar os treinadores com informações que pudessem aumentar o estado de desempenho dos atletas e diminuir os riscos de lesão.

Embora o ACWR atue como um marcador da preparação do atleta com base nas mudanças nas atividades diárias e semanais (GABBETT et al., 2018), a medida convencional é na verdade uma proporção (ou seja, a quantidade que uma parte representada em relação ao todo), em vez de uma medida real de mudança. O denominador do ACWR (carga crônica) normalmente inclui 4 semanas de carga. O numerador (carga aguda) normalmente inclui a semana mais recente, representando uma parte do denominador (WANG et al. 2020). Como a atividade realizada como parte da carga aguda é incluída no cálculo da carga crônica, esta forma de ACWR é uma medida "matematicamente acoplada" que muitas vezes subestima a mudança.

Contudo, estudos realizados por Bowen et al. (2016) em jogadores amadores de futebol e o estudo de Esmaeili et al. (2018) em jogadores profissionais de futebol australiano utilizando a ACWR concluíram que, o acúmulo de cargas agudas com valores médios de ACWR altos aumentaram a incidência de lesão. Por outro lado, o aumento progressivo das médias das cargas crônicas pode desenvolver adaptações fisiológicas que permitirão uma maior tolerância ao aumento das cargas agudas e uma

possível diminuição na incidência de lesões. Concluíram também que, a utilização de média móvel exponencialmente ponderada é mais precisa e com valores médios maiores que as medidas utilizando somente a média móvel.

Portanto, o controle das cargas de treinamento por meio da ACWR, pode vir a ser uma ferramenta eficiente para minimizar a ocorrência de lesões, e também se tornar uma ferramenta importante para identificação de *overtraining*, assim como para determinação das estratégias de recuperação e verificação das alterações metabólicas provenientes do estresse fisiológico. Essa afirmação pode ser embasada em uma evidência que aponta maiores riscos de lesão em atletas que apresentaram valores  $<1$  a  $>1,25$  (MALONE et al., 2017). O *overtraining*, também conhecido como Síndrome do Sobre-treinamento, é caracterizado pela perda de desempenho decorrente de um treinamento excessivo e prolongado, seja por volume ou intensidade muito elevados e/ou recuperação inadequada (WEINECK, 2000). Isso pode acontecer devido ao *overtraining* ser considerado uma condição complexa caracterizada por um grupo de sintomas e anormalidades patofisiológicas que refletem incapacidade de desempenho em ciclos normais de regeneração (FOSTER, 1998). Contudo, um achado aponta que calculando a ACWR através da carga interna baseada na PSE não foi encontrada uma associação significativa com risco de lesão musculoesquelética (RAYA-GONZÁLEZ et al., 2019). Portanto, a ACWR pode representar risco de lesão, mas essa afirmativa depende da variável utilizada para calcular a razão.

## **MÉTODOS**

### 3 MÉTODOS

#### 3.1 Tipo de Estudo

Estudo analítico observacional longitudinal.

#### 3.2 População e Amostragem

Participaram do estudo 40 jogadores de futebol profissional do sexo masculino (idade  $18,91 \pm 0,82$  anos; estatura  $179,89 \pm 7,40$  cm; massa corporal  $71,92 \pm 7,06$  Kg) pertencentes a uma equipe da primeira divisão do campeonato brasileiro, com contrato profissional registrado na confederação brasileira de futebol (CBF), maiores de 18 anos, sem lesão ou em tratamento fisioterápico. No estudo os jogadores foram caracterizados em diferentes grupos, de acordo com a convocação e participação (minutos jogados) nas partidas. O Grupo 1 (G1) corresponde aos jogadores relacionados e que iniciaram a partida, também denominados como titulares podendo estes, serem substituídos no transcorrer da partida. Em nosso estudo a média de tempo total das partidas foi de  $97,12 \pm 2,53$  min. O Grupo 2 (G2) refere se aos jogadores que foram convocados, porém não iniciaram a partida, denominados como reservas. Esses jogadores, de acordo com a demanda, fosse ela técnica, tática ou física, participaram ou não da partida e apresentam diferentes valores nos minutos jogados. Em nosso estudo a média de minutos jogados dos jogadores reservas nas 8 partidas analisadas foi de  $30,07 \pm 9,02$  min.). Finalmente, o grupo 3 (G3) são os jogadores não relacionados ou não convocados para a partida. A estes jogadores, na tentativa de minimizar a diferença de carga de treinamento e jogo semanal, foi programado sessão de treinamento no dia de jogo. Todos os jogadores pertencentes ao G1, G2 ou G3 foram submetidos as mesmas sessões de treinamento até o dia que antecede a partida (MD -1). No dia posterior a partida (MD +1) os jogadores do grupo 1, ou que participaram mais de 45 minutos na partida foram submetidos a um treinamento recuperativo na sala de musculação, enquanto que, os jogadores do grupo 2 que participaram menos de 45 minutos no jogo assim como, os jogadores do grupo 3 que não participaram do jogo foram submetidos a sessão de treinamento físico técnico ou técnico tático em campo. Durante as 8 (oito) partidas analisadas não foi registrada substituição de jogadores antes dos 45 minutos iniciais de partida. A todos os jogadores foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para assinatura e consentimento de participação no desenvolvimento da pesquisa (Apêndice A), contendo informações sobre os riscos e benefícios na participação no estudo estando este livre para

interromper sua participação no estudo quando achar conveniente. Este estudo faz parte de um projeto universal e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) sob o número de CAAE 55909822.5.0000.501, e foi conduzido de acordo com a Declaração de Helsinki.

### **3.3 Desenho Experimental**

O estudo foi conduzido de forma observacional, sem intervenção, durante nove semanas (Setembro 2022 a Outubro 2022) nas quais os jogadores foram submetidos a sessões de treinamentos e partidas durante a 3<sup>a</sup>. e 4<sup>a</sup>. Fases classificatória e Fase Semifinal do Campeonato Paulista de Futebol categoria sub 20 da temporada de 2022. A programação entre as sessões de treinamento e jogos foi planejada e aplicada pela comissão técnica do clube seguindo calendário de jogos elaborado pela Federação Paulista de Futebol. Durante as sessões diárias de treinamentos e durante as partidas foram obtidos dados como: tempo de treinamento (em min), tipo de treinamento (físico, técnico ou tático), intensidade de carga de treinamento de cada atleta ou *player load* (em unidades arbitrárias; u.a.), distâncias percorridas em alta intensidade, ou seja, corridas com velocidade acima de 20 Km/h (m), número de acelerações e desacelerações (m/s<sup>2</sup>).

Primeiramente foi apresentado aos jogadores a finalidade e o protocolo de aplicação do estudo, a leitura e assinatura do TCLE. Posteriormente foi realizada coleta após um período de repouso de 48 horas. Foi realizada a primeira coleta de 25 ml de urina para determinação dos valores de concentração basal (*baseline*) dos metabólitos e verificação do perfil metabólico dos jogadores (digital metabólica). Durante o período de nove semanas que foram constituídas com 1 partida por semana, foram realizadas coletas de 25 ml de urina 24 horas antes da partida, ou seja, após a última sessão de treinamento que antecedeu a partida (MD -1) e 24 horas após a partida, ou seja, antes da primeira sessão de treinamento que sucedeu a última partida (MD +1), para análise do impacto metabólico e das respostas metabólicas dos jogadores aos treinamentos e partidas.

### **3.4 Determinação da carga de treinamentos e de partidas**

Para determinação das cargas externas das atividades, todos os jogadores utilizaram durante todas as sessões de treinamento e durante todas as partidas da temporada um aparelho *ground positional system* (GPS) da marca CATAPULT modelo OPTIMEYE S7 (Catapult, OPTIMEYE S7, Melbourne, Austrália) que forneceu informações sobre as cargas externas

como distância total percorrida (m), distância total percorrida em alta intensidade (m), acelerações ( $m/s^2$ ) e desacelerações ( $m/s^2$ ). Além dessas, o *software* também fornece a *player load* que corresponde a intensidade de carga de treinamento individual do jogador e é expressa em u.a. Este procedimento de utilização do aparelho GPS faz parte da rotina diária de monitoramento do treinamento das categorias de base e equipe profissional do mesmo clube. Ao término de cada sessão de treinamento e das partidas os dados coletados pelo aparelho são transferidos para um *software* desenvolvido pelo fabricante do equipamento (Open Field Console) capaz de fornecer mais de 400 métricas de análise de deslocamento que são organizados, analisados e apresentados em planilha gerando um relatório diário de treinamento. Este relatório contém dados das métricas individuais desenvolvidas pelos jogadores, assim como, valores das médias do grupo para cada métrica analisada. A partir deste relatório diário de treinamento os dados são inseridos num *dashboard* desenvolvido pelo departamento de fisiologia do clube que permite a interpretação e visualização dos volumes e intensidades diários, semanais, mensais e anuais das métricas selecionadas (Figura 1).



Figura 1. Figura ilustrativa do *dashboard* desenvolvido pelo próprio clube usado para controle de carga de treinamento, onde são apresentadas as médias das distâncias totais percorridas (m) nas sessões de treinamento e partida, das distâncias percorridas em alta intensidade em treinamentos e partida, médias diárias das cargas de treinamento individual (*player load*), relação entre treinamento de força e treinamento em campo na terceira semana do mês de Agosto.

### 3.5 ACWR de Treinamento

ACWR foi determinada através do cálculo da divisão entre a média da carga aguda no período sete dias (1 semana/microciclo) e a média da carga crônica do período de 28 dias (4 semanas/mesociclo) (GABBETT, 2016a) (Fórmula 1). Para determinação da ACWR será utilizada a fórmula de cálculo denominada **Acoplada**, modelo na qual a média da carga de trabalho aguda da semana atual de treinamento está inserida na média das cargas de trabalho crônica, ou seja, média de carga crônica de quatro semanas (Figura 2). Para determinação das médias das cargas foi utilizada fórmula de cálculo da média móvel exponencialmente ponderada. Os dados brutos extraídos da plataforma Open Field Console são apresentados em formato csv, que posteriormente são tratados para adequação a planilha Excell para melhor visualização.

Formula 1:

$$ACWR_{Acoplada} = \frac{\text{Média da carga aguda da semana atual (SA)}}{\text{Média da carga crônica (S1,S2,S3,SA)}}$$

	Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
S0					1	2	3
S1	4	5	6	7	8	9	10
S2	11	12	13	14	15	16	17
S3	18	19	20	21	22	23	24
SA	25	26	27	28	29	30	31

■ Carga Crônica      ■ Carga Aguda

Figura 2. Ilustração do calendário de treinamento e como os dias foram usados para calcular a ACWR.

### 3.6 Coletas de urina

As coletas foram realizadas a partir da 3a. Fase Classificatória do Campeonato Paulista sub 20 de Futebol 2022 (Figuras 3 e 4). Para determinar uma linha de base (perfil metabólico) em repouso dos jogadores, foi coletada 25 ml da primeira urina da manhã, antes do café da manhã e da sessão de treinamento, após um período de descanso de 48 horas. Foi orientado que os jogadores não ingerissem qualquer tipo de bebida alcoólica ou realizassem qualquer tipo de atividade física durante este período. Deste momento em diante, durante 8 semanas, foram coletadas amostras de urina 24 horas antes da partida, ou seja, após a última sessão de treinamento que antecedeu a partida (MD -1) e, 24 horas após cada partida, ou seja, antes da primeira sessão de treinamento após a partida (MD +1) realizada ao fim de um microciclo de treinamento para posterior análise e verificação da presença de metabólitos. As amostras foram coletadas em recipiente universal esterilizável Needs nos momentos pré e pós partidas, foram imediatamente congeladas a temperatura entre  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $-80^{\circ}\text{C}$  em compartimento preparado e enviadas por via aérea ao Departamento de Química da Universidade Federal de Alagoas para análise.

### 3.7 Preparação das Amostras

As amostras de urina foram levadas ao Instituto de Química da Universidade Federal de Alagoas para posterior análise. Dos 25 ml coletados após a partida, alíquotas de 1,5 ml foram retiradas e transferidas, individualmente, para tubos Eppendorf. Após isso, as amostras foram centrifugadas a 14.000 rpm (Hettich Zentrifugen, ROTANTA 460R) por 15 min; o sobrenadante foi transferido e armazenado em um freezer para posterior análise. Antes da análise, as amostras foram novamente centrifugadas a 14.000 rpm por 15 minutos para evitar a suspensão das amostras. Depois disso, 500  $\mu\text{L}$  de cada sobrenadante de amostra foram coletados e transferidos individualmente para um tubo de RMN de 5 mm. A cada amostra foram adicionados 200  $\mu\text{L}$  de uma solução tampão (tampão fosfato de sódio,  $\text{pH} = 7,4$ ) com 100% de  $\text{D}_2\text{O}$  e 1 mM de TSP (padrão de deslocamento).

Foi recomendado aos jogadores que evitassem qualquer tipo de atividade física intensa e ingestão de bebidas alcoólicas 24 horas antes da coleta desta amostra. Para coleta das amostras de urina foi distribuído para cada jogador do elenco um coletor universal Needs que foi preenchido com o mínimo de 25 ml de urina. Os jogadores foram orientados e tinham a liberdade de interromper a coleta caso não se sentissem confortáveis, não sentissem o desejo de urinar ou não conseguissem urinar a quantidade suficiente para análise (25ml).

As figuras 3 e 4 apresentam o cronograma de coletas de urina realizadas pré e pós partidas. As coletas pré partida foram realizadas após a última sessão de treinamento que antecedeu a partida enquanto que as coletas pós partida foram realizadas antes da

primeira sessão de treinamento que sucedeu a partida. As coletas foram realizadas somente pré e pós partidas oficiais pertencentes ao campeonato paulista sub 20 em 2022.

Calendário de Partidas						
SETEMBRO						
Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado	Domingo
29/ago	30/ago	31/ago	01/set	02/set	03/set	04/set
FOLGA		TREINO	TREINO	TREINO	SPFC x USAC TREINO	
05/set	06/set	07/set	08/set	09/set	10/set	11/set
Ponte Preta x SPFC FOLGA		TREINO	TREINO	TREINO SPFC x OESTE		SPFC x Ponte Preta
12/set	13/set	14/set	15/set	16/set	17/set	18/set
	TREINO	TREINO		Ska Brasil x SPFC	FOLGA	
19/set	20/set	21/set	22/set	23/set	24/set	25/set
TREINO	TREINO		SPFC x Penapolense		FOLGA	FOLGA
26/set	27/set	28/set	29/set	30/set	01/out	02/out
TREINO TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	TREINO

Figura 3. Representação do calendário de treinamentos, jogos e coletas ao longo do estudo.

OUTUBRO						
Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado	Domingo
26/set	27/set	28/set	29/set	30/set	01/out	02/out
TREINO TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	TREINO	FOLGA
03/out	04/out	05/out	06/out	07/out	08/out	09/out
TREINO		SPFC x Ponte Preta		FOLGA	TREINO	TREINO
10/out	11/out	12/out	13/out	14/out	15/out	16/out
TREINO	TREINO		Ponte Preta x SPFC		TREINO	TREINO
17/out	18/out	19/out	20/out	21/out	22/out	23/out
TREINO		5ª FASE		TREINO	TREINO	TREINO
24/out	25/out	26/out	27/out	28/out	29/out	30/out
TREINO TREINO		5ª FASE		TREINO	TREINO	TREINO

Figura 4. Representação do calendário de treinamentos, jogos e coletas ao longo do estudo.

### 3.8 Análise Estatística

Para análise da sensibilidade da ACWR em discriminar o perfil metabólico de jogadores de futebol ao longo de oito semanas de competição, foi realizada a PLS-DA nos momentos pré e pós jogo, usando como classes discriminantes os valores categóricos da ACWR, sendo abaixo de 0,8 (LOW), entre 0,8 e 1,3 (SWEETSPOT) e acima de 1,3 (HIGH). Para análise do efeito da participação em jogos sobre a sensibilidade da ACWR em discriminar perfis metabólicos, os jogadores foram divididos nos grupos, sendo Grupo 1 (G1) jogadores relacionados e que iniciaram a partida, também denominados como titulares podendo ser substituídos no transcorrer da partida. Em nosso estudo a média de tempo total das partidas foi de  $97,12 \pm 2,53$  min. O Grupo 2 (G2) refere se aos jogadores que foram convocados, porém não iniciaram a partida, denominados como reservas. Esses jogadores, de acordo com a demanda, fosse ela técnica, tática ou física, participaram ou não da partida e apresentam diferentes valores nos minutos jogados. Em nosso estudo a média de minutos jogados dos jogadores reservas nas 9 partidas analisadas foi de  $30,07 \pm 9,02$  min.). O grupo 3 (G3) são os jogadores não relacionados ou não convocados para a partida e aplicados a PLS-DA na amostra de cada grupo, também nos momentos pré e pós jogo. Ainda, para verificar a sensibilidade da ACWR em comparar perfis metabólicos em momentos diferentes do processo de treinamento, a PLS-DA foi aplicada em todos os jogadores, os dividindo por data da coleta (pré e pós cada jogo). Por fim, para verificar a sensibilidade da ACWR em discriminar perfis metabólicos quando somado o efeito da participação em jogos e o momento em que o jogo aconteceu, a PLS-DA também foi aplicada dividindo a amostra no G1 e em cada jogo em separado.

## **RESULTADOS**

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização da carga de treinamento

Considerando a ausência de diferença estatística entre as diferentes métricas de carga externa usadas para calcular a ACWR, foi utilizada a distância total percorrida como parâmetro para as análises subsequentes. A mudança de métrica de carga externa (Player Load, acelerações, desacelerações, distância em alta intensidade, número de sprints) para cálculo da ACWR não influenciou nos resultados de separação Metabolômica nas análises que serão apresentadas na sequência.

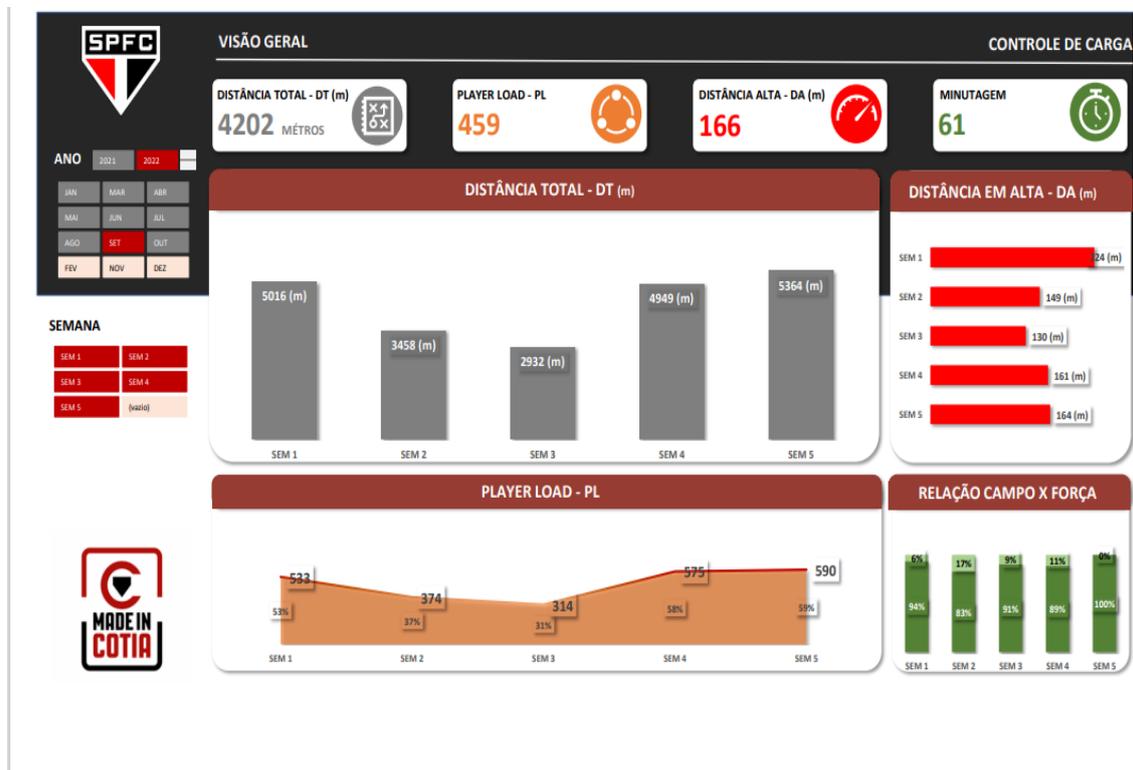


Figura 5. Médias semanais das distâncias totais percorridas (m) nas sessões de treinamento e partidas, das distâncias percorridas em alta intensidade em treinamentos e partida, médias semanais das cargas de treinamento individual (*player load*), relação entre treinamento de força e treinamento em campo semanais no mês de Setembro.

Os atletas alcançaram nas sessões de treinamentos e partidas ocorridas ao longo do mês de Setembro a média de 4202 m em distância total percorrida, 166m em distâncias percorridas em alta intensidade, 459u.a. de carga individual de treinamento. Observa-se que a semana 5 se caracterizou como o período de cargas mais elevadas em distância total percorrida (5360 m) e carga individual de treinamento (*player load*) (590

u.a.) e a semana 1 apresentou se como o período com a maior distância percorrida em alta intensidade entre as métricas analisadas.

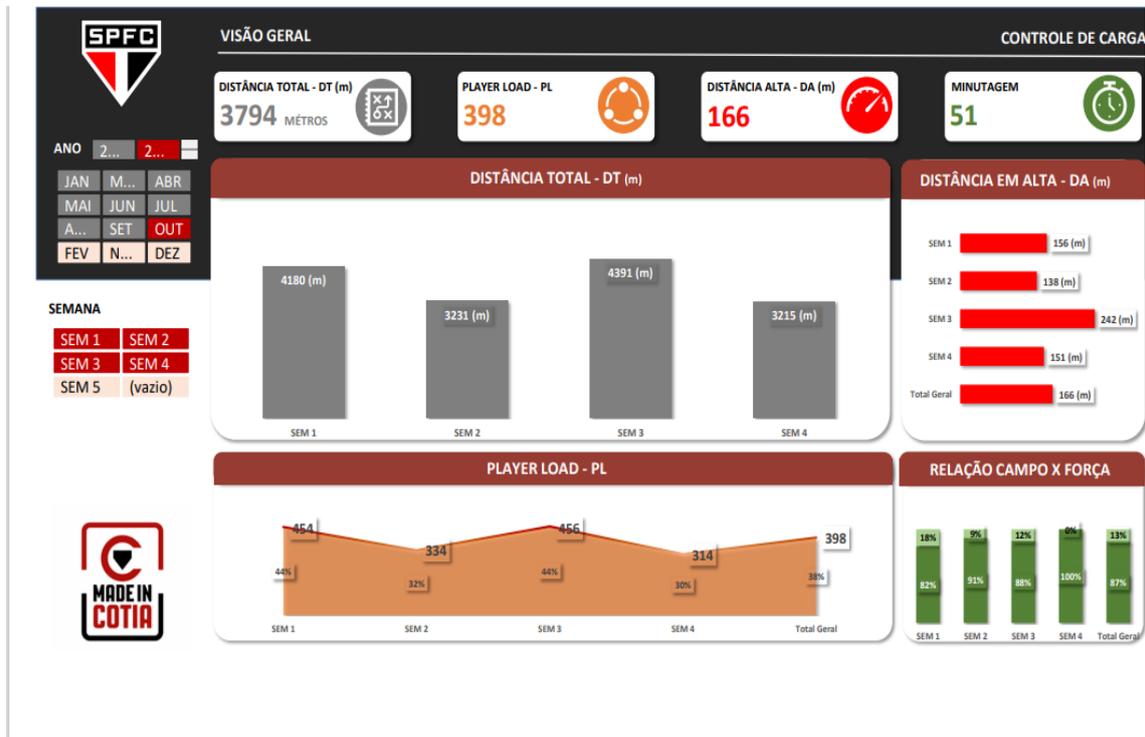


Figura 6. Médias semanais das distâncias totais percorridas (m) nas sessões de treinamento e partidas, das distâncias percorridas em alta intensidade em treinamentos e partida, médias semanais das cargas de treinamento individual (*player load*), relação entre treinamento de força e treinamento em campo semanais no mês de Outubro.

Os atletas alcançaram nas sessões de treinamento ocorridas ao longo do mês de Outubro valores médios semanais de 3794 m em distância total percorrida, 290 m em distâncias percorridas em alta intensidade, 705 u.a. de carga individual de treinamento. Observa se que a semana 3 apresentou os maiores valores de cargas em todas as métricas analisadas.

## 4.2 Capacidade de separação de perfil metabólico pela ACWR

### 4.2.1 Todos os jogos – condição pré e pós jogo

Não foi possível observar qualquer separação do perfil metabólico usando as classes da ACWR – LOW, SWEETSPOT, HIGH – como fator de discriminação quando considerados todos os jogadores analisados nos momentos pré jogo (Figura 7-A) e pós jogo (Figura 7-B).

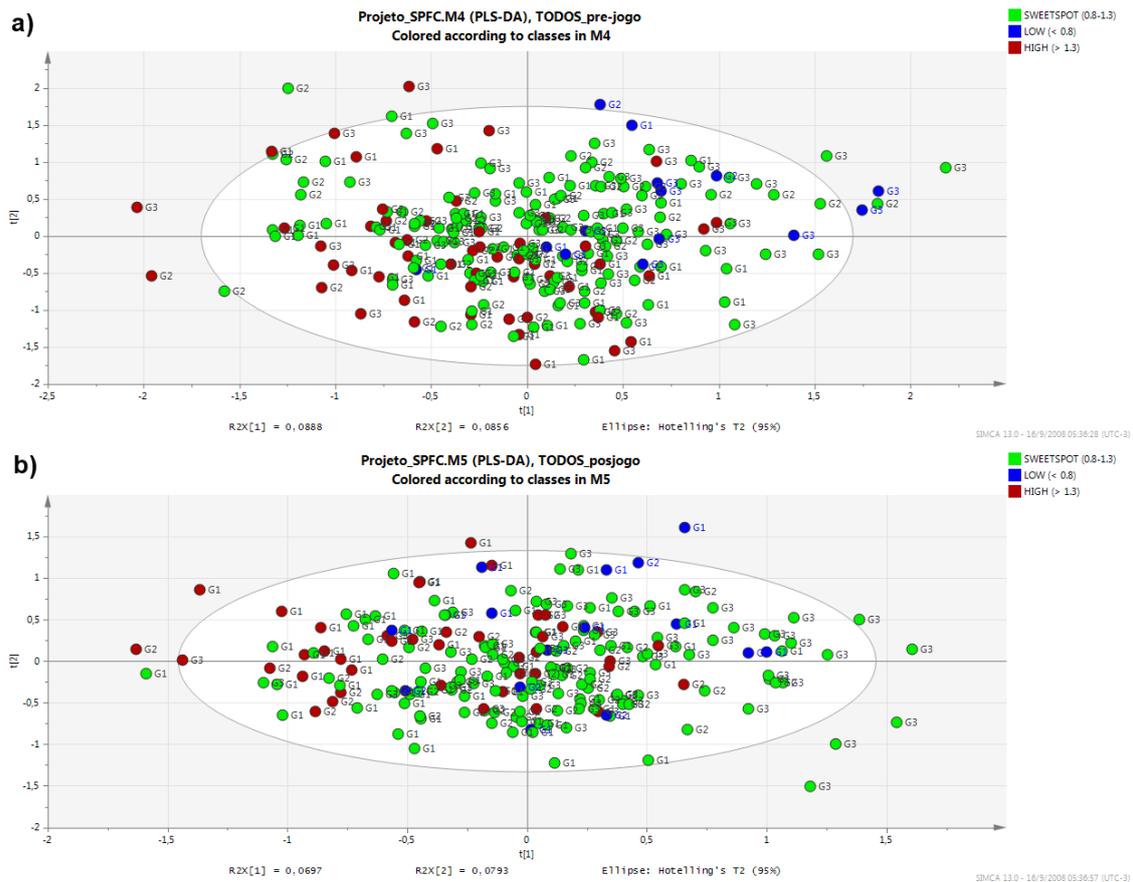


Fig. 7 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando todos os sete jogos para os momentos pré-jogo (painel a) e pós (painel b). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

### 4.2.2 Todos os jogos – Efeito da divisão em grupos G1, G2 e G3

Quando o Grupo foi separado em G1 (Figura 8), G2 (Figura 9) e G3 (Figura 10), os momentos pré e pós jogo demonstraram alguma evolução na separação dos grupos a

partir da PLS-DA, principalmente considerando os grupos LOW e HIGH, porém ainda muito misturados ao grupo SWEETSPOT.

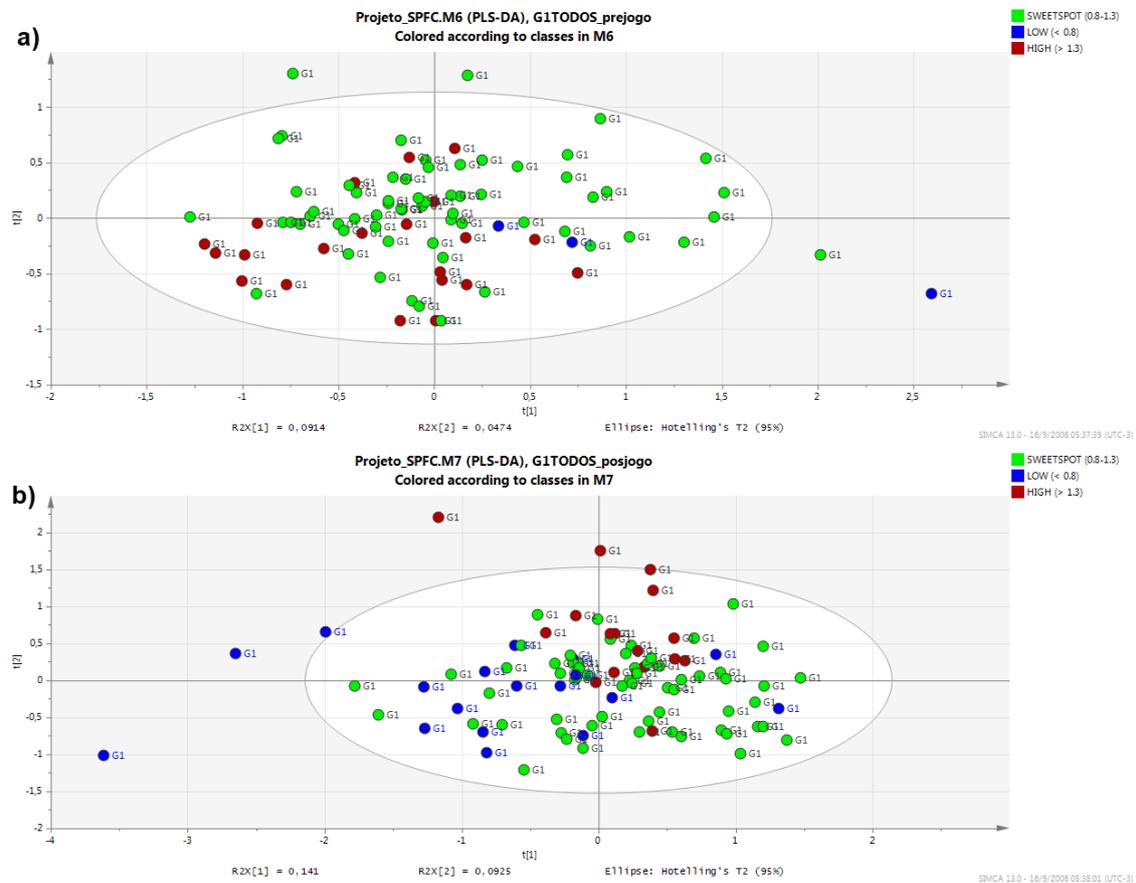


Fig. 8 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando todos os jogadores do grupo G1 nos momentos pré (a) e pós-jogo (b) de todos os jogos unificados. As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

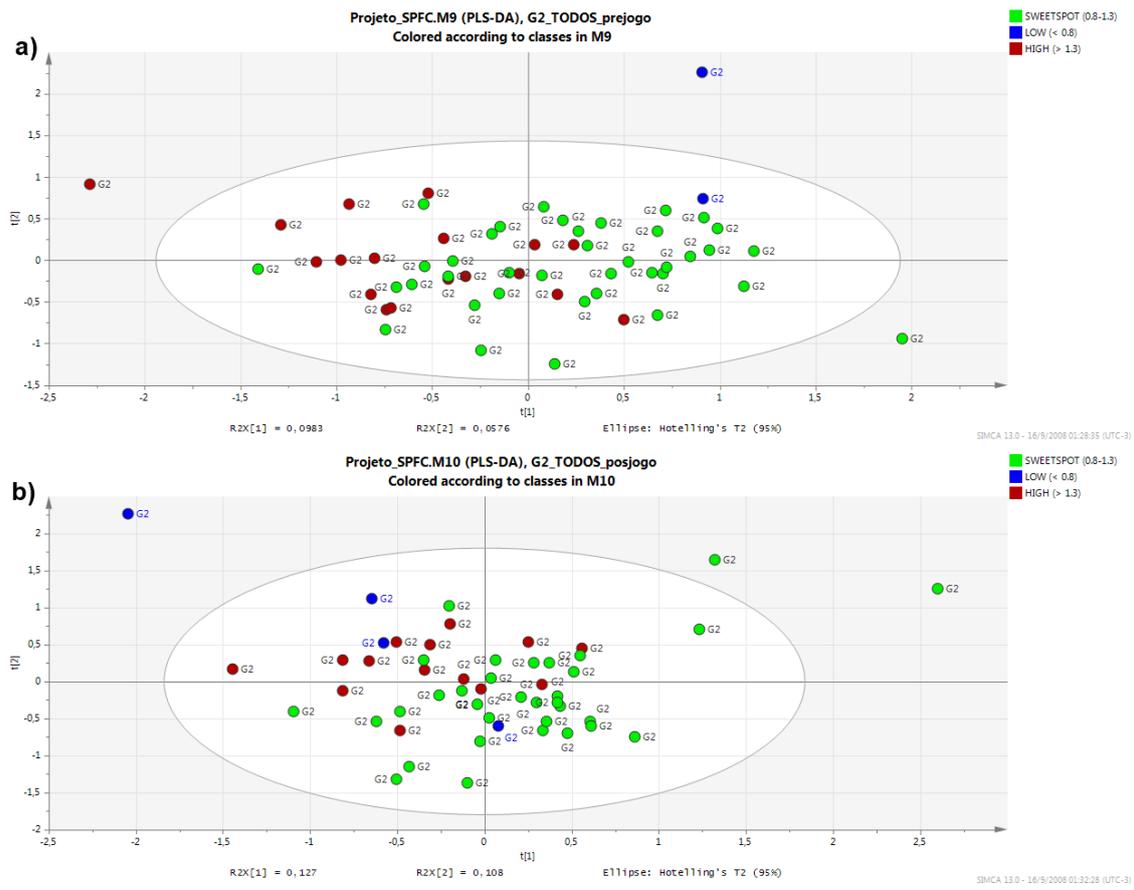


Fig. 9 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando todos os jogadores do grupo G2 nos momentos pré (A) e pós-jogo (B) de todos os jogos unificados. As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

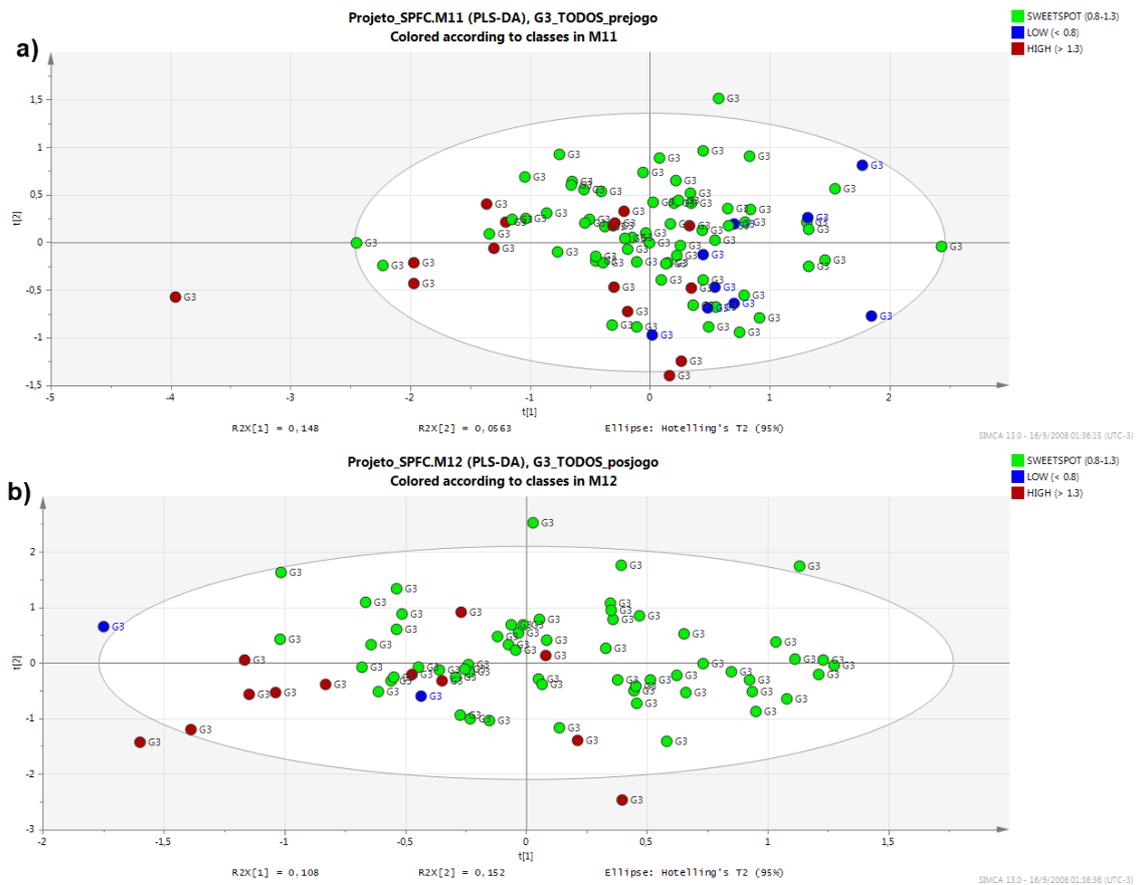


Fig. 10 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando todos os jogadores do grupo G3 nos momentos pré (A) e pós-jogo (B) de todos os jogos unificados. As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

#### 4.2.3 Todos os grupos – Efeito da divisão dos jogos

As Figuras 11, 12 e 13 apresentam a tentativa de discriminância dos perfis metabólicos quando considerados os jogos em separado, mas sem divisão dos grupos G1, G2 e G3. Apesar das análises prévias não apresentarem perceptíveis separações dos metabolômas, a PLS separou ligeiramente melhor os perfis metabólicos quando foram considerados apenas os momentos pré ou pós-jogo para cada jogo de acordo com os valores alcançados via ACWR, mesmo mantendo os grupos G1, G2 e G3 na mesma análise. Dessa maneira, é possível constatar que, para essa amostra, a divisão por momentos do treinamento (momento em que aconteceram os jogos) tornou a amostra mais passível de separação pelas classes da ACWR, quando comparada com a divisão

por grupos (G1, G2 e G3), que desconsidera quando as coletas foram feitas ao longo da etapa de treinamento.

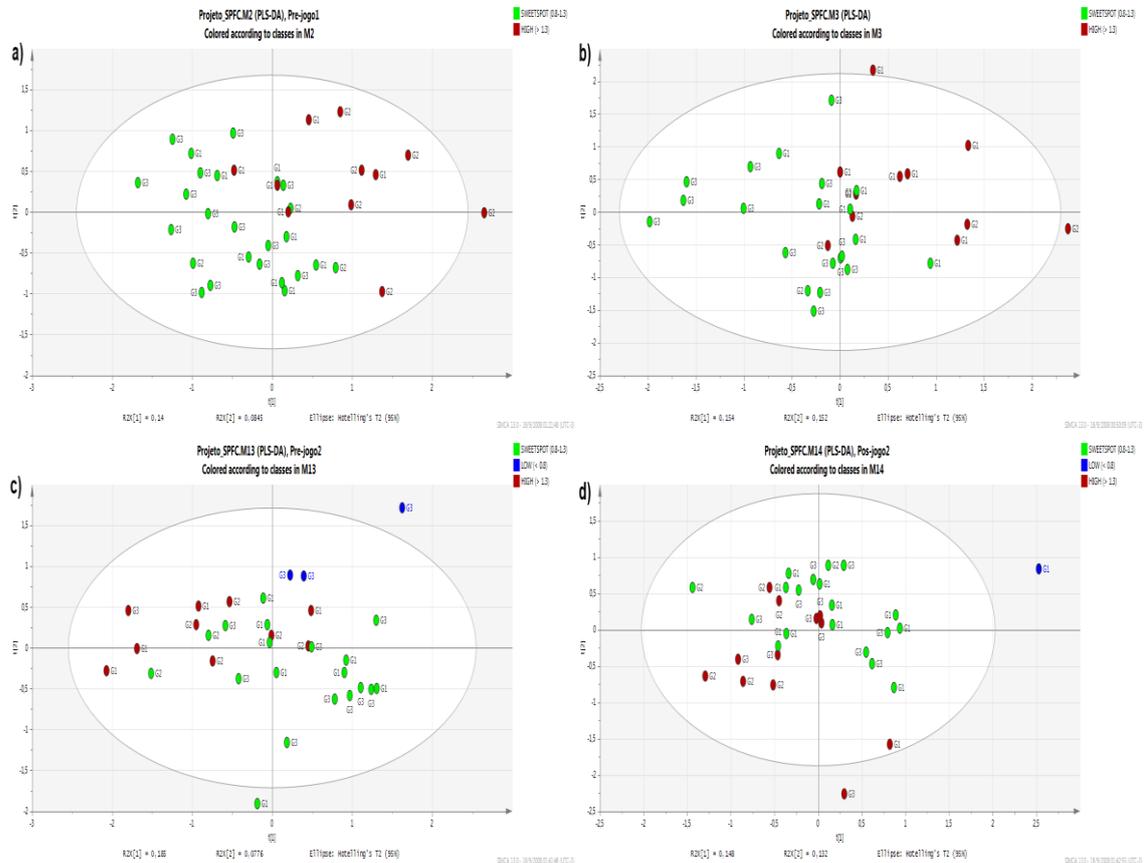


Fig. 11 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando os momentos pré e pós-jogo do 1º e 2º jogo, sendo pré-jogo 1 (painel a), pós-jogo 1 (painel b), pré-jogo 2 (painel c) e pós-jogo 2 (painel d). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

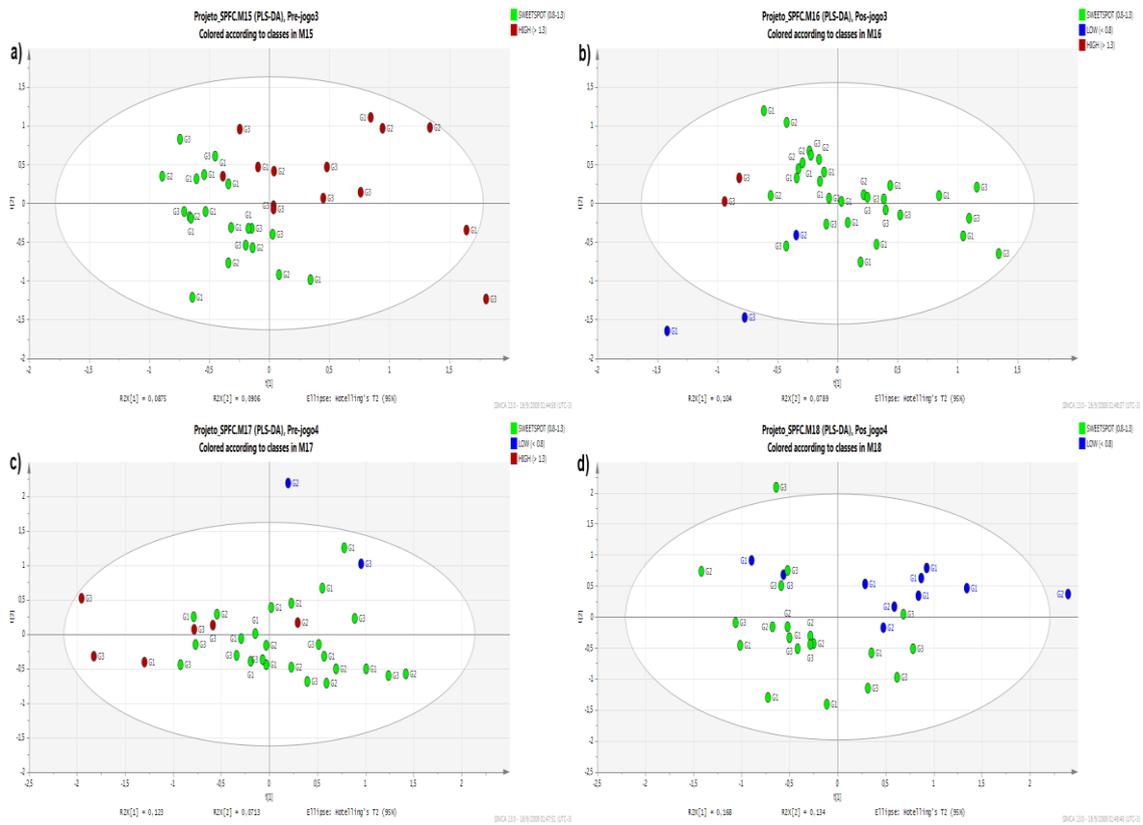


Fig. 12 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando os momentos pré e pós-jogo do 3º e 4º jogo, sendo pré-jogo 3 (painel a), pós-jogo 3 (painel b), pré-jogo 4 (painel c) e pós-jogo 4 (painel d). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

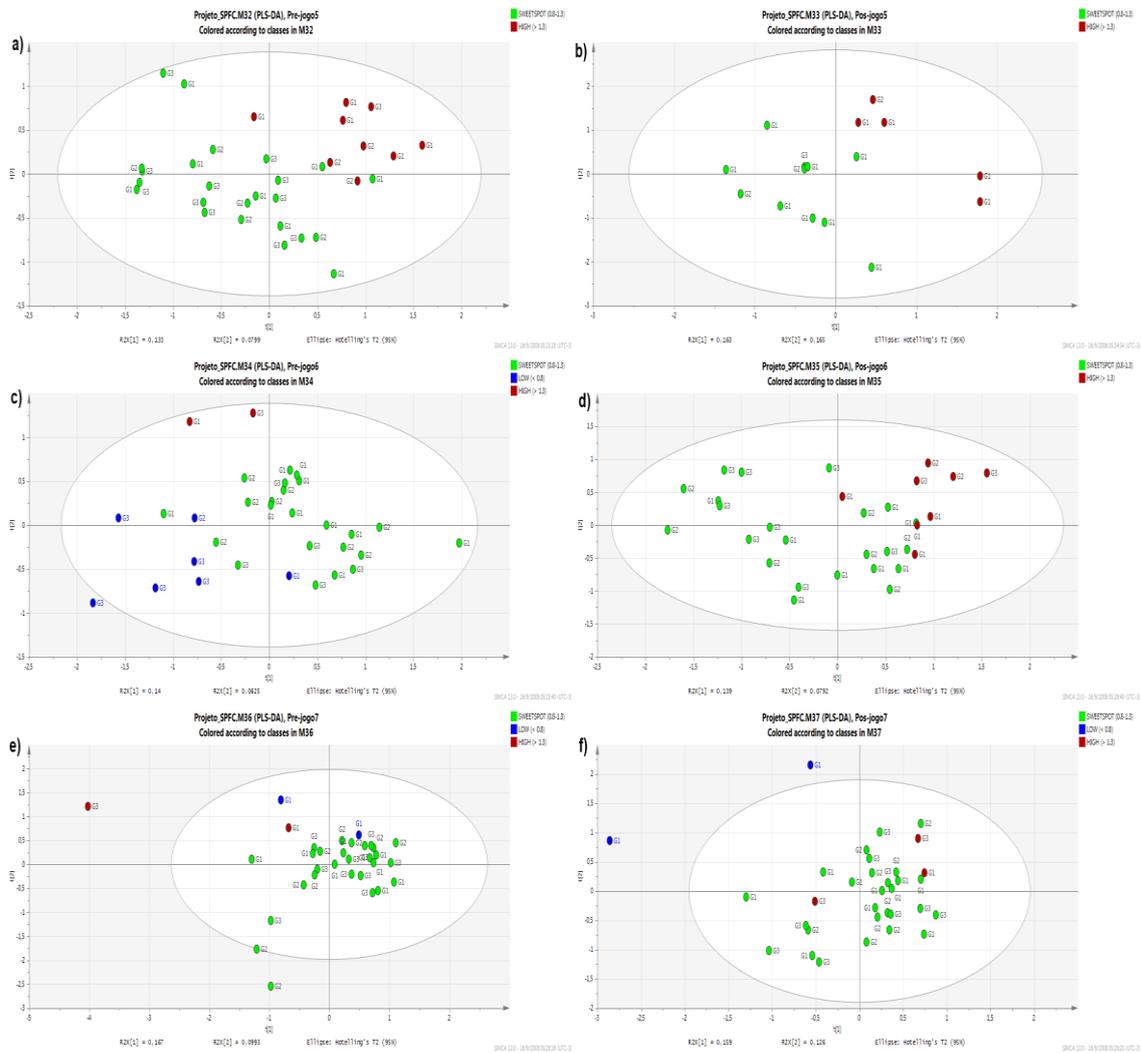


Fig. 13 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando os momentos pré e pós-jogo do 5° ao 7° jogo, sendo pré-jogo 5 (painel a), pós-jogo 5 (painel b), pré-jogo 6 (painel c), pós-jogo 6 (painel d), pré-jogo 7 (painel e) e pós-jogo 7 (painel f). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

#### 4.3.4 Efeito da divisão em grupos + efeito da divisão em jogos

Quando foi considerado apenas o grupo que participou efetivamente dos jogos (ou seja, G1), a PLS-DA foi capaz de distinguir efetivamente diferentes alterações metabólicas nos atletas que apresentaram distintos valores de ACWR em cada jogo observado (Figura 14; Figura 15). Dessa forma, para aplicação longitudinal da Metabolômica em um grupo de jogadores de futebol, mesmo quando submetidos ao mesmo regime de treinamento, é importante considerar que a participação maior ou

menor nos jogos afeta a sensibilidade da ACWR em discriminar o perfil metabólico dos jogadores. Além disso, o mais adequado para um melhor uso da ACWR como ferramenta de carga externa, do ponto de vista das alterações internas que ela provoca, é não comparar diferentes jogadores em diferentes momentos de treinamento, para evitar a diminuição da sensibilidade da ACWR em discriminar o estado metabólico do jogador.

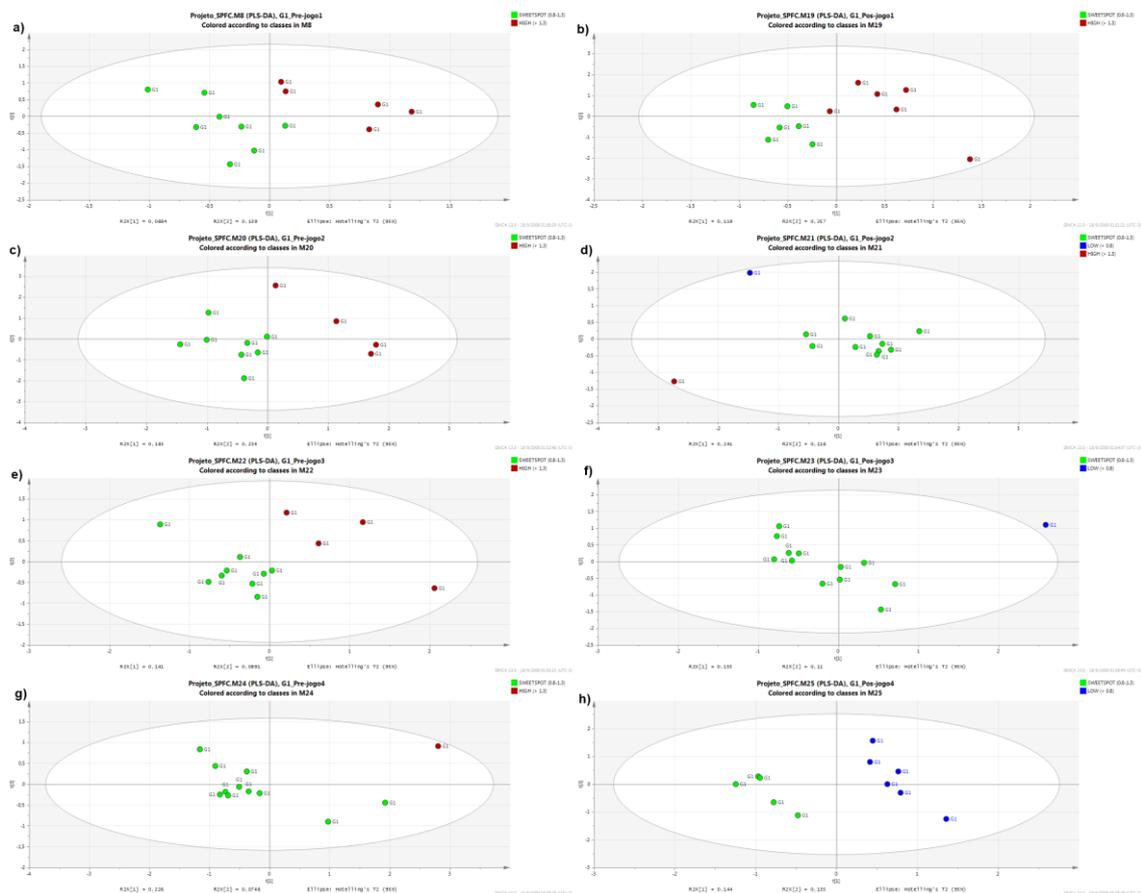


Fig. 14 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando os momentos pré e pós apenas do G1 do 1º ao 4º jogo, sendo pré-jogo 1 (painel a), pós-jogo 1 (painel b), pré-jogo 2 (painel c), pós-jogo 2 (painel d), pré-jogo 3 (painel e), pós-jogo 3 (painel f), pré-jogo 4 (painel g) e pós-jogo 4 (painel h). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

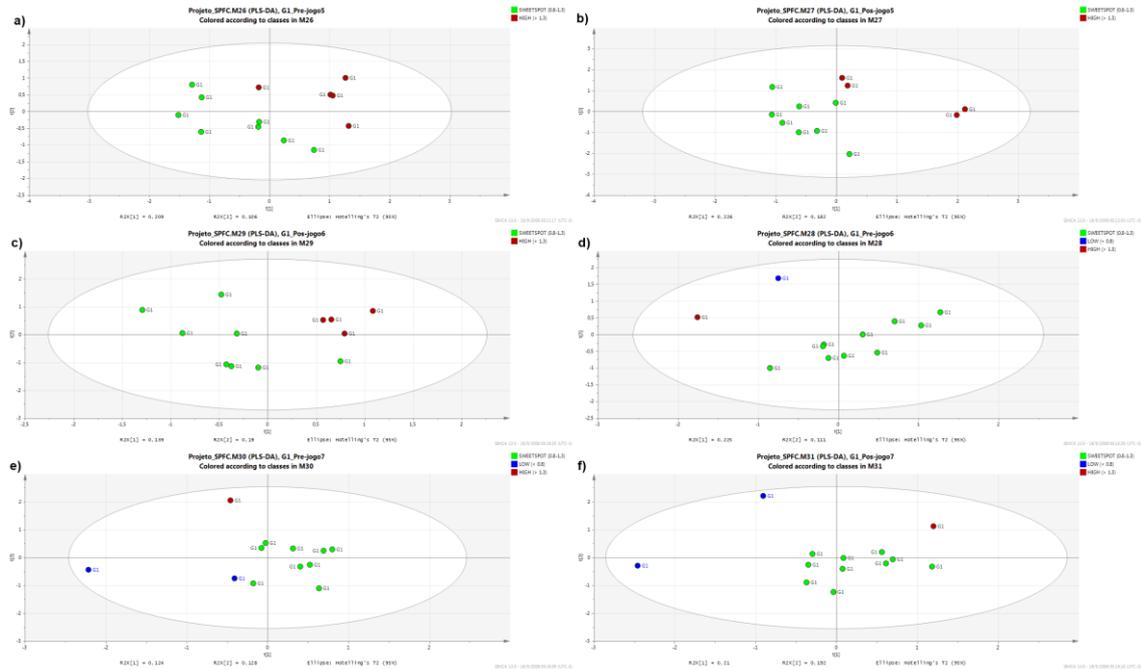


Fig. 15 – PLS realizado para as amostras coletadas considerando os momentos pré e pós apenas do G1 do 5º ao 7º jogo, sendo pré-jogo 5 (painel a), pós-jogo 5 (painel b), pré-jogo 6 (painel c), pós-jogo 6 (painel d), pré-jogo 7 (painel e) e pós-jogo 7 (painel f). As cores demarcam as classes propostas para ACWR calculada a partir da distância percorrida, sendo verde a classe ideal (ACWR entre 0,8 e 1,3), azul a classe abaixo (ACWR < 0,8) e vermelho a classe acima (ACWR acima de 1,3).

## **DISCUSSÃO**

## 5 DISCUSSÃO

A ACWR tem sido utilizada ao longo dos anos como ferramenta para o controle de treinamento em esportes de alto rendimento (SOLIGARD et al. 2016). Porém, sua principal finalidade é identificar o risco de lesão associado ao controle de carga de treinamento (GABBETT, 2016). Nenhum estudo, até o presente momento tem associado a ACWR com as alterações metabólicas provocadas pelo o exercício agudo ou crônico (carga interna). Essa relação faria sentido a partir da noção de que alterações metabólicas são esperadas antes do acontecimento de lesões por estresse, e que potencialmente poderiam ser percebidas pela análise do perfil metabólico dos jogadores. Portanto, em nosso estudo o objetivo foi investigar se ACWR pode ser utilizada como ferramenta de predição de estresse metabólico por meio de análise da metabólica em jogadores da categoria sub 20 de um clube profissional de futebol. Por se tratar de uma ferramenta de controle de carga, que sugere uma zona ótima para minimizar o risco de lesão (0,8 u.a. – 1,3 u.a.), nossa hipótese baseou em que a ACWR poderia identificar ou discriminar padrões metabólicos de acordo com a demanda e exposição as cargas de treinamento e partida nos diferentes grupos (G1, G2 e G3) que compõem o elenco de jogadores de uma equipe de futebol profissional.

Os valores médios para as métricas observadas em treinamentos e partidas são apresentados nas figuras 5 e 6 e observamos que a terceira semana do mês de Outubro os valores médios foram maiores para todas as métricas analisadas. Coincidentemente este fato ocorreu na semana que antecedeu partidas decisivas para classificação, com adversários considerados com um nível técnico mais elevado e terminaram com resultados de derrota diferente dos resultados encontrados no estudo de Gonzalez et al. (2021) que observou cargas de treinamento menores e resultados de vitória com adversários considerados com um nível técnico mais elevado. Estes achados corroboram com estudos que verificaram que as cargas externas e internas de treinamento sofrem influências de fatores contextuais da partida como, local da partida, nível do adversário e o resultado da partida que antecede o período de treinamento (BRITO et al., 2016; RAGO et al., 2019; GONÇALVES et al. 2020).

Com relação a capacidade de separação do perfil metabólico pela ACWR, quando considerados todos os jogadores analisados nos momentos pré e pós jogo, não foi possível verificar com clareza a separação das classes LOW (abaixo de 0,8 u.a.),

SWEETSPOOT (entre 0,8 u.a. e 1,3 u.a.) e HIGH (acima de 1,3 u.a.) (fig. 7A e 7B), quando desconsideradas as divisões de grupos (G1, G2 e G3), e diferentes partidas. Logo, é possível que fatores contextuais além da ACWR, como a natureza dos esforços dos diferentes grupos (participar ou não dos jogos), ou até mesmo a natureza das partidas jogadas (tipo de adversário, contexto da partida no campeonato) atuem para confundir a separação Metabolômica dos grupos quando baseada apenas em um valor de controle de carga externa como a ACWR.

Estudo realizado por Barreira et al. (2022) observando diferentes grupos de jogadores sub 23 (G1 titulares, G2 suplentes e G3 não convocados) de uma equipe de futebol em Portugal, em diferentes períodos da temporada (P1, P2, P3 e P4), encontrou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para distância total percorrida, minutos jogados, número de acelerações e desacelerações entre titulares e não titulares durante a temporada ( $d = 0,3$  a  $1,08$ ) e também entre os períodos da temporada ( $d = 0,59$  a  $1,68$ ). O mesmo estudo verificou diferenças entre titulares (G1) e não convocados (G3) no número de acelerações no P2 ( $p = 0,03$ ;  $d = 0,69$ ), distância total percorrida ( $p = 0,006$ ;  $d = 1$ ) e minutos jogados ( $p = 0,006$ ;  $d = 0,95$ ) no P3, evidenciando a diferença na carga externa de jogo entre titulares e não titulares e enfatizando a necessidade de treinamento complementar para os atletas com pouco tempo de exposição ao jogo. Isso suporta a noção de que a natureza da participação nos jogos pode influenciar em como os jogadores são separados pelas análises de PLS, dificultando a comparação entre jogadores titulares, reservas e não relacionados dentro de um mesmo grupo.

Outros elementos contextuais do futebol também precisam ser levados em consideração. O estudo realizado por Silva et al. (2011) verificou alterações significativas da influência do tempo de exposição ao jogo nos parâmetros físicos de jogadores de futebol em diferentes blocos da temporada. Nesse estudo os resultados demonstraram melhora significativa no salto contramovimento e no teste de YoYo intermitente 2 entre os blocos 1 e 2 ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,01$ ) e também no tempo na corrida de 30 metros entre os blocos 2 e 3 ( $p < 0,01$ ). Observou-se também, aumento na taxa de força de quadríceps e melhor desempenho no teste de agilidade nos blocos 1, 2, 3 e 4 ( $p < 0,05$  –  $0,01$ ) demonstrando uma interrelação entre força muscular, sprint e capacidade de salto sugerindo a necessidade de treinamento que provoquem adaptações metabólicas que supram as demandas físicas do futebol como força e potência. Esses resultados suportam a noção de que outro elemento contextual – o de momento da temporada –

pode influenciar no estresse metabólico dos jogadores, dificultando a comparação de partidas realizadas ao longo de uma temporada.

Indo no mesmo sentido, sabe-se que a carga externa gera um estresse metabólico (carga interna) que necessita de respostas psicofisiológicas adequadas para suprir as exigências de treinamentos e partidas (IMPELLIZERI & MARCORA, 2018). Estudos utilizando a percepção subjetiva de esforço (PSE) para determinação da carga interna de trabalho em jogadores de futebol, tem demonstrado grande correlação entre a carga de treinamento e jogos com a PSE (IMPELLIZERI et al. 2005; GONÇALVES et al. 2020, MARINHO et al. 2021, MENDES et al. 2022). Além destes, um estudo de Becker et al. 2020 verificou variações individuais de biomarcadores (Uréia, CK, Proteína C-reativa) em jogadores sub 19 da liga alemã de futebol, como resultado de avaliações realizadas durante um período de 3 semanas no meio e no fim da temporada. Os resultados demonstraram que a mediana de CK das 3 semanas do meio da temporada foi 14% maior (241 vs 212 UL) quando comparada com os valores de CK das 3 semanas do fim da temporada.

Portanto, baseados nos resultados dos estudos mencionados e em nossos resultados notamos que fatores contextuais a partida como tipo de treinamento e estado de condicionamento físico podem interferir na discriminação dos perfis metabólicos dos jogadores e a ACWR talvez não seja sensível para identificar as alterações fisiológicas (carga interna) provocados por tais fatores.

Portanto, o processo de preparação e condicionamento físico de um jogador de futebol torna-se complexo pois, a dinâmica de uma partida e o cronograma de jogos das equipes durante a temporada exige um programa de preparação tática, técnica, psicológica e física bem elaborados de tal forma que o jogador de futebol desenvolva um alto nível de aptidão física e das habilidades esportivas para o desempenho de suas funções em campo, procurando maximizar o desempenho atlético e minimizar o risco de lesões (BOMPA et al. 2019; ETXEBARRIA et al., 2019). Alguns estudos tem procurado investigar como os diferentes processos de treinamento interferem no desempenho dos jogadores em partida em diferentes períodos ao longo da temporada (KRUSTRUP & BANGSBOO 2002; CASTAGNA et al. 2013; CLEMENTE et al. 2021; SILVA, 2022). Neste sentido, tem-se observado melhoras, por exemplo, em composição corporal, velocidade aeróbica máxima, desempenho em exercícios submáximos, principalmente no período pré competitivo, ou seja, pré temporada (STOLEN et al. 2005, BANGSBO, 2009) indicando

uma prevalência, neste período, de estímulos com características aeróbias e intermitentes. Por outro lado, tem se verificado alterações positivas nos desempenhos em testes de corrida de 5m e 30m, testes de agilidade e nos índices de força, principalmente entre o meio e o final da temporada, sinalizando nestes períodos as atividades com maior exigência neuromuscular (SILVA, R et al. 2018; SILVA, R.. 2022). Além disso, outros estudos tem encontrado que variáveis contextuais exercem um papel significativo de interferência nas respostas metabólicas dos jogadores em treinamentos e partidas como as cargas de trabalho agudas e crônicas, número de partidas na semana, o local da partida, resultado da partida que antecede a semana de treinamento e tempo de exposição as partidas durante a temporada. (BRITO et al. 2016; GONÇALVES et al. 2020; BARREIRA et al. 2022). Assim sendo, é fato que todos estes fatores afetam os parâmetros fisiológicos dos jogadores e indicam a necessidade do monitoramento das cargas externas e internas, para prevenir o declínio do desempenho. Devido a tal complexidade e diversos fatores que envolvem o treinamento e a adaptação fisiológica dos jogadores ás demandas de treinamentos e partidas notamos em nosso estudo que talvez a ACWR sozinha não seja suficiente para separar com clareza o perfil metabólico dos jogadores quando são considerados todos juntos ao longo de uma temporada, sem se considerar partidas e divisão entre titulares e reservas.

### **5.1. Efeito da divisão e tamanho dos grupos**

Alguns estudos tem voltado suas atenções para investigar as diferentes cargas impostas de acordo com o "status" do jogador, ou seja, titular e não titular (ANDERSON et al. 2016; BARREIRA et al. 2022; CASTILLO-RODRIGUEZ et al. 2023) uma vez que o número de jogadores que compõem uma equipe de futebol é de em média 30 jogadores e apesar de pertencerem a mesma equipe são submetidos a diferentes cargas de treinamento e partida durante a temporada. Esta é a razão pela qual são divididos em grupos diferentes como titulares: que corresponde aos jogadores convocados e/ou relacionados e que iniciam a partida podendo estes, serem substituídos no transcorrer da partida. Em nosso estudo a média de tempo total das partidas foi de  $97,12 \pm 2,53$  min; e suplentes que podem ser subdivididos em reservas que são os jogadores que foram convocados, porém não iniciaram a partida. Estes jogadores, de acordo com a demanda, seja ela técnica, tática ou física, podem vir a participar parcialmente da partida e, os não relacionados, jogadores que não são convocados para participar da partida. Em nosso

estudo a média de minutos jogados dos jogadores reservas nas oito partidas analisadas foi de  $30,07 \pm 9,02$  min. Anderson et al. (2016) não encontrou diferenças na duração total das atividades de treino e jogos ( $10.678 \pm 916$ ,  $9.955 \pm 947$ ,  $10.136 \pm 847$  min;  $P = 0,50$ ) e a distância percorrida ( $816,2 \pm 92,5$ ,  $733,8 \pm 99,4$ ,  $691,2 \pm 71,5$  km;  $P = .16$ ) ao comparar titulares e não titulares de uma equipe de futebol profissional da liga inglesa durante uma temporada. No entanto, os jogadores titulares apresentaram valores mais altos nas atividades realizadas em alta intensidade como na distância percorrida a  $14,4-19,8$  km/h ( $91,8 \pm 16,3$  vs  $58,0 \pm 3,9$  km; tamanho do efeito [ES] = 2,5), corrida de alta velocidade a  $19,9-25,1$  km/h ( $35,0 \pm 8,2$  vs  $18,6 \pm 4,3$  km; ES = 2,3) e sprint  $>25,2$  km/h ( $11,2 \pm 4,2$  vs  $2,9 \pm 1,2$  km; ES = 2,3) do que os não titulares. Além disso, os titulares também completaram mais sprints ( $P < 0,01$ , ES = 2,0) do que os não titulares, que acumularam  $4,5 \pm 1,8$  km. No entanto, Castillo-Rodriguez et al. (2023) ao analisar o desempenho físico de jogadores titulares e não titulares durante partidas competitivas de futebol, não identificou diferenças nas principais métricas de desempenho físico entre jogadores titulares e não titulares durante a competição, embora existam diferenças nas métricas de desempenho físico de acordo com a posição de jogo, concluindo que os jogadores não titulares tiveram um desempenho físico semelhante durante as partidas oficiais que os jogadores titulares que foram substituídos. Na tentativa de minimizar a diferença de carga de treinamento e carga de jogo semanal o estudo de Barreira et al (2022) sugere a inclusão de treinamentos complementares e Silva et al. (2011) sugerem a inclusão de jogos amistosos. Em nosso estudo todos os jogadores pertencentes ao G1, G2 e G3 foram submetidos as mesmas sessões de treinamento até o dia que antecedeu a partida (MD -1). Contudo, observou se em nosso estudo que, mesmo com a realização de uma sessão de treinamento para o G3 no dia da partida, os valores das métricas de treinamento não se igualam aos valores das métricas de partida. Talvez isso justifique o fato de que quando o grupo foi separado em G1 (Figura 8), G2 (Figura 9) e G3 (Figura 10), os momentos pré e pós jogo demonstraram alguma evolução na separação dos grupos a partir da PLS-DA, principalmente considerando os grupos LOW e HIGH, porém ainda muito misturados ao grupo SWEETSPOT.

## **5.2. Contexto da divisão das partidas, carga de treinamento de cada grupo, demandas de treinamento e de partida, nível de adversário**

Na tentativa de encontrar uma estratégia que agrupasse mais amostras em uma mesma análise, os jogadores foram separados considerando as partidas disputadas (nos momentos pré e pós) mas sem separação por grupos (G1, G2 e G3). Neste contexto, observou-se uma discreta melhora na discriminação do perfil metabólico (figs. 11, 12 e 13). Talvez esse resultado possa ser explicado devido a diferença entre as cargas de treinamento e partidas a qual foi submetido cada um dos grupos. Castillo-Rodriguez et al. 2023 ao investigar o desempenho físico de jogadores titulares e não titulares durante partidas competitivas de futebol verificou que não houve diferenças nas principais métricas de desempenho físico entre jogadores titulares e não titulares durante a competição, porém encontrou diferenças nas métricas de desempenho físico de acordo com a posição de jogo onde os meio-campistas realizaram maior distância por minuto, maior player load e maior distância percorrida entre 12 e 21  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $p < 0,05$ ). Já Barreira et al. 2022 encontrou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na distância total percorrida, no tempo de exposição em jogo, número de acelerações e desacelerações entre titulares e não titulares durante a temporada ( $d = 0.73$  to  $1.08$ ). Assim como em nosso estudo Castillo-Rodriguez et al. 2023 destaca que as cargas externas de jogo foram significativamente maiores que as cargas externas de treino. Além desses fatores estudos tem demonstrado que outras variáveis contextuais de partida como nível do adversário, fase da competição, período da temporada e estado de condicionamento físico exercem influência nas cargas externas e internas do jogador de futebol (RAGO et al. 2019; GONÇALVES et al. 2020; ENES et al. 2021). Portanto, baseados nos resultados mencionados podemos considerar que as características de contexto de cada partida podem ter influenciado a carga interna imposta aos jogadores do nosso estudo, influenciando a qualidade da separação quando as diferentes partidas foram analisadas juntas.

Por fim, quando foi considerado apenas o grupo que participou efetivamente dos jogos (ou seja, G1), a PLS-DA foi capaz de distinguir efetivamente diferentes alterações metabólicas nos atletas que apresentaram distintos valores de ACWR em cada jogo observado (Figura 14; Figura 15). Dessa forma, para aplicação longitudinal da Metabólica em um grupo de jogadores de futebol, mesmo quando submetidos ao

mesmo regime de treinamento, é importante considerar que a participação maior ou menor nos jogos afeta a sensibilidade da ACWR em discriminar o perfil metabólico dos jogadores. Além disso, o mais adequado para um melhor uso da ACWR como ferramenta de carga externa, do ponto de vista das alterações internas que ela provoca, é não comparar diferentes jogadores em diferentes momentos de treinamento, para evitar a diminuição da sensibilidade da ACWR em discriminar o estado metabólico do jogador.

### **5.3 ACWR poderia ser uma ferramenta mais assertiva**

Entretanto, a ACWR tem sido utilizada como ferramenta para o controle de carga aguda e crônica em jogadores de futebol profissional e esportes coletivos (GRIFFIN et al. 2020; OLIVEIRA et al. 2021; NOBARI et al. 2022; NOBARI et al. 2022b). Assim como em nosso estudo estes trabalhos utilizaram a fórmula acoplada, que consiste em dividir a carga de trabalho aguda (ou seja, os dados da carga de trabalho contínua de 1 semana) pela carga de trabalho crônica (ou seja, os dados da carga de trabalho média contínua de 4 semanas (GABBETT et al., 2016 ; HULIN et al., 2016) juntamente com a média móvel exponencialmente ponderada que contempla o cálculo de cargas agudas e crônicas, mas atribui um peso decrescente para valores de carga mais antigos. O estudo de Oliveira et al. (2021) investigou as variações na temporada (10 mesociclos) de monotonia de treinamento, tensão de treinamento e taxa de carga de trabalho aguda: crônica (ACWR) por meio de avaliações de percepção subjetiva de esforço (s-RPE), distância total e corrida de alta velocidade (HSR) e comparou essas variações entre titulares e não titulares e os resultados não revelaram diferenças entre ambos ( $p > 0,05$ ). O mesociclo 6 teve maior número de partidas e apresentou maiores valores para monotonia (s-RPE, distância total e HSR), tensão (somente para distância total) e ACWR (s-RPE, TD e HSR). No entanto, Nobari et al. (2022) analisando as mesmas variáveis porém, em diferentes períodos (início, meio e final) da temporada para titulares e não titulares verificou que a ACWR apresentou mudanças gerais ao longo da temporada. No início e no final da meia-temporada, a maior ACWR foi observada em três parâmetros: percepção subjetiva de esforço mais alta para não titulares ( $p = 0,015$ ;  $g = -1,01 [-1,98, -0,09]$ ), distância total maior no início da temporada para titulares ( $p [1,78 < 0$ ;  $g = 3,01, 4.46]$ ) e distância percorrida em alta intensidade. A ACWR e a média móvel exponencialmente ponderada através da distância do sprint foram maiores no início do

que em qualquer outro momento da temporada e, baseados nos resultados concluíram que os índices de ACWR e média móvel exponencialmente ponderada foram eficientes em identificar diferenças de carga de trabalho em diferentes períodos da temporada em titulares e não titulares. Assim como em nosso estudo estes resultados mostram que a ACWR é sensível às variáveis contextuais de partida, período da temporada e o “status” (titular e não titular) dos jogadores. Nenhum estudo tem relacionado a carga de trabalho aguda: crônica (ACWR) às alterações metabólicas em jogadores de futebol profissional. No entanto, nosso estudo apresenta algumas limitações como a participação de jogadores até 20 anos, no período da investigação a equipe já estava em período competitivo há mais de 6 meses, os jogadores migravam entre os grupos G1, G2 e G3 de acordo com a necessidade da partida. Finalmente, sugerimos que estudos futuros investiguem a relação da ACWR e a resposta metabólica (carga interna) em jogadores profissionais com maior idade, com grupo controle e grupo experimental em diferentes períodos da temporada.

## **6 CONCLUSÃO**

Os nossos resultados demonstraram que a ACWR não foi capaz de discriminar com clareza o perfil metabólico de jogadores de futebol profissional quando outros fatores contextuais não foram levados em consideração, sendo que, a ACWR só foi capaz de discriminar o perfil metabólico dos jogadores quando separada por partidas e grupos de trabalho (G1, G2 ou G3).

## **REFERÊNCIAS**

## REFERÊNCIAS

- ALIFERIS, K. A.; JABAJI, S. <sup>1</sup>H NMR and GC-MS metabolic fingerprinting of developmental stages of *Rhizoctonia solani* sclerotia. **Metabolomics**, v. 6, n. 1, p. 96–108, 2010.
- ANDERSON, L., ORME, P., DI MICHELE, R., CLOSE, G. L., MORGANS, R., DRUST, B., & MORTON, J. P. (2016). **Quantification of training load during one-, two-and three-game week schedules in professional soccer players from the English Premier League: implications for carbohydrate periodisation.** *Journal of sports sciences*, 34(13), 1250-1259.
- ANDRADE, R., WIK, E. H., REBELO-MARQUES, A., BLANCH, P., WHITELEY, R., ESPREGUEIRA-MENDES, J., & GABBETT, T. J. (2020). **Is the acute: chronic workload ratio (ACWR) associated with risk of time-loss injury in professional team sports? A systematic review of methodology, variables and injury risk in practical situations.** *Sports medicine*, 50, 1613-1635.
- BANGSBO, J. (1994). **Energy demands in competitive soccer.** *Journal of Sports Sciences*, 12(SPEC. ISSUE). <https://doi.org/10.1080/02640414.1994.12059272>
- BARREIRA, J., NAKAMURA, F. Y., FERREIRA, R., PEREIRA, J., AQUINO, R., & FIGUEIREDO, P. (2022). **Season Match Loads of a Portuguese Under-23 Soccer Team: Differences between Different Starting Statuses throughout the Season and Specific Periods within the Season Using Global Positioning Systems.** *Sensors*, 22(17), 6379.
- BECKER, M., SPERLICH, B., ZINNER, C., & ACHTZEHN, S. (2020). **Intra-individual and seasonal variation of selected biomarkers for internal load monitoring in U-19 soccer players.** *Frontiers in Physiology*, 11, 838.
- BIESEK, S., ALVES, L. A., & GUERRA, I. (Eds.). (2005). *Estratégias de nutrição e suplementação no esporte*. Editora Manole.
- BOMPA, T. O., & BUZZICHELLI, C. (2019). **Periodization: theory and methodology of training.** Human kinetics.
- BONGIOVANNI, T., DESSÌ, A., NOTO, A., SARDO, S., FINCO, G., CORSELLO, G., FANOS, V., & PINTUS, R. (2019). **Sportomics: Metabolomics applied to sports.**

**The new revolution?** *European Review for Medical and Pharmacologicadeiro*, J. Rl *Sciences*, 23(24), 11011–11019. [https://doi.org/10.26355/eurrev\\_201912\\_19807](https://doi.org/10.26355/eurrev_201912_19807)

BORRESEN, Jill; LAMBERT, Michael Ian. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports medicine*, v. 39, n. 9, p. 779-795, 2009.

BOWEN, L., GROSS, A. S., GIMPEL, M., & LI, F. X. (2017). **Accumulated workloads and the acute: Chronic workload ratio relate to injury risk in elite youth football players.** *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 452–459. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095820>

BRINKMANS, N. Y., IEDEMA, N., PLASQUI, G., WOUTERS, L., SARIS, W. H., VAN LOON, L. J., & VAN DIJK, J. W. (2019). **Energy expenditure and dietary intake in professional football players in the Dutch Premier League: Implications for nutritional counselling.** *Journal of sports sciences*, 37(24), 2759-2767.

BRITO, J., HERTZOG, M., & NASSIS, G. P. (2016). **Do match-related contextual variables influence training load in highly trained soccer players?.** *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 393-399.

BURKE, L. M., LOUCKS, A. B., & BROAD, N. (2006). **Energy and carbohydrate for training and recovery.** *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 675–685.

<https://doi.org/10.1080/02640410500482602> BYLESJÖ, M. et al. OPLS discriminant analysis: Combining the strengths of PLS-DA and SIMCA classification. *Journal of Chemometrics*, v. 20, n. 8–10, p. 341–351, 2006.

CASTAGNA, C., IMPELLIZZERI, F. M., CHAOUACHI, A., & MANZI, V. (2013). **Preseason Variations in Aerobic Fitness and Performance in Elite-Standard Soccer Players: A Team Study.** *The journal of strength & conditioning research*, 27(11), 2959-2965.

CASTILLO-RODRÍGUEZ, A., GONZÁLEZ-TÉLLEZ, J. L., FIGUEIREDO, A., CHINCHILLA-MINGUET, J. L., & ONETTI-ONETTI, W. (2023). **Starters and non-starters soccer players in competition: is physical performance increased by the substitutions?** *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, 15(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s13102-023-00641-3>

CRUZ, J. P., DOS SANTOS, F. N., RASTEIRO, F. M., MAROSTEGAN, A. B., MANCHADO-GOBATTO, F. B., & GOBATTO, C. A. (2022). **A Metabolomic Approach and Traditional Physical Assessments to Compare U22 Soccer Players**

- According to Their Competitive Level.** *Biology*, 11(8), 1103. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/biology11081103>
- DJAOUI, L., HADDAD, M., CHAMARI, K., & DELLAL, A. (2017). **Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers.** *Physiology & behavior*, 181, 86-94.
- DELECROIX, Barthélemy et al. Workload monotony, strain and non-contact injury incidence in professional football players. **Science and Medicine in Football**, v. 3, n. 2, p. 105-108, 2019.
- DUNN, W. B.; ELLIS, D. I. Metabolomics: Current analytical platforms and methodologies. v. 24, n. 4, 2005.
- EKBLOM, B. (1986). **Applied physiology of soccer.** *Sports medicine*, 3, 50-60.
- ENES, A., ONEDA, G., ALVES, D. L., PALUMBO, D. D. P., CRUZ, R., Moiano Junior, J. V., ... & OSIECKI, R. (2021). **Determinant factors of the match-based internal load in elite soccer players.** *Research quarterly for exercise and sport*, 92(1), 63-70.
- ESMAEILI, A., HOPKINS, W. G., STEWART, A. M., ELIAS, G. P., LAZARUS, B. H., & AUGHEY, R. J. (2018). **The individual and combined effects of multiple factors on the risk of soft tissue non-contact injuries in elite team sport athletes.** *Frontiers in Physiology*, 9(SEP), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01280>
- ETXEARRIA, N., MUJICA, I., & PYNE, D. B. (2019). **Training and competition readiness in triathlon.** *Sports*, 7(5), 1–15. <https://doi.org/10.3390/sports7050101>
- EMWAS, A. M. The strengths and weaknesses of NMR spectroscopy and mass spectrometry with particular focus on metabolomics research. In: **Metabonomics**. [s.l.] Springer, 2015. p. 161--193.
- FOSTER, C. (1998). **Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome.** *Med. Sci. Sports Exerc.* Vol. 30, No.7, pp. 1164-1168, 1998. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164–1168.
- GABBETT, T. J. (2016A). **The training**2015-095788
- GONÇALVES, L. G. C., KALVA-FILHO, C. A., NAKAMURA **-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder?** *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 273–280. <https://doi.org/10.1136/bjsports->, F. Y., RAGO, V.,
- AFONSO, J., BEDO, B. L. DE S., & AQUINO, R. (2020). **Effects of match-related contextual factors on weekly load responses in professional Brazilian soccer players.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14),

1–13. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145163>

GRIFFIN, A., KENNY, I. C., COMYNS, T. M., & LYONS, M. (2020). **The association between the acute: chronic workload ratio and injury and its application in team sports: a systematic review.** *Sports Medicine*, 50, 561-580.

HALSON, Shona L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports medicine**, v. 44, n. 2, p. 139-147, 2014.

HEANEY, L. M., DEIGHTON, K., & SUZUKI, T. (2019). **Non-targeted metabolomics in sport and exercise science.** *Journal of Sports Sciences*, 37(9), 959–967. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1305122>

HULIN, B. T., GABBETT, T. J., LAWSON, D. W., CAPUTI, P., & SAMPSON, J. A. (2016). **The acute: Chronic workload ratio predicts injury: High chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players.** *British Journal of Sports Medicine*, 50(4), 231–236. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094817>

IMPELLIZZERI, F. M., MARCORA, S. M., & COUTTS, A. J. (2019). **Internal and External training load: 15 years on.** *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>

IMPELLIZZERI, F. M., RAMPININI, E., & MARCORA, S. M. (2005). **Physiological assessment of aerobic training in soccer.** *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 583–592. <https://doi.org/10.1080/02640410400021278>

IMPELLIZZERI, F. M., MARCORA, S. M., & COUTTS, A. J. (2019). **Internal and external training load: 15 years on.** *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273.

JEUKENDRUP, A. E. (2017). **Periodization Nutrition for Athletes.** *Sports Medicine*, 47(s1), 51–63. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>

JOHNSON, C. H.; IVANISEVIC, J.; SIUZDAK, G. Metabolomics: beyond biomarkers and towards mechanisms. **Nature Publishing Group**, p. 1–9, 2016.

KADDURAH-DAOUK, R.; KRISTAL, B. S.; WEINSHILBOUM, R. M. Metabolomics: A global biochemical approach to drug response and disease. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology**, v. 48, p. 653–683, 2008.

KOAY, Y. C. et al. Effect of chronic exercise in healthy young male adults: a metabolomic analysis. **Cardiovascular Research**, p. 1–10, 2020.

KUSONMANO, K.; VONGSANGNAK, W. Informatics for Metabolomics. 2016.

MARINHO, A. H., SOUSA, F. A. DE B., VILELA, R. DE A. M. P., BALIKIAN, P., DE SOUZA bento, E., DE MENDONÇA AQUINO, T., CRISPIM, A., ATAIDE-SILVA, T., & DE ARAUJO, G. G. (2021). **The rating of perceived exertion is able to**

- differentiate the post-matches metabolomic profile of elite U-20 soccer players.** *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04838-7>
- MAUGHAN, R. J. (2006). **Nutrition and football: The FIFA/FMARC consensus on sports nutrition.** In *Nutrition and Football: The FIFA/FMARC Consensus on Sports Nutrition*. <https://doi.org/10.4324/9780203967430>
- MALONE, Shane 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.
- MARTÍNEZ, H., HERRERO, M., VALLE, X., MASA, M., & RODAS, G. (2020). **Urine metabolomics analysis for monitoring internal load in professional football players.** *Metabolomics*, 16(4), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11306-020-01668-0>
- MENDES, B., CLEMENTE, F. M., CALVETE, F., CARRIÇO, S., & OWEN, A. (2022). **Seasonal Training Load Monitoring Among Elite Level Soccer Players: Perceived Exertion and Creatine Kinase Variations Between Microcycles.** *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 85-95.
- MOHR, M., KRUSTRUP, P., & BANGSBO, J. (2003). **Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue.** *Journal of sports sciences*, 21(7), 519–528. <https://doi.org/10.1080/0264041031000071182>
- MUSHTAQ, M. Y. et al. Extraction for metabolomics: **Access to the metabolome.** *Phytochemical Analysis*, v. 25, n. 4, p. 291–306, 2014.
- NAKAMURA, F. Y., MOREIRA, A., & AOKI, M. S. (2010). **Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável.** *Journal of physical education*, 21(1), 1-11.
- NICHOLSON, J. K.; WILSON, I. D. Understanding “global” systems biology: Metabonomics and the continuum of metabolism. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 2, n. 8, p. 668–676, 2003.
- NOBARI, H., AQUINO, R., MANUEL, F., KHALA, M., CARMELO, J., & PÉREZ-GÓMEZ, J. (2020). **Physiology & Behavior Description of acute and chronic load, training monotony and strain over a season and its relationships with well-being status: A study in elite under-16 soccer players.** 225(July). <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113117>
- NOBARI, H., ALIJANPOUR, N., MARTINS, A. D., & OLIVEIRA, R. (2022). **Acute and Chronic Workload Ratios of Perceived Exertion, Global Positioning System, and Running-Based Variables Between Starters and Non-starters: A Male**

**Professional Team Study.** *Frontiers in psychology*, 13, 860888.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.860888>

NOBARI, Hadi et al. **Seasonal variations of the relationships between measures of training monotony and strain in professional soccer players.** *Scientific Reports*, v. 12, n. 1, p. 1-14, 2022.

OLIVEIRA, R., BRITO, J., MARTINS, A., MENDES, B., CALVETE, F., CARRIÇO, S., ... & MARQUES, M. C. (2019). **In-season training load quantification of one-, two-and three-game week schedules in a top European professional soccer team.** *Physiology & behavior*, 201, 146-156.

QUINTAS, G., RECHE, X., SANJUAN-HERRÁEZ, J. D., RAGO, V., BRITO, J., Figueiredo, P., KRUSTRUP, P., & Rebelo, A. (2019). **Relationship between external load and perceptual responses to training in professional football: effects of quantification method.** *Sports*, 7(3), 68.

RAGO, V., REBELO, A., KRUSTRUP, P., & MOHR, M. (2021). **Contextual variables and training load throughout a competitive period in a top-level male soccer team.** *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(11), 3177-3183.

RAYA-GONZÁLEZ, Javier et al. Determining the relationship between internal load markers and noncontact injuries in young elite soccer players. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 4, p. 421-425, 2019.

RICO-GONZÁLEZ, Markel et al. **Acute: chronic workload ratio and training monotony variations over the season in youth soccer players: A systematic review.** *International Journal of Sports Science & Coaching*, p. 17479541221104589, 2022.

RODRIGUEZ, N. R., DIMARCO, N. M., & LANGLEY, S. (2009). **Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance.** *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 509-527.

SILVA, J. R., Magalhães, J. F., ASCENSÃO, A. A., OLIVEIRA, E. M., Seabra, A. F., & REBELO, A. N. (2011). **Individual match playing time during the season affects fitness-related parameters of male professional soccer players.** *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2729-2739.

SILVA J.R. **The soccer season: performance variations and evolutionary trends.** *PeerJ*. 2022 Oct 5;10:e14082. doi: 10.7717/peerj.14082. PMID: 36217385; PMCID: PMC9547588.

- SILVA, J. R., MAGALHÃES, J., ASCENSÃO, A., SEABRA, A. F., & REBELO, A. N. (2013). **Training status and match activity of professional soccer players throughout a season.** *Journal of strength and conditioning research*, 27(1), 20–30. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824e1946>
- STØLEN, T., CHAMARI, K., CASTAGNA, C., & WISLØFF, U. (2005). **Physiology of soccer: an update.** *Sports medicine*, 35, 501-536.
- WANG, C., VARGAS, J. T., STOKES, T., STEELE, R., & SHRIER, I. (2020). **Analyzing activity and injury: lessons learned from the acute: chronic workload ratio.** *Sports Medicine*, 50(7), 1243-1254.
- WEINECK, E. J. (2000). *Futebol total: o treinamento físico no futebol.* Phorte.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

#### **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E.)**

O senhor (sr.) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **Relação entre carga de treinamento e ingestão de nutrientes no processo de recuperação fisiológica em atletas de futebol profissional: abordagem metabólica**, dos pesquisadores Glydiston Egberto de Oliveira Ananias e Prof. Dr. Filipe Antônio de Barros Sousa. A seguir, as informações do projeto de pesquisa com relação a sua participação neste projeto:

O estudo se destina a observar a influência das cargas de treinamento diárias e semanais, assim como os protocolos de recuperação através da ingestão de alimentos, vitaminas e suplementos alimentares no processo de recuperação de jogadores de futebol profissional, nos períodos pré e pós partida durante um período determinado entre pré temporada e campeonato regional (Campeonato Paulista sub 20 – 2022) / na temporada do ano de 2022.

A importância deste estudo é a de adequar as cargas aplicadas nas sessões de treinamentos diários e aperfeiçoar as técnicas de recuperação fisiológica após treinamentos e partidas de futebol, com o intuito de minimizar o risco de incidência de lesões e melhorar o desempenho dos jogadores. Além disso, o estudo pode auxiliar na elaboração de dietas e procedimentos alimentares que possam acelerar a velocidade de recuperação muscular e consequentemente aumentar a capacidade de desempenho dos jogadores em treinamentos e partidas de futebol.

Os resultados que se desejam alcançar são os seguintes: 1) com o acúmulo das sessões de treinamento e das partidas, as dietas adotadas para recuperação devem ser ajustadas; 2) jogadores com maior número de participações em partidas devem receber uma atenção individualizada com ajustes nas cargas de treinamento e na ingestão de nutrientes; 3) a presença de metabólitos específicos na urina pode ser indicativo de fadiga e consequentemente queda de rendimento durante as partidas (determinado pela análise das cargas externas) e aumento no risco de incidência de lesão.

A coleta de dados terá início no período competitivo em treinamentos e partidas do campeonato regional de futebol na temporada de 2022 e terá duração de 12 semanas/84 dias. Todas as amostras de urina serão coletadas no CFA Laudo Natel do São Paulo Futebol Clube, armazenadas e analisadas no Núcleo de Análises e Pesquisa em Ressonância Magnética Nuclear (NAPRMN) da Universidade ambos locados na Universidade Federal de Alagoas - UFAL

O estudo será realizado da seguinte maneira: o sr. Será submetido às sessões de treinamentos conforme programação planejada e aplicada pela comissão técnica da própria equipe. Em todas as sessões de treinamento e partidas o sr. será monitorado por um aparelho GPS individualizado que fornecerá informações de cargas externas, isto é, distância total percorrida, distância total percorrida em alta intensidade, acelerações e desacelerações e cargas internas como frequência cardíaca máxima, tempo de trabalho em zonas de intensidades pré determinadas com base na frequência cardíaca máxima. As informações fornecidas pelo GPS serão inseridas em uma planilha e posteriormente serão submetidas a cálculos matemáticos para determinação das cargas (razão entre carga aguda e crônica) de treinamentos e partidas. Com relação a dieta ingerida, o sr. será orientado pela (o) nutricionista da equipe que será responsável em prescrever as suplementações necessárias assim como elaborar os cardápios pré e pós partida conforme protocolo já estabelecido pelo clube. Uma vez encerrado o ciclo que corresponde a uma semana de treinamento será coletada amostra de urina 24 horas antes de cada partida e 24 horas após cada partida. Estas amostras serão submetidas ao processo de ressonância magnética nuclear (metabólica) para análise de metabólitos que são produtos presentes na urina, como consequência do exercício físico. A presença de metabólitos específicos na urina pode ser um indicador de fadiga o que pode levar a queda no rendimento físico e aumentar o risco de incidência de lesão.

A sua participação será ativa em todas as etapas do processo de pesquisa através da participação em sessões de treinamentos, participação em partidas, na aplicação das dietas e na ingestão de suplementos indicados pelo (a) nutricionista da equipe, assim como na coleta de amostras de urina antes e após as partidas para análise da presença de metabólitos.

A qualquer momento, você poderá recusar a continuar participando do estudo e, também, poderá retirar seu consentimento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade ou prejuízo.

Os incômodos e possíveis riscos à sua saúde física e/ou mental são: 1) O incômodo presente nesta pesquisa é que pela baixa ingestão de líquidos antes, durante e após treinamentos e partidas o sr. Não sinta o desejo de urinar dificultando assim, a coleta da amostra de urina o que pode demandar tempo de espera; 2) devido à falta de desejo de urinar haverá a necessidade da ingestão de grande quantidade de líquido em um período curto de tempo o que pode causar desconforto gástrico.

Quanto aos riscos: 1) pode haver a perda de amostras caso os participantes da pesquisa não sigam as orientações fornecidas pelos pesquisadores. Para minimizar este risco, as amostras serão coletadas pelos próprios jogadores que serão orientados a mantê-las em posse até repassa-las diretamente aos pesquisadores que possuem experiência na técnica de coleta e catalogação de amostras; 2) a presença de metabólitos específicos na amostra de urina pode evidenciar a utilização de substâncias proibidas porém estes dados não serão utilizados para este fim pois este não é o objetivo do estudo e serão mantidos em sigilo sendo apresentados apenas aos jogadores. Para apresentação dos dados os nomes dos jogadores serão trocados por códigos de identificação para se manter o sigilo.

Os benefícios esperados com a sua participação no projeto de pesquisa, mesmo que não diretamente são: 1) adequação das cargas de treinamento ao qual o sr. está sendo submetido; 2) elaboração de uma dieta específica e individualizada para melhorar o seu processo de recuperação fisiológica, melhorar seu desempenho em treinamentos e partidas; 3) minimizar o risco de incidência de lesões durante a temporada de treinamento e partidas; e 4) os resultados obtidos nesta pesquisa poderão auxiliar os profissionais da área do futebol de alto rendimento a aprimorar seus métodos de treinamento, elaborar melhores protocolos de recuperação e aplicar dietas individualizadas de acordo com as respostas metabólicas de cada atleta.

O sr. Poderá contar com a seguinte assistência: prescrição de cargas e dieta individualizadas, sendo responsável(is) por elas os membros da comissão técnica e nutricionista da equipe; durante a coleta de urina, caso tenha a necessidade de ingerir líquidos devido à falta em desejo de urinar, estes serão fornecidos pela equipe de pesquisa; caso este processo apresente uma demanda alta de tempo as refeições serão fornecidas pela equipe da pesquisa.

O sr. será informado(a) do resultado final do projeto e sempre que desejar, serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.

As informações obtidas através da sua participação não permitirão a identificação da sua pessoa, exceto para a equipe de pesquisa, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto após a sua autorização.

O estudo não acarretará nenhuma despesa para o sr.

O sr. será indenizado por qualquer dano que venha a sofrer com a sua participação na pesquisa.

#### Via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

O sr. receberá uma via (não cópia) do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por todos.

Eu,....., tendo compreendido perfeitamente tudo o que me foi informado sobre a minha participação no mencionado estudo e estando consciente dos meus direitos, das minhas responsabilidades, dos riscos e dos benefícios que a minha participação implicam, concordo em dele participar e para isso eu DOU O MEU CONSENTIMENTO SEM QUE PARA ISSO EU TENHA SIDO FORÇADO OU OBRIGADO.

**Endereço da equipe da pesquisa:**

Instituição: Faculdade Nutrição da Universidade Federal de Alagoas - UFAL Endereço:

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins Complemento:

Cidade/CEP: Maceió – AL CEP:57072-900 Telefone: (82)

3214-1160

Ponto de referência: Na AL-101 rumo ao litoral norte do estado

**Endereço e contato dos pesquisadores responsáveis pela pesquisa:**

Sr(a). Glydiston Egberto de Oliveira Ananias

**Endereço:** Av. Dr. Odair Pacheco Pedroso, 1700

**Complemento:**

**Cidade/CEP:** Cotia /06717-200

**Telefone:**(48) 999171425

Ponto de referência: Centro de Formação de Atletas São Paulo Futebol Clube

Sr.(a) Filipe Antônio de Barros Sousa

**Endereço:** Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins

**Complemento:**

**Cidade/CEP:** Maceió – AL

CEP:57072-900

**Telefone:** (82) 3214-1160

Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Alagoas

Prédio do Centro de Interesse Comunitário (CIC), Térreo, Campus A. C.  
Simões, Cidade Universitária

Telefone: 3214-1041 – Horário de Atendimento: das 8:00 as 12:00hs.

E-mail: comitedeeticaufal@gmail.com

Maceió, de de 2022.

