

**INFLUÊNCIA DA DENSIDADE DE JOGOS NA DEMANDA FISIOLÓGICA DE JOGADORES DE FUTEBOL DURANTE UMA TEMPORADA COMPETITIVA**

Eduardo Mendonça Pimenta<sup>1</sup>, Izabela Silva Coelho<sup>2</sup>, Emerson Cruz de Oliveira<sup>3</sup>  
Rodrigo de Figueiredo Morandi<sup>4</sup>, Tane Kanope Ferreira Serpa<sup>5</sup>, Vinícius Camael Mapa Silva<sup>6</sup>  
Charles de Oliveira Costa<sup>7</sup>, Lenice Kappes Becker<sup>8</sup>, Daniel Barbosa Coelho<sup>3</sup>

**RESUMO**

Os hormônios testosterona e cortisol possuem ação antagônica no organismo, sendo a razão testosterona/cortisol usada para apreciar o estado anabólico/catabólico dos jogadores de futebol. Buscou-se avaliar as variações nas concentrações desses hormônios ao longo de uma temporada competitiva de alta densidade. Participaram do estudo 23 atletas do sexo masculino de uma equipe da primeira divisão do futebol nacional no contexto da Copa do Mundo, divididos em titulares e reservas. Coletou-se 7 amostras de sangue durante o calendário de jogos (M0 a M6). Para a análise estatística utilizou-se a ANOVA two way para medidas repetidas seguida do post hoc de Tukey. Obteve-se uma matriz de correlação entre as variáveis através do coeficiente de Pearson. O nível de significância foi de  $p < 0,05$ . Os titulares apresentaram maiores concentrações de testosterona em comparação aos reservas em M0 e M4. As concentrações de cortisol foram menores nos reservas em relação aos titulares em M2, M3, M5 e M6. Nos titulares e reservas a razão T/C apresentou correlação significativa com a densidade de jogos ( $r = -0,94$  e  $r = -0,80$ , respectivamente), sendo as diferenças nas médias da razão T/C significativas entre titulares e reservas em M2, M3, M5 e M6. O estudo confirma a relação entre a magnitude da variação hormonal com a maior demanda fisiológica de uma temporada com alto volume de jogos. Conclui-se assim que a avaliação das respostas do sistema endócrino pode auxiliar no planejamento das sessões de treinamento.

**Palavras-chave:** Futebol. Biomarcadores. Testosterona. Cortisol.

1 - Doutorado em Programa de Atividade Física e Deportes pela Universidad de Léon, Espanha; Professor Adjunto II da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

2 - Acadêmica de Medicina da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

**ABSTRACT**

Influence of game density on physiological demand of football players during a competitive season

The hormones testosterone and cortisol have an antagonistic action in the body, and the testosterone/cortisol ratio is used to assess the anabolic/catabolic state of football players. We sought to evaluate the variations in the concentrations of these hormones throughout a high-density competitive season. The study included 23 male athletes from a team of the first division of national football in the context of the World Cup, divided into holders and reserves. Seven blood samples were collected during the match schedule (M0 to M6). For the statistical analysis, two-way ANOVA for repeated measurements was used, followed by Tukey's post hoc. A correlation matrix between the variables was obtained using Pearson's coefficient. The significance level was  $p < 0.05$ . The holders had higher concentrations of testosterone compared to the reserves in M0 and M4. Cortisol concentrations were lower in reserves compared to holders in M2, M3, M5 and M6. In holders and reserves, the T/C ratio showed a significant correlation with the density of games ( $r = -0.94$  and  $r = -0.80$ , respectively), with the differences in the averages of the T/C ratio being significant between holders and reserves in M2, M3, M5 and M6. The study confirms the relationship between the magnitude of hormonal variation with the greater physiological demand of a season with high volume of games. It is concluded that the evaluation of the responses of the endocrine system can help in the planning of training sessions.

**Key words:** Football. Biomarkers. Testosterone. Cortisol.

3 - Escola de Educação Física e Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

## INTRODUÇÃO

O futebol é caracterizado como um esporte intermitente de alta demanda energética, com ações motoras que variam em intensidade e duração (Moreira e colaboradores, 2013; Coelho e colaboradores, 2011).

As demandas metabólicas requeridas nas ações técnico-táticas das partidas não têm um padrão constante, sendo interrompidas abruptamente e reiniciadas diversas vezes de maneira aleatória, envolvendo repetidas contrações musculares excêntricas e elevado número de microlesões (Coelho e colaboradores, 2011; Nedelec e colaboradores, 2012).

Assim, sua prática a nível profissional exige elevados recursos físicos e constantes adaptações fisiológicas (Saidi e colaboradores, 2021; Oliveira e colaboradores, 2020).

Somado a isso, nos períodos competitivos os atletas são frequentemente escalados em partidas consecutivas.

Considerando a fadiga aguda resultante dos jogos, com declínio das capacidades físicas nos dias subsequentes (Marqués-Jiménez e colaboradores, 2017; Ispirlidis e colaboradores, 2008; Mohr e colaboradores, 2016), bem com o tempo de recuperação de até 72 horas necessário ao retorno do desempenho físico e a recuperação de microlesões musculares e processos inflamatórios (Magalhães e colaboradores, 2010), os treinos devem ser projetados de maneira sistematizada para preparar os jogadores durante uma temporada de futebol, evitando overtraining e/ou overreaching (Nobari e colaboradores, 2021; Saidi e colaboradores, 2021).

Nesse sentido, marcadores hormonais, com destaque para cortisol e testosterona, foram identificados como marcadores confiáveis do estresse de treinamento, sendo observado que o crescimento no desempenho tem relação com o crescimento dos níveis plasmáticos de testosterona e diminuição ou manutenção dos níveis plasmáticos de cortisol (Moreira e colaboradores, 2013; Nobari e colaboradores, 2021; Jimenez e colaboradores, 2020; Abate, Salini, 2022; Saidi e colaboradores, 2021).

A testosterona foi positivamente correlacionada aos níveis de força e desempenho em jogadores de futebol (Saidi e colaboradores, 2021) ao potencializar

adaptações neurais para recuperação muscular (Nobari e colaboradores, 2021) e apresentar ação anabólica, responsável pelo aumento do tecido muscular, ósseo e a formação de glóbulos vermelhos (Hayes, Grace, Baker, 2015; Teo Mcguigan, Newton, 2011).

Em contrapartida, o cortisol é o principal hormônio catabólico do organismo e seu aumento decorrente da elevada intensidade do treinamento pode ser explicado pelo cansaço, maior carga física, bem como pela pressão psicológica sobre os jogadores (Martinez e colaboradores, 2010; Teo Mcguigan, Newton, 2011; Saidi e colaboradores, 2021).

Devido ao efeito antagônico desses hormônios, a razão T/C tem sido usada para avaliar o estado anabólico/catabólico, sendo que uma diminuição de 30% dessa razão em relação aos níveis de repouso, relaciona-se a um estado de catabolismo e conseqüente queda de rendimento, sendo um marcador de overtraining (Abate, Salini, 2022; Selmi e colaboradores, 2020; Martinez e colaboradores, 2010).

Diante do exposto, a compreensão desses parâmetros é de grande valia ao longo de uma temporada competitiva de futebol, onde prevalecem microciclos de alta densidade competitiva e a manutenção do rendimento é um objetivo nobre.

Assim, o estudo buscou compreender os efeitos do treinamento de futebol profissional e a nível competitivo nas variações de cortisol e testosterona durante uma temporada competitiva em atletas profissionais da primeira divisão.

Observa-se que a literatura é carente nesse escopo, com limitados estudos que avaliaram o perfil hormonal ao longo de uma temporada competitiva, além da escassez de estudos com atletas da categoria profissional.

Esse é um ponto relevante, dada as evidências de que uma maior produção de testosterona ocorre nas categorias profissionais, o que se explica pela seriedade das competições (amistosos versus oficiais) como fator modulador dos padrões de resposta hormonal.

No período da copa do mundo, como a imensa maioria dos jogos eram oficiais, reduz-se a influência da variável “jogo não importante” do estudo em questão. Além disso, jogadores experientes possuem melhor regulação da

produção de cortisol por adaptação fisiológica (Jiménez e colaboradores, 2020).

Buscou-se assim explorar a temática e preencher eventuais lacunas, sendo o primeiro estudo da literatura vigente a investigar a demanda metabólica em um contexto atípico de Copa do Mundo de futebol.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Saúde (Resolução 466/12) envolvendo pesquisas com seres humanos e foi aprovado pelo Comitê de ética e pesquisa (COEP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o parecer (27609814.3.0000.5149).

Todos os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, relatando estarem cientes dos riscos relacionados à participação na pesquisa e que, a qualquer momento, poderiam deixar de participar do estudo sem a necessidade de apresentarem uma justificativa aos pesquisadores.

Fizeram parte da amostra vinte e três atletas de futebol do sexo masculino. Ao final da temporada os atletas foram divididos em grupos de titulares (>65% dos minutos totais jogados) e reservas (<65% dos minutos totais jogados).

A densidade de minutos jogados por período (min/dia) foi determinada dividindo os minutos jogados em cada período pelo número de dias de cada período. Dentre os jogos contemplados, além das partidas oficiais, amistosos diluídos entre os jogos oficiais foram contabilizados na densidade de cada período.

Os critérios de inclusão foram: mínimo de três anos consecutivos de treinamento na primeira divisão do futebol brasileiro, estar vinculado a um mesmo clube de primeira divisão do futebol brasileiro com treinamentos regulares e participação em competições regidas pela Confederação Nacional de Futebol

e participar de no mínimo 80% das convocações dos jogos do campeonato.

O critério de exclusão foi: apresentar lesões graves confirmadas por exames de imagem e relatadas pelo departamento médico que incorreram em ausência de treinamento superior a três semanas.

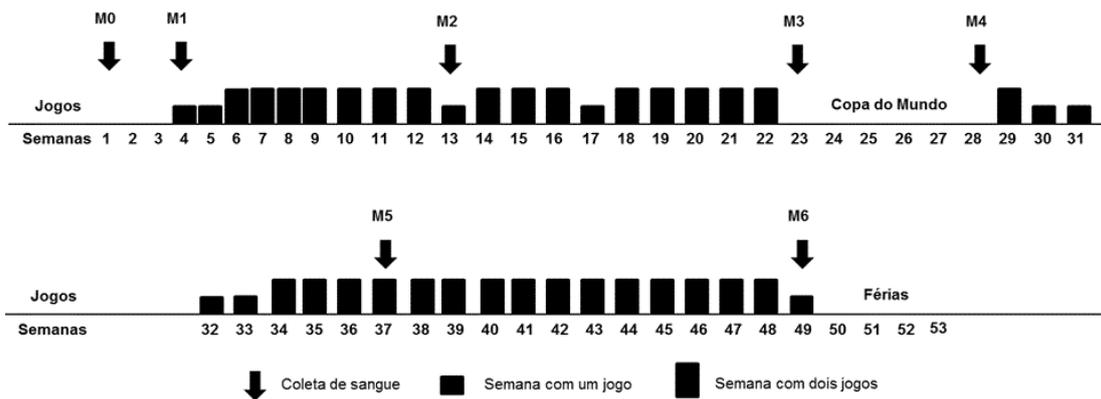
Inicialmente foi realizada a avaliação física para a caracterização da amostra. Foram mensuradas medidas da massa corporal, estatura, dobras cutâneas e consumo máximo de oxigênio ( $VO_2$  max).

A composição corporal foi realizada de acordo com o protocolo de Jackson e Pollock (1978). Essas avaliações ocorreram no 2º dia da primeira semana de treinamento da pré-temporada no período da manhã (08:00-09:00).

Com relação ao  $VO_2$  max, este foi avaliado de forma indireta, por meio do teste de campo YoYo Endurance Test nível 2 (Bangsbo, 1994) realizado no 5º dia de treinamento da primeira semana da pré-temporada ( $24,98 \pm 2,45$  °C e  $49,76 \pm 12,94$  %URA) no período da manhã (08:00-09:00).

Com relação às coletas sanguíneas para mensuração de testosterona e cortisol todas foram determinadas atendendo uma divisão equilibrada por semestre respeitando o planejamento do clube, excluindo o período de paralisação devido à copa do mundo de futebol de 2018 e a pré-temporada.

A primeira coleta foi realizada no retorno dos atletas do período de férias de 30 dias de inatividade (M0), a segunda imediatamente ao término da pré-temporada (M1), a terceira ao fim do campeonato estadual e início do Campeonato Brasileiro (M2), a quarta anteriormente à parada para a Copa do Mundo (M3), a quinta no retorno ao período competitivo após a Copa do Mundo (M4), a sexta no decorrer da liga nacional e início da fase eliminatória da Copa do Brasil (M5) e a sétima no fim do período competitivo (M6), como ilustrado na Figura 1, que sinaliza os períodos e os respectivos volumes de jogos oficiais.



**Figura 1** - Linha temporal dos momentos da coleta sanguínea.

Para minimizar os efeitos do ciclo circadiano no sistema endócrino, todas as coletas foram realizadas no período da manhã, entre 08:00-09:00 (González-Badillo e colaboradores, 2016). Os atletas estavam em jejum e vinham de um período de 72h de inatividade física.

As amostras de sangue foram recolhidas para um tubo Vacutainer® contendo SST-Gel e coágulo ativador, retiradas da veia antecubital, com o sujeito em uma posição sentada. O soro coagulou a temperatura ambiente e, subsequentemente, foram centrifugadas (1500 rpm, 4°C, 15 minutos). O material resultante foi colocado em tubos de Eppendorf® e congelado a -80 °C para análise posterior.

A testosterona e o cortisol foram analisados com kits DE ELISA da DRG (DRG®, International Inc., Nova Iorque, EUA; Testosterona CLA-4660®, Cortisol CLA-4651, NY, EUA).

### Análise estatística

A estatística descritiva com média  $\pm$  desvio padrão foi usada para a caracterização da amostra e dos momentos de coleta dos dados. A simetria dos dados foi analisada através do teste de Shapiro Wilk.

Em seguida, para comparações entre os grupos e os momentos de coleta, utilizou-se a ANOVA two way de medidas repetidas seguida do post hoc de Tukey HSD. Posteriormente, foi obtida uma matriz de correlação para verificar as relações entre as variáveis através do coeficiente de Pearson.

Os testes estatísticos foram realizados através dos softwares Statistical Package for the Social Sciences® (SPSS, EUA) e Microsoft Excel® para Microsoft Windows 10 (Microsoft®, EUA). O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS

A caracterização da amostra está expressa na tabela 1.

**Tabela 1** - Caracterização da amostra. Dados expressos em média  $\pm$  desvio padrão.

	n	Idade (anos)	Estatura (cm)	Massa Corporal (kg)	% Gordura	VO <sub>2</sub> max (mL.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )
Titulares	11	27 $\pm$ 4,38	178,36 $\pm$ 6,34	69,82 $\pm$ 6,65	9,86 $\pm$ 3,03	54,24 $\pm$ 2,57
Reservas	12	25 $\pm$ 5,12	179,11 $\pm$ 3,46	71,05 $\pm$ 5,19	9,97 $\pm$ 4,05	55,32 $\pm$ 3,12

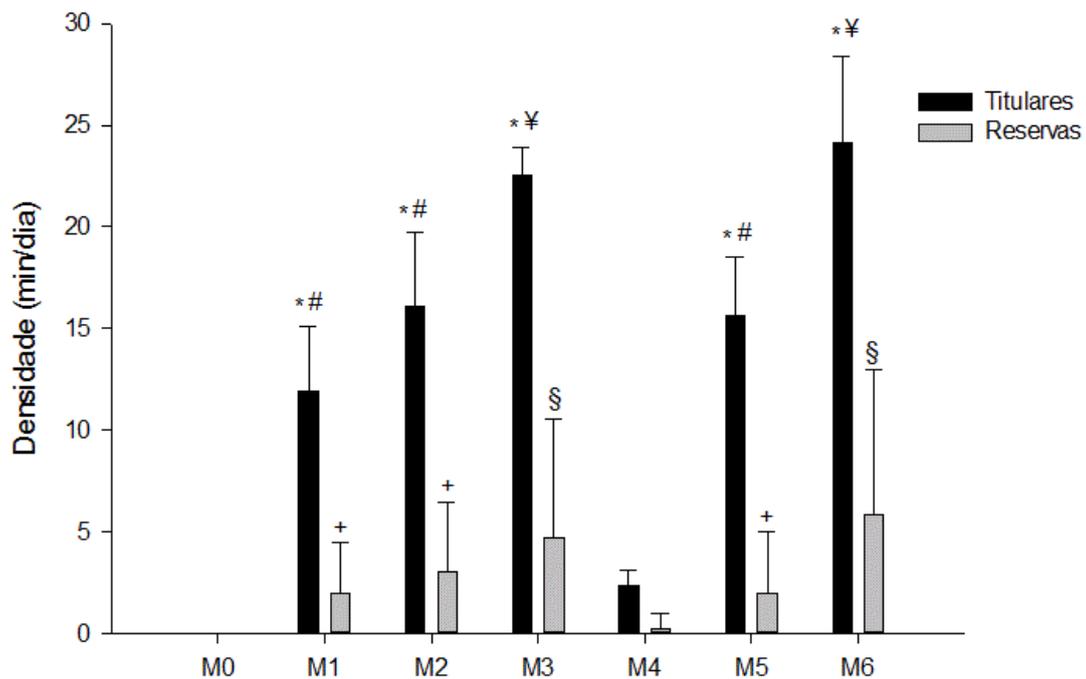
A tabela 2 apresenta os dados descritivos das variáveis analisadas em cada momento.

**Tabela 2** - Valores de densidade de jogos, cortisol, testosterona e razão T/C em diferentes momentos competitivos dos grupos titular e reserva.

	Densidade (min/dia)		Cortisol µg/dL		Testosterona ng/mL		Razão T/C	
	Titulares	Reservas	Titulares	Reservas	Titulares	Reservas	Titulares	Reservas
M0	0,00±0,00	0,00±0,00	20,07±10,68	20,01±9,05	7,93±2,53	6,97±1,39	0,56±0,47	0,45±0,45
M1	11,92±3,31	1,94±2,41	23,71±10,62	25,84±10,14	7,35±2,32	6,15±1,18	0,41±0,35	0,32±0,30
M2	16,09±3,66	3,06±3,31	51,95±6,97	24,63±9,91	6,88±2	6,35±1,18	0,14±0,07	0,37±0,38
M3	22,53±1,41	4,73±5,61	61,07±7,71	27,65±13,06	6,38±1,59	6,50±1,47	0,10±0,03	0,37±0,40
M4	2,34±0,77	0,21±0,71	19,67±10,27	20,49±8,73	7,91±2,15	6,23±1,02	0,54±0,40	0,42±0,39
M5	15,64±2,89	1,98±2,89	60,95±7,81	30,07±17,56	6,56±1,05	6,29±1,10	0,11±0,03	0,35±0,35
M6	24,10±4,30	5,83±0,90	66,06±6,15	38,68±19,12	6,07±1,07	6,41±1,02	0,09±0,02	0,23±0,20

**Legenda:** Dados expressos em média ± desvio padrão.

A densidade (min/dia) apresentou diferenças significativas entre titulares e reservas em M1, M2, M3, M5 e M6 (Figura 2).

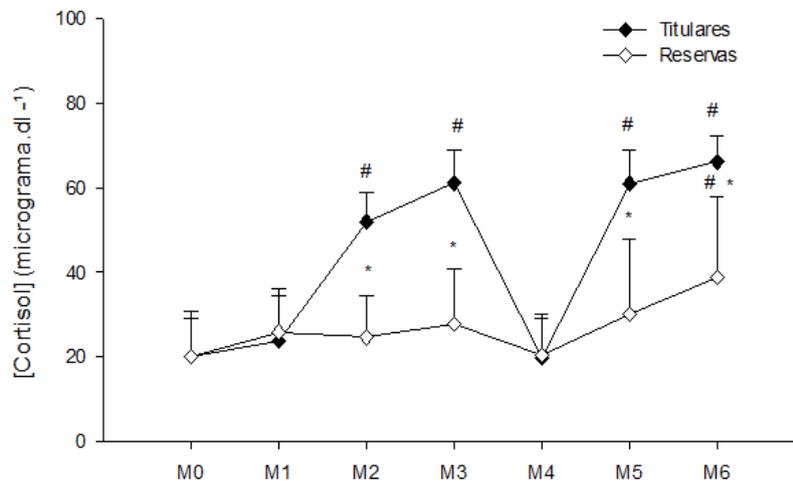
**Figura 2** - Densidade de atletas titulares e reservas.

**Legenda:** \*Diferença significativa em relação aos atletas reservas; #Diferença significativa para titulares em relação a M0, M3, M4 e M6; ¥Diferença significativa para atletas titulares em relação a M0, M1, M2, M4 e M5; +Diferença significativa para reservas em relação a M0, M3, M4 e M6; § Diferença significativa para reservas em relação a M0, M1, M2, M4, M5.

As concentrações de cortisol foram significativamente menores nos jogadores reservas em relação aos titulares em M2, M3, M5 e M6. No grupo de atletas titulares as concentrações de cortisol apresentaram um

aumento significativo em M2, M3, M5 e M6 em relação a M0 e M4.

Para atletas reservas observou-se um aumento significativo na resposta do cortisol em M6 em relação a M0 e M4 (Figura 3).

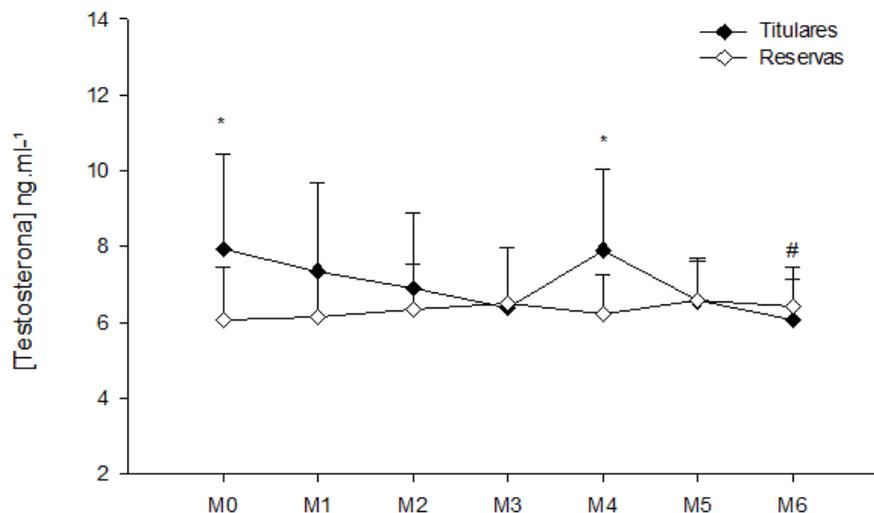


**Figura 3** - Valores médios da concentração de cortisol para atletas titulares e reservas.

**Legenda:** \*Diferença significativa em relação aos titulares ( $p < 0,05$ ); # Diferença significativa em relação a M0 e M4 para o mesmo grupo ( $p < 0,05$ ).

As concentrações de testosterona foram significativamente maiores para a equipe titular nos momentos M0 e M4. Não foram observadas diferenças significativas entre os

momentos para os atletas reservas, já para os titulares, observou-se uma redução nas concentrações de testosterona no momento M6 em relação a M0 e M4 (Figura 4).



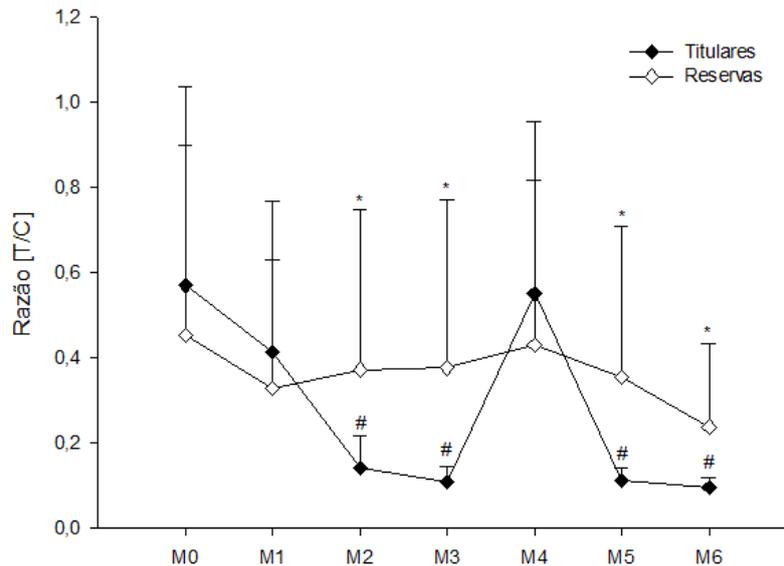
**Figura 4** - Valores médios da concentração de testosterona para atletas titulares e reservas.

**Legenda:** \*Diferença significativa entre atletas titulares e reservas ( $p < 0,05$ ); # Diferença significativa em relação a M0 e M4 para o mesmo grupo ( $p < 0,05$ ).

Foram observadas diferenças significativas para os valores médios da razão T/C entre atletas titulares e reservas nos momentos M2, M3, M5 e M6.

Os valores da razão T/C para a equipe reserva não apresentaram diferença

significativa dos momentos em relação aos valores basais. Já para a equipe titular os valores de M2, M3, M5 e M6 foram menores em relação ao M0, M1 e M4 (Figura 5).



**Figura 5** - Valores médios da razão T/C para atletas titulares e reservas.

**Legenda:** \*Diferença significativa em relação aos titulares ( $p < 0,05$ ); #Diferença significativa em relação a M0, M1 e M4 para o mesmo grupo ( $p < 0,05$ ).

As correlações entre as variáveis estão apresentadas na tabela 3. Para atletas titulares e reservas a razão T/C apresentou correlação significativa com a densidade de jogos (minutos jogados/dia) ( $r = -0,94$  e  $r = -0,80$ , respectivamente).

A variável minuto jogadas também apresentou correlação significativa com a razão T/C para titulares e reservas ( $r = -0,94$  e  $r = -0,84$ , respectivamente).

Para atletas titulares, as concentrações de cortisol e testosterona apresentaram correlações significativas com os minutos jogados ( $r = 0,94$  e  $r = -0,93$ , respectivamente) e com a densidade ( $r = 0,91$  e  $r = -0,97$ , respectivamente). As concentrações de cortisol e testosterona da equipe de atletas reservas também se correlacionaram significativamente com as variáveis de minutos jogados ( $r = 0,90$  e  $r = -0,63$ , respectivamente) e densidade ( $r = 0,85$  e  $r = 0,61$ , respectivamente).

**Tabela 3** - Correlações entre as variáveis coletadas dos atletas titulares e reservas.

	Minutos Jogados		Densidade (min/dia)	
	Titulares	Reservas	Titulares	Reservas
Cortisol $\mu\text{g/dL}$	0,94*	0,90**	0,91**	0,85**
Testosterona $\text{ng/dL}$	-0,93**	0,63**	-0,97**	0,61**
Razão T/C	-0,94**	-0,84**	-0,94**	-0,80**

**Legenda:** \*Correlação significativa para 0,01.

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo mostraram que as diferenças na densidade de jogos (min/dia) durante uma temporada de futebol modulam de forma significativa as respostas hormonais em atletas de futebol caracterizados em titulares e reservas.

Quanto aos jogadores titulares, houve aumento da concentração de cortisol e redução significativa da razão T/C anteriormente à copa do mundo (M2 e M3) e ao fim da temporada competitiva (M5 e M6) ( $p < 0,05$ ).

Assim, a alta densidade de jogos representativa de um calendário esportivo de copa do mundo se mostrou um fator determinante nas respostas inflamatórias, metabólicas e hormonais, principalmente nas concentrações do cortisol, que apresentou maior variação em relação à testosterona (0,45 e 0,32, respectivamente) se analisarmos o coeficiente de variação de ambos os hormônios.

Portanto, pode-se dizer que a variação da razão T/C se deve majoritariamente ao hormônio do cortisol. Vale ressaltar que mesmo apresentando diferença significativa entre os grupos titulares e reservas nos momentos M0 e M4, a testosterona não ultrapassou valores considerados normais para a população de homens adultos (3 a 10 ng/mL) (Moreira e colaboradores, 2013).

Simões e colaboradores (2004), demonstraram que o fator determinante para redução na razão T/C seria o volume de treinamento, ao comparar um grupo de corredores velocistas e outro de fundistas.

Os atletas do segundo grupo apresentaram maior queda na razão T/C do que os velocistas, que participaram de sessões de treinos mais intensas, porém, com volumes menores.

Esses achados estão em concordância com o presente estudo, uma vez que nos períodos M2, M3, M5 e M6, caracterizados pelos maiores volume de treinamento (expresso pela densidade de jogos) dos jogadores titulares em relação aos reservas, houve as maiores queda da razão T/C.

Ademais, Dehkordi e colaboradores (2014), ao investigarem níveis plasmáticos de cortisol em atletas de futebol profissionais, mostraram que estes reduzem proporcionalmente com a diminuição do volume de treinamento em virtude de uma menor secreção do hormônio ACTH. Esses achados

foram mais evidentes quando houve redução do volume de treinos na faixa dos 50%, com maior elevação da razão T/C.

De forma semelhante, nos períodos M0, M1 e M4 do estudo em questão, caracterizados pelos menores volumes de jogos e densidades de treino dos atletas titulares, foram encontradas as maiores razões T/C.

Abate e Salini (2022), buscaram avaliar o comportamento de mediadores biológicos em uma temporada competitiva de futebol e suas possíveis relações com o início do aparecimento de sintomas de overtraining. Os atletas foram avaliados no início e na meia temporada, definidas pelo alto volume de treinos.

Foram avaliadas a produção de radicais livres, testosterona e cortisol. Em concordância com os resultados dos atletas titulares do estudo em questão, foi demonstrado níveis mais altos de testosterona no início da temporada, enquanto os níveis de cortisol foram maiores no período de meia estação.

Ainda nesse sentido, os achados do presente estudo foram semelhantes aos de Handziski e colaboradores (2006) e Coelho e colaboradores (2015), que encontraram maiores valores de cortisol e, conseqüentemente, menor razão T/C no fim da temporada competitiva em jogadores profissionais de futebol da primeira e da segunda divisão.

Entretanto, Silva e colaboradores (2014) encontraram menores valores de cortisol ao fim da temporada competitiva com uma cinética da razão T/C diferente do presente estudo e dos supracitados.

As diferentes respostas provavelmente estão associadas a intensidade, volume, gênero, idade e desenho metodológico do programa de treinamento.

Além disso, uma maior secreção de cortisol se associa a uma maior carga estressora, o que é uma variável notória em um ano atípico de Copa do Mundo, diferente do que ocorre em períodos com prevalência de treinos e jogos amistosos de menor impacto psicológico nos jogadores (Jiménez e colaboradores, 2020).

Monitorar a resposta desses parâmetros às cargas de treinamento de longo prazo pode auxiliar os treinadores no controle do processo de treinamento.

Considerando que, além do efeito anabólico (Martinez e colaboradores, 2010; Teo, Mcguigan e Newton, 2011), o cortisol também atua como supressor do sistema imune (Ehrlenspiel e Strahler, 2012), a elevação do volume de jogos pode prejudicar a manutenção da massa corporal como também a reparação tecidual muscular.

Nesse contexto, Dupont e colaboradores (2010) demonstraram que, apesar da manutenção do desempenho, a incidência de lesão foi maior nos atletas que jogavam duas vezes por semana em relação aos que atuavam apenas uma vez (25,6 e 4,1 por 1000h de exposição, respectivamente).

Ademais, Nobari e colaboradores (2021) analisaram marcadores endócrinos em jogadores de futebol, buscando correlação com carga de trabalho acumulada e parâmetros de condicionamento físico.

Os resultados mostraram correlações positivas significativas entre a testosterona e a relação T/C com testes de aptidão física, como força isométrica do quadríceps, que se relacionaram a melhor desempenho.

Entretanto, alguns estudos têm verificado que intervir atenuando o processo inflamatório pode apresentar efeitos negativos na adaptação ao treinamento de força e resistência ao invés de potencializar a recuperação (Yamane e colaboradores, 2006; Urso, 2013; Broatch, Petersen e Bishop, 2014; Moreira e colaboradores, 2015).

Urso (2013), em seu estudo de revisão, demonstrou a importância da cascata inflamatória para regeneração tecidual e ainda não há na literatura um momento ideal para se suprimir este processo sem efeitos deletérios subsequentes.

Ademais, há outras variáveis envolvidas no overtraining, como IGF-1 e GH, afinidade de receptores hormonais, composição da dieta e fatores neurais (Abate e Salini, 2022).

Dessa forma, estratégias podem ser adotadas para modular a razão T/C através dos níveis de testosterona, direcionando os programas de treinamento principalmente ao volume de treinamento de força, o que estaria associada ao aumento de testosterona livre (Saidi e colaboradores, 2021).

As limitações do presente estudo incluem a falta de um controle preciso sobre a dieta e treinamento dos voluntários, bem como indicadores de estresse.

Como pontos positivos, a alta frequência de coleta empregada permite melhor compreensão da resposta metabólica frente ao volume de treinos, ao passo que coletadas espaçadas não necessariamente caracterizam as variações endócrinas de toda uma temporada com duração de 11 meses.

Portanto, há ineditismo no desenho metodológico com sete momentos de coleta, caracterizando a temporada de forma mais detalhada que estudos antecessores.

## CONCLUSÃO

A avaliação constante das respostas do sistema endócrino, em especial da testosterona e cortisol, pode auxiliar indiretamente no monitoramento, controle e planejamento das sessões de treinamento, principalmente em momentos mais congestionados do calendário competitivo.

O uso da interação entre alterações de biomarcadores e alterações de desempenho físico podem ser usados para gerenciar a carga de trabalho e monitorar a fadiga durante o treinamento de futebol de longo prazo, melhorando o desempenho dos jogadores e estimulando sua máxima adaptação fisiológica sem induzir o overtraining.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) por viabilizarem o presente estudo.

## REFERÊNCIAS

- 1-Abate, M.; Salini, V. Oxidative Stress, Testosterone, Cortisol, and Vitamin D: Differences in Professional Soccer Players of African and Caucasian Origin. *Med Princ Pract*. 2022.
- 2-Bangsbo, J. The physiology of soccer - with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand*. Vol. 619. 1994. p.1-155.

- 3-Broatch, J.R.; Petersen, A.; Bishop, D.J. Postexercise cold water immersion benefits are not greater than the placebo effect. *Med Sci Sports Exerc.* Vol. 46. Num. 11. 2014. p. 2139-2147.
- 4-Coelho, D.B.; Morandi, R.F.; Melo, M.A.A.; Silami-Garcia, E. Creatine kinase kinetics in professional soccer players during a competitive season. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* Vol. 13. Num. 3. 2011. p.189-194.
- 5-Coelho, D.B.; Mortimer, L.A.; Condessa, L.A.; Morandi, R.F.; Oliveira, B.M.; Marins, J.C.B.; Soares, D.D.; Silami-Garcia, E. Intensity of real competitive soccer matches and differences among player positions. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* Vol. 13. Num. 5. 2011. p. 341-347.
- 6-Coelho, D.B.; Pimenta, E.M.; Paixão, R.C.; Morandi, R.F.; Becker, L.K.; Júnior, J.B.F.; Coelho, L.G.M.; Silami-Garcia, E. Analysis of chronic physiological demand of an annual soccer season. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* Vol. 17. Num. 4. 2015. p. 400-408.
- 7-Dehkordi, K.J.; Ebrahim, K.; Gaeini, A.; Gholami, M. The Effect of Two Types of Tapering on Cortisol, Testosterone and Testosterone/Cortisol Ratio in Male Soccer Players. *Intl J Basics Sci Appl Res.* Vol. 3. Num. 2. 2014. p. 79-84.
- 8-Dupont, G.; Nedelec, M.; McCall, A.; McCormack, D.; Berthoin, S.; Wisloff, U. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med.* Vol. 38. Num. 9. 2010. p. 1752-1758.
- 9-Ehrlenspiel, F.; Strahler, K. Psychoneuroendocrinology of sport an exercise. Ed. Routledge Research in Sport and Exercise Science. 2012.
- 10-González-Badillo, J.J.; Rodríguez-Rosell, D.; Sánchez-Medina, L.; Ribas, J.; López-López, C.; Mora-Custodio, R.; Yañez-García, J.M.; Pareja-Blanco, F. Short-term recovery following resistance exercise leading or not to failure. *Int J Sports Med.* Vol. 37. Num. 4. 2016. p. 295-304.
- 11-Handziski, Z.; Maleska, V.; Petrovska, S.; Nikolik, S.; Mickoska, E.; Dalip, M.; Kostova, E. The changes of ACTH, cortisol, testosterone and testosterone/cortisol ratio in professional soccer players during a competitive half-season. *Bratisl Lek Listy.* Vol. 107. Num. 6-7. 2006. p. 259-263.
- 12-Hayes, L.D.; Grace, F.M.; Baker, J.S. Exercise-Induced Responses in Salivary Testosterone, Cortisol, and Their Ratios in Men: A Meta-Analysis. *Sports Med.* Vol. 45. Num 5. 2015. p. 713-726.
- 13-Ispiridis, I.; Fatouros, I.G.; Jamurtas, A.Z.; Nikolaidis, M.G.; Michailidis, I.; Douroudos, I.; Margonis, K.; Chatzinikolaou, A.; Kalistratos, E.; Katrabasas, I.; Alexiou, V.; Taxildaris, K. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med.* Vol. 18. Num. 5. 2008. p. 423-31.
- 14-Jackson, A.S.; Pollock, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* Vol. 40. Num. 3. 1978. p. 497-504.
- 15-Jimenéz, M.; Alvero-Cruz, J.R.; Solla, J.; García-Bastida, J.; García-Coll, V.; Rivilla, I. Competition Seriousness and Competition Level Modulate Testosterone and Cortisol Responses in Soccer Players. *Int J Environ Res Public Health.* Vol. 17. Num. 1. 2020. p. 350.
- 16-Magalhães, J.; Rebelo, A.; Oliveira, E.; Silva, J.R.; Marques, F.; Ascensão A. Impact of Loughborough Intermittent Shuttle Test versus soccer match on physiological, biochemical and neuromuscle parameters. *Eur J Appl Physiol.* Vol. 108. Num. 1. 2010. p. 39-48.
- 17-Marqués-Jiménez, D.; Calleja-González, J.; Arratibel, I.; Delextrat, A.; Terrados, N. Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. *The Open Sports Sciences Journal.* Vol. 10. Num. 1. 2017. p. 52-70.
- 18-Martinez, A.C.; Seco Calvo, J.; Tur Mari, J.A.; Abecia Inchaurregui, L.C.; Orella, E.E.; Biescas, A.P. Testosterone and cortisol changes in professional basketball players through a season competition. *J Strength Cond Res.* Vol. 24. Num. 4. 2010. p. 1102-1108.
- 19-Mohr, M.; Draganidis, D.; Chatzinikolaou, A.; Barbero-Álvarez, J.C.; Castagna, C.;

Douroudos, I.; Avloniti, A.; Margeli, A.; Papassotiropoulos, I.; Flouris, A.D.; Jamurtas, A.Z.; Krstrup, P.; Fatouros, I.G. Muscle damage, inflammatory, immune and performance responses to three football games in 1 week in competitive male players. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 116. Num. 1. 2016. p. 179-193.

20-Moreira, A.; Mortatti, A.; Aoki, M.; Arruda, A.; Freitas, C.; Carling, C. Role of free testosterone in interpreting physical performance in elite young Brazilian soccer players. *Pediatr Exerc Sci*. Vol. 25. Num. 2. 2013. p. 186-197.

21-Moreira, M.; Costa, E.C.; Coutts, A.J.; Nakamura, F.Y.; Silva, D.A.; Aoki, M.S. Cold water immersion did not accelerate recovery after a futsal match. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 21. Num. 1. 2015. p. 40-43.

22-Nedelec, M.; Wisloff, U.; McCall, A.; Berthoin, S.; Dupont, G. Recovery after an intermittent test. *Int J Sports Med*. Vol. 34. Num. 6. 2012. p. 554-558.

23-Nobari, H.; Mainer-Pardos, E.; Adsuar, J.C.; Franco-García, J.M.; Rojo-Ramos, J.; Cossio-Bolaños, M.A. Association Between Endocrine Markers, Accumulated Workload, and Fitness Parameters During a Season in Elite Young Soccer Players. *Front Psychol*. Vol. 12. 2021.

24-Oliveira, R.; Brito, J.P.; Loureiro, N.; Padinha, V.; Ferreira, B.; Mendes, B. Does the distribution of the weekly training load account for the match results of elite professional soccer players?. *Physiology & Behavior*. Vol. 225. 2020.

25-Saidi, K.; Abderrahman, A.B.; Hackney, A.C.; Bideau, B.; Zouita, S.; Granacher, U. Hematology, Hormones, Inflammation, and Muscle Damage in Elite and Professional Soccer Players: A Systematic Review with Implications for Exercise. *Sports Med*. Vol. 51. Num. 12. 2021. p. 2607-2627.

26-Silva, J.R.; Rebelo, A.; Marques, F.; Pereira, L.; Seabra, A.; Ascensão, A.; Magalhães, J. Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Appl Physiol Nutr Metab*. Vol. 39. Num. 4. 2014. p. 432-438.

27-Simões, H.G.; Marcon, F.; Oliveira, F.; Campbell, C.S.G.; Baldisserra, V.; Costa Rosa,

L.F.B.P. Resposta da razão testosterona/cortisol durante o treinamento de corredores velocistas e fundistas. *Rev Bras Educa Fis Esporte*. Vol. 18. Num. 1. 2004. p. 31-46.

28-Selmi, I.; Ouergui, J.; Castellano, D.; Levitt, A. Effect of an intensified training period on well-being indices, recovery and psychological aspects in professional soccer players. *European Review of Applied Psychology*. Vol. 70. Num. 6. 2020. p. 2-8.

29-Teo, W.; Mcguigan, M.R.; Newton, M.J. The effects of circadian rhythmicity of salivary cortisol and testosterone on maximal isometric force, maximal dynamic force, and power output. *J Strength Cond Res*. Vol. 25. Num. 6. 2011. p. 1538-1545.

30-Urso, M.L. Anti-inflammatory interventions and skeletal muscle injury: benefit or detriment? *J Appl Physiol*. Vol. 115. Num. 6. 2013. p. 920-928.

31-Yamane, M.; Teruya, H.; Nakano, M.; Ogai, R.; Ohnishi, N.; Kosaka, M. Post-exercise and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. *Eur J Appl Physiol*. Vol. 96. Num. 5. 2006. p. 572-580.

4 - Mestrado em Ciências do Esporte pela Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil; Fisiologista - Futebol Profissional do Cruzeiro Esporte Clube, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

5 - Mestrado em Educação Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil; Fisiologista de Base do Clube Atlético Mineiro, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

6 - Escola de Educação Física, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

7 - Mestrado em Administração pela Universidade FUMEC, Brasil; Professor assistente da Universidade FUMEC, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

8 - Escola de Educação Física e Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

## E-mail dos autores:

empimenta@uol.com.br  
izabela.coelho@aluno.ufop.edu.br  
emerson@ufop.edu.br  
morandao@yahoo.com.br  
tane.ufrj@gmail.com  
vinicius.mapa@aluno.ufop.edu.br  
charlescostabh@gmail.com  
lenice@ufop.edu.br  
danielcoelhoc@gmail.com

## Autor correspondente:

Daniel Barbosa Coelho.  
danielcoelhoc@gmail.com  
Universidade Federal de Ouro Preto, Centro  
Desportivo da Universidade Federal de Ouro  
Preto. Campus Morro do Cruzeiro s/n, Bairro  
Bauxita. Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.  
CEP: 35400-000.

Recebido para publicação em 26/08/2022

Aceito em 03/09/2022