

PRISCILA RITA NIQUINI RIBEIRO LOPES

**EFEITOS ERGOGÊNICOS DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS  
BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO ANAERÓBICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2015

PRISCILA RITA NIQUINI RIBEIRO LOPES

**EFEITOS ERGOGÊNICOS DA INGESTÃO DE CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS  
BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO ANAERÓBICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do Título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de Agosto de 2015.

---

Ceres Mattos Della Lucia

---

Luciana Moreira Lima  
(Coorientadora)

---

João Carlos Bouzas Marins  
(Orientador)

*A Deus, aos meus pais, familiares e amigos  
que sempre estiveram ao meu lado nesta  
jornada.*

*Ao meu orientador João Carlos Bouzas  
Marins.*

*“O pensamento cria, o desejo atrai e a fé realiza.”*

*Lauro Trevisan*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas várias bênçãos concedidas, pelas grandes oportunidades e pessoas incríveis colocadas em meu caminho, pela calma e a fé inabaláveis que me fizeram guardar a certeza de que no final daria tudo certo.

À minha família, agradeço por toda paciência e palavras de motivação para suportar as dificuldades desta jornada. Agradeço especialmente à minha mãe (Neusa Niquini), à Tia Neli e à minha madrinha Vânia, por serem meus espelhos, me servindo como exemplos de caráter, perseverança e ser humano a serem seguidos, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me proporcionando bases familiares sólidas. Às minhas irmãs Polyanna e Paula Roberta pela amizade, compreensão e carinho. Aos meus pequenos Duda, Maria, Bê, Carol e Lorenzo, por sempre reacenderem a chama da esperança nessa tia babona.

Aos meus amigos, à família judô LUVE, à minha prima Lays, agradeço por sempre me auxiliarem com uma palavra amiga nos momentos de dificuldade e por compreenderem os momentos de ausência que se fizeram necessário para a realização de mais este sonho em minha vida.

Aos meus companheiros de mestrado Liana, Gabriel e Alisson pela troca de experiências e amizade, ao Mário e ao Duílio, por terem sido os meus braços diretos nesta jornada e que hoje mais do que grandes amigos, os considero como verdadeiros irmãos. À Edna, Jaysa e Yuri por terem me auxiliado na coleta de dados e aos voluntários que participaram do estudo, pois sem a boa vontade de vocês, nada disso seria possível.

Ao meu querido orientador, João Carlos Bouzas Marins, grande exemplo de ser humano e de profissional competente e dedicado, agradeço pela confiança empregada desde o momento em que me aceitou como sua bolsista de iniciação científica e por ter sido um dos grandes incentivadores para que eu ingressasse nesta jornada. Sinto-me honrada por ter sido sua orientada e por fazer parte da Família LAPEH.

Ao meu coorientador Prof. Maicon Rodrigues, por ter aceitado a tarefa de auxiliar com sua experiência e amizade o processo de realização deste projeto.

Agradeço às prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ceres e prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana por gentilmente aceitarem o convite para participar da banca de defesa da minha dissertação, e contribuírem com a melhora da qualidade deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Educação Física, especialmente ao LAPEH, pela oportunidade da realização do mestrado e pela

disponibilidade de estrutura física e materiais. Aos funcionários do departamento, por toda simpatia e presteza, tornando esta caminhada mais leve.

Agradeço à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos que me proporcionou a oportunidade de me dedicar ainda mais à realização do mestrado.

Agradeço ao Curso de Especialização em Futebol pelo financiamento de grande parte da minha pesquisa.

Agradeço ao povo brasileiro pelo financiamento de meus estudos desde a graduação, iniciação científica e mestrado, pela oportunidade de formação profissional.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, Muito Obrigado!

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| LISTA DE TABELAS.....                                                                                                                                                  | viii |
| LISTA DE FIGURAS.....                                                                                                                                                  | x    |
| LISTA DE QUADROS.....                                                                                                                                                  | xi   |
| LISTA DE ABREVIATURAS .....                                                                                                                                            | xii  |
| RESUMO.....                                                                                                                                                            | xiii |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                          | xv   |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL.....                                                                                                                                               | 1    |
| 2. OBJETIVOS .....                                                                                                                                                     | 3    |
| 2.1. Objetivo Geral.....                                                                                                                                               | 3    |
| 2.2. Objetivos Específicos .....                                                                                                                                       | 3    |
| 3. REFERÊNCIAS.....                                                                                                                                                    | 4    |
| ARTIGO 1: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE HOMENS E MULHERES. ....                                             | 7    |
| RESUMO.....                                                                                                                                                            | 7    |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                          | 9    |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                    | 10   |
| 2. MÉTODOS .....                                                                                                                                                       | 12   |
| 3. RESULTADOS .....                                                                                                                                                    | 18   |
| 4. DISCUSSÃO .....                                                                                                                                                     | 25   |
| 5. CONCLUSÕES .....                                                                                                                                                    | 36   |
| 6. REFERÊNCIAS.....                                                                                                                                                    | 37   |
| ARTIGO 2: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE INDIVÍDUOS COM ALTO E BAIXO DE CONSUMO HABITUAL DE CAFEÍNA. .... | 44   |
| RESUMO.....                                                                                                                                                            | 44   |
| ABSTRACT.....                                                                                                                                                          | 46   |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                        | 48 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS .....                               | 50 |
| 3. RESULTADOS .....                                        | 56 |
| 4. DISCUSSÃO .....                                         | 65 |
| 5. CONCLUSÕES .....                                        | 75 |
| 6. REFERÊNCIAS.....                                        | 77 |
| CONCLUSÕES GERAIS.....                                     | 82 |
| ANEXOS .....                                               | 83 |
| 1. QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO DE ATIVIDADE FÍSICA .....     | 83 |
| 2. TABELA DE RISCO CORONARIANO .....                       | 84 |
| 3. RECORDATÓRIO ALIMENTAR .....                            | 85 |
| 4. QUESTIONÁRIO QUANTITATIVO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR ..... | 86 |
| APÊNDICE .....                                             | 87 |
| 1. TERMO DE CONSENTIMENTO .....                            | 87 |
| 2. FOLHA DE PRODUTIVIDADE .....                            | 90 |



## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE HOMENS E MULHERES

- Tabela 1.** Caracterização dos indivíduos por meio da idade, variáveis antropométricas e percentual de gordura em homens (n=16) e mulheres (n=16) consumidores de cafeína. 18
- Tabela 2.** Variáveis bioquímicas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios) e diferenças observadas em T1 entre os indivíduos dos grupos cafeína e placebo (n = 32). 19
- Tabela 3.** Variáveis bioquímicas de homens e mulheres consumidores de cafeína e diferenças observadas entre os tempos T1 (após o protocolo de exercício) em cada um dos tratamentos (cafeína e placebo). 20
- Tabela 4.** Frequência absoluta de indivíduos classificados acima, dentro ou abaixo dos valores de referência das variáveis bioquímicas avaliadas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios). 21
- Tabela 5.** Resultados dos testes físicos observadas entre os indivíduos do estudo divididos nos grupos cafeína (n=32) e placebo (n=32). 22
- Tabela 6.** Resultados dos testes físicos observados entre os homens (n=16) e mulheres (n=16) consumidores de cafeína e diferenças observadas entre os grupos cafeína e placebo. 24

### ARTIGO 2: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE INDIVÍDUOS COM ALTO E BAIXO DE CONSUMO HABITUAL DE CAFEÍNA

- Tabela 1.** Caracterização por meio da idade, variáveis antropométricas e percentual de gordura dos indivíduos divididos em alto (n=16) e baixo (n=16) consumo de cafeína. 57
- Tabela 2.** Variáveis bioquímicas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios) e diferenças observadas em T1 entre os indivíduos dos grupos cafeína e placebo (n = 32). 58
- Tabela 3.** Variáveis bioquímicas dos indivíduos classificados quanto ao alto ou baixo consumo de cafeína e diferenças observadas entre os tempos T1 (após o protocolo de exercício) em cada um dos tratamentos (cafeína e placebo). 59

|                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 4.</b> Frequência absoluta de indivíduos classificados acima, dentro ou abaixo dos valores de referência das variáveis bioquímicas avaliadas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios). | 60 |
| <b>Tabela 5.</b> Resultados dos testes físicos observadas entre os indivíduos do estudo divididos nos grupos cafeína (n=32) e placebo (n=32).                                                                                                 | 61 |
| <b>Tabela 6.</b> Resultados dos testes físicos observados dos indivíduos classificados quanto ao alto (n=16) ou baixo (n=16) consumo de cafeína e diferenças observadas entre os grupos cafeína e placebo.                                    | 62 |
| <b>Tabela 7.</b> Diferença dos resultados dos testes físicos apresentados pelos voluntários com o maior e o menor consumo habitual médio de cafeína no experimental com cafeína e placebo.                                                    | 63 |

## LISTA DE FIGURAS

### **ARTIGO 1: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE HOMENS E MULHERES**

**Figura 1.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. 16

**Figura 2.** Percentual de melhora de desempenho apresentado por homens e mulheres após o consumo de cafeína para os testes físicos aplicados. 25

### **ARTIGO 2: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE INDIVÍDUOS COM ALTO E BAIXO DE CONSUMO HABITUAL DE CAFEÍNA**

**Figura 1.** Distribuição dos voluntários. 50

**Figura 2.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo. 55

**Figura 3.** Número de repetições realizadas por cada voluntário dos grupos alto consumo e baixo consumo após a ingestão de placebo e cafeína. 64

## LISTA DE QUADROS

### **ARTIGO 1: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE HOMENS E MULHERES**

**Quadro 1.** Valores de referência para as variáveis bioquímicas. 15

### **ARTIGO 2: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE INDIVÍDUOS COM ALTO E BAIXO DE CONSUMO HABITUAL DE CAFEÍNA**

**Quadro 1.** Valores de referência para as variáveis bioquímicas. 54

**LISTA DE ABREVIATURAS**

|                   |                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------|
| SNC               | Sistema Nervoso Central                         |
| PDE               | Fosfodiesterase                                 |
| PHOS              | Fosforilases                                    |
| CK                | Creatina Quinase                                |
| DP                | Desvio Padrão                                   |
| IMC               | Índice de Massa Corporal                        |
| GC                | Gordura Corporal                                |
| PAR-Q             | Questionários de Prontoidão de Atividade Física |
| TCLE              | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido      |
| MC                | Massa Corporal                                  |
| RM                | Repetição Máxima                                |
| FC                | Frequência Cardíaca                             |
| FC <sub>MÁX</sub> | Frequência Cardíaca Máxima                      |
| FC <sub>REP</sub> | Frequência Cardíaca de Repouso                  |
| FCT               | Frequência Cardíaca de Treino                   |
| AGL               | Ácidos Graxos Livres                            |
| ATP               | Adenosina Trifosfato                            |
| CP                | Creatina Fosfato                                |
| ADP               | Adenosina Difosfato                             |
| LDH               | Desidrogenase Lática                            |
| ACTH              | Hormônio Adrenocorticotrófico                   |

## RESUMO

LOPES, Priscila Rita Niquini Ribeiro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2015. **Efeitos ergogênicos da ingestão de cafeína sobre variáveis bioquímicas e de desempenho anaeróbico.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins. Coorientadores: Maicon Rodrigues Albuquerque e Luciana Moreira Lima.

Naturalmente consumida em alguns alimentos e estando presente em certos medicamentos e suplementos alimentares, a cafeína é um recurso ergogênico nutricional que quando consumido de forma aguda, antes da realização de exercícios físicos, tem sido associada com o retardo da fadiga e aprimorar o desempenho. Esta dissertação é composta por dois artigos. O primeiro estudo teve como objetivo avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico anaeróbico em homens e mulheres fisicamente ativos, se o fator sexo influencia neste comportamento, bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico. Já no segundo estudo o objetivo foi avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico em indivíduos fisicamente ativos divididos conforme o nível de consumo diário de cafeína (alto ou baixo), se o hábito de consumo influencia neste comportamento, bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico. Em ambos os estudos os sujeitos da amostra foram os mesmos, sendo avaliados 16 homens ( $22,94 \pm 11,68$  anos;  $78,57 \pm 11,68$  kg;  $1,78 \pm 0,05$  m;  $16,42 \pm 6,57$  %GC) e 16 mulheres ( $23,75 \pm 2,21$  anos;  $60,36 \pm 9,11$  kg;  $1,65 \pm 0,07$  m;  $29,8 \pm 6,74$  %GC) classificados como fisicamente ativos. No primeiro estudo adotou-se um desenho que corresponde a um ensaio clínico randomizado tipo *crossover*. Nos dois dias de teste, separados por uma semana, foram coletadas amostras sanguíneas antes da ingestão das cápsulas (cafeína ou placebo) e imediatamente ao final do último teste, para a análise de glicose, creatina quinase (CK) total, ureia, ácidos graxos livres, cortisol, potássio e lactato. Foram oferecidas aos voluntários cápsulas de cafeína contendo 5 mg de cafeína/kg de massa corporal (MC). Após 40 minutos do consumo das cápsulas, os avaliados foram encaminhados para a realização dos protocolos de testes na seguinte ordem: resistência de força no *leg press* 45°, dinamometria manual, *Squat Jump* e ergômetro de braço (teste de Wingate). No segundo estudo, foi empregada a mesma estratégia metodológica do estudo anterior, porém os avaliados foram separados como alto consumidores e baixo consumidores de cafeína, classificados por um questionário quantitativo de frequência alimentar adaptado para a ingestão de cafeína, separando em G1 (alto consumo  $\geq 100$  mg/dia) e G2 (baixo consumo  $< 100$  mg/dia). Todos os testes experimentais foram realizados em semelhantes condições experimentais de temperatura e umidade relativa do ar. Os principais resultados do primeiro artigo apontam que, em relação às variáveis bioquímicas, houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no T1 de coleta, para a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol após o consumo da cafeína. Entre os homens a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) em T1 com a cafeína. Já entre as mulheres esse aumento estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) ocorreu na glicose e nos ácidos graxos livres. Na avaliação do desempenho foi observada melhora significativa ( $p < 0,05$ ) tanto entre os

homens quanto entre as mulheres após o consumo de cafeína apenas no número de repetições, não sendo observada influência sobre a dinamometria, altura de salto, potência máxima e média e índice de fadiga. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre homens e mulheres para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Os principais resultados do segundo artigo apontam que, em relação às variáveis bioquímicas, ocorreu aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no T1 de coleta, para a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol com o consumo da cafeína. No grupo do alto consumo a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) em T1 com a cafeína. Já no grupo do baixo consumo o aumento significativo ( $p < 0,05$ ) ocorreu para a glicose, creatina quinase, lactato e ácidos graxos livres. Na avaliação do desempenho foi observada melhora significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para o número de repetições entre os dois grupos, não sendo observada influência sobre a dinamometria, altura de salto, potência máxima e média e índice de fadiga. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os grupos alto consumo e baixo consumo para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Foram informados como efeitos ergolíticos em ambos os trabalhos após o consumo da cafeína: ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor. Como conclusões, o consumo de cafeína influenciou positivamente nas variáveis sanguíneas glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol. Em homens e mulheres a cafeína foi eficiente como recurso ergogênico para atividades anaeróbicas, apresentando resultados favoráveis sobre a resistência de força. O fator sexo não foi determinante sobre as respostas ao consumo de cafeína. Entre os grupos alto e baixo consumo, a cafeína proporcionou aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da resistência de força. Além disso, influiu de forma semelhante como agente ergogênico independente do hábito de ingestão do indivíduo. Os efeitos ergolíticos relatados após o consumo da cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor.

## ABSTRACT

LOPES, Priscila Rita Niquini Ribeiro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, august 2015. **Possible ergogenic effects of caffeine intake under biochemical variables and anaerobic performance.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins. Co-advisers: Maicon Rodrigues Albuquerque and Luciana Moreira Lima.

Caffeine is a nutritional ergogenic aid consumed naturally in some foods and is present in certain medicines and dietary supplements. When consumed acutely, prior to physical exercise has been associated with the delay fatigue and improve performance. Two papers composed the present thesis. The first study aimed to evaluate the acute consumption of caffeine under biochemical parameters and the physical performance on men and women physically active, the gender factor influencing this behaviour, as well as identify the presence of any ergolytic effect. The second study aimed to evaluate the acute consumption of caffeine under biochemical parameters and its relationship with physically active subjects divided accordingly with the level of daily caffeine consumption (high or low), the consumption habits influencing this behaviour, as well as identify the presence of a possible ergolytic effect. On both studies the sampled subjects were the same, with 16 men ( $22,94 \pm 11,68$  years;  $78,57 \pm 11,68$  kg;  $1,78 \pm 0,05$  m;  $16,42 \pm 6,57$  % CF) and 16 women ( $23,75 \pm 2,21$  years;  $60,36 \pm 9,11$  kg;  $1,65 \pm 0,07$  m;  $29,8 \pm 6,74$  % CF) classified as physically active. On the first study, a draw was adopted corresponding to a clinical essay, randomized as crossover style. On the two testing days, separated by one week, the blood samples were collected before the ingestion of caffeine (caffeine or placebo) and immediately at the end of the last exam, for glyucose analysis, creatine kinase (CK) total, urea, free fatty acids, cortisol, potassium and lactate. Capsules containing 5 mg of caffeine/kg of body mass (BM) were offered to the volunteers. After 40 minutes of the capsules consumption, the participants were guided to the exercises testing protocols, in the following order: strength resistance on the leg press  $45^\circ$ , manual dynamometry, squat jump and arm ergometer (Wingate Test). For the second study, the same methodology was applied, yet the subjects were separated as high and low consumers of caffeine, classified through a quantitative questionnaire of diet habits, adapted to caffeine consumption, separating in G1 ( high consumption  $\geq 100$  mg/day) and G2 ( low consumption  $< 100$  mg/day). All the experimental tests were performed under similar conditions of temperature and relative humidity. The main results from the first paper showed that, regarding the biochemical parameters, there was a significative increase ( $p < 0,05$ ) on the T1 group, for glyucose, creatine kinases, lactate, free fatty acids and cortisol after the consumption of caffeine. Among the men group, the glyucose, free fatty acids and cortisol increased significantly ( $p < 0,05$ ) for the T1 with caffeine. Although, among the women this significantly statistical increase ( $p < 0,05$ ) occurred for glyucose and free fatty acids. On the performance evaluation, an improvement could be observed ( $p < 0,05$ ) both among men as well as women after the caffeine consumption on the number of repetitions, there was no influence on dynamometry, jump height, maximum and medium potency and fatigue index. There was no significantly statistical difference ( $p > 0,05$ ) between the men and women



groups for none of the biochemical parameters or physical tests. The main results on the second paper showed that, regarding the biochemical parameters, a statistically significant increase occurred ( $p < 0,05$ ) for the T1 group, for glucose, creatine kinase, lactate, free fatty acids and cortisol with the consumption of caffeine. For the group with high consumption, the glucose, free fat acids and cortisol increased significantly ( $p < 0,05$ ) on T1 with the caffeine. Yet, for the low consumption group, the increase ( $p < 0,05$ ) occurred for glucose, creatine kinase, lactate and free fat acids. For the performance evaluation a significant improvement could be observed ( $p < 0,05$ ) both among high consumption as well as low consumption of caffeine on the number of repetitions, there was no influence on dynamometry, jump height, maximum and medium potency and fatigue index. There was no significant difference ( $p > 0,05$ ) between the groups of high and low consumption for none of the biochemical parameters or physical tests. The ergolytic effects were informed on both studies after the consumption of caffeine: anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat. To conclude, the consumption of caffeine showed influence on the blood parameters for glucose, creatine kinase, urea, lactate, free fat acids and cortisol. On both men and women, the caffeine was efficient as an ergogenic resource, regarding anaerobic activities, showing favourable results over strength resistance, furthermore, it influenced on a similar way as an ergogenic agent regardless the gender. Between the groups of high and low consumption, the caffeine was efficient as an ergogenic resource, showing favourable results over strength resistance, furthermore, it influenced on a similar way as an ergogenic agent regardless the intake habits of the participants. The ergolytic effects informed after the consumption of caffeine were anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A cafeína é um componente comum na dieta de muitos atletas e praticantes de atividade física, estando presente em alguns alimentos, como chocolate, refrigerantes, bebidas energéticas, café, ou na forma de suplementos alimentares. Essa substância tem sido utilizada como um possível recurso ergogênico nutricional, sendo consumida normalmente de forma aguda, previamente à realização de exercícios físicos com o objetivo de retardar a fadiga e aprimorar o desempenho<sup>1-3</sup>.

Vários mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína. Entretanto, o principal mecanismo responsável pelo seu possível efeito ergogênico, é a sua capacidade de atuar como antagonista da adenosina<sup>4, 5</sup>. Para promover uma melhor contração muscular, a cafeína atua ainda na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, contribuindo para o retardo da fadiga<sup>6</sup>. Além disso, ela aumenta a mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático, o que contribui para a potencialização da contração muscular<sup>7, 8</sup>. A cafeína exerce influência ainda no metabolismo energético, aumentando a lipólise, ação esta que pode ocorrer indiretamente pelo aumento nas concentrações circulantes das catecolaminas, ou diretamente por antagonizar a ação da adenosina, molécula que inibe a lipólise e a oxidação dos ácidos graxos<sup>9</sup>.

Vários estudos avaliaram os efeitos da cafeína sob diferentes situações, como por exemplo, os efeitos ergogênicos sobre a resistência<sup>10, 11</sup>, força<sup>12, 13</sup> e tempo de reação<sup>14, 15</sup>. Contudo, estas pesquisas apresentam resultados controversos<sup>10-12, 16</sup>. Essa condição não homogênea pode ser devido à cafeína sofrer influência de uma série de fatores, como por exemplo: intensidade e duração do exercício<sup>17</sup>, nível de treinamento do atleta<sup>18</sup>, quantidade ingerida<sup>1, 19</sup>, tempo de oferta da substância antes do exercício<sup>20</sup>, e hábito de consumo<sup>21, 22</sup>.

O uso crônico da cafeína tem sido associado a uma condição de maior tolerância, minimizando seus efeitos ergogênicos, além de desencadear uma síndrome de abstinência com sintomas característicos (por exemplo, dor de cabeça, fadiga) entre os indivíduos que apresentam um consumo habitual maior ou igual 100 mg de cafeína por dia<sup>21</sup>. Já os indivíduos que apresentam baixo consumo diário desta substância, apresentam ação mais prolongada deste suplemento<sup>22</sup>, além de apresentar maior sensibilidade aos seus efeitos ergogênicos e ergolíticos<sup>13</sup>.

Também já foi relatado que o consumo de cafeína pode provocar efeitos ergolíticos como taquicardia, agitação psicomotora, tremores, ansiedade e distúrbios gastrointestinais<sup>13, 23</sup>. Esses efeitos podem levar a prejuízo no rendimento esportivo, não devendo assim ter seu consumo incentivado sem avaliação e supervisão de profissionais capacitados, devendo assim ser prescrita de forma cuidadosa.

Em um levantamento realizado na base de dados *Pubmed* com as palavras chaves *caffeine and exercise*, incluindo somente estudos com seres humanos, no período entre janeiro de 2010 e março de 2015, observou-se que grande parte dos estudos encontrados avalia o efeito da cafeína sobre o público do sexo masculino<sup>11, 12, 14, 18, 20, 24-26</sup>. Embora existam estudos que analisem os efeitos desta substância exclusivamente no público feminino<sup>16, 27, 28</sup>, não foram encontrados trabalhos que comparem a ação ergogênica deste suplemento entre os sexos. Assim, tendo em vista as diferenças na composição corporal entre mulheres e homens, avaliar a ação ergogênica da cafeína separadamente entre os dois grupos apresenta-se como um interessante foco de estudo, realizado no primeiro artigo desta dissertação.

Embora estudos que avaliaram os efeitos da cafeína sobre indivíduos que apresentam diferentes hábitos de consumo diário da substância relataram não haver diferença em relação ao desempenho físico entre indivíduos habituados ou não ao consumo da cafeína<sup>13, 22, 29, 30</sup>, o segundo grupo parece apresentar maior alteração das variáveis metabólicas<sup>30</sup> e bioquímicas<sup>29</sup> após o seu consumo, e efeitos ergolíticos mais intensos<sup>13</sup>. Desta forma, identificar se o hábito de consumo diário de cafeína interfere ou não no desempenho físico, e sua magnitude sobre certas variáveis bioquímicas pode auxiliar principalmente na tomada de decisão de um nutricionista especializado na área esportiva sobre a viabilidade de prescrever este suplemento antes da prática de um exercício, sendo o foco de estudo do segundo artigo desta dissertação.

A controvérsia em relação aos possíveis efeitos ergogênicos da cafeína em exercícios de perfil anaeróbico, especialmente considerando o hábito do consumo diário da substância, e a ausência de informações se o fator sexo é determinante sobre os possíveis efeitos ergogênicos derivados de seu consumo, torna necessária a realização de um estudo, contribuindo assim para ampliar o nível de evidência científica sobre a validade de emprego desta estratégia nutricional auxiliando assim tanto os profissionais como, médicos, fisiologistas e nutricionistas, quanto os atletas em relação à viabilidade de seu consumo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar os possíveis efeitos ergogênicos da ingestão de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho anaeróbico.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Avaliar se a ingestão de cafeína pré-exercício interfere no desempenho físico da força máxima, resistência de força e potência anaeróbica;

Avaliar se o consumo de cafeína pré-exercício interfere nas concentrações plasmáticas de glicose, creatina quinase, ureia, potássio, lactato, ácidos graxos livres e cortisol;

Verificar se há diferença significativa entre os sexos (homens vs mulheres) no efeito do consumo de cafeína pré-exercício sobre o desempenho físico em provas anaeróbicas;

Avaliar se o hábito de consumo diário de cafeína interfere no efeito do consumo de suplemento de cafeína pré-exercício;

Identificar os possíveis efeitos ergolíticos provenientes do consumo de cafeína pré-exercício.

## REFERÊNCIAS

1. Turley K, Eusse P, Thomas M, Townsend JR, Morton AB. Effects of Different Doses of Caffeine on Anaerobic Exercise in Boys. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27(1):50-56.
2. Gallo-Salazar C, Areces F, Abián-Vicén J, et al. Caffeinated Energy Drinks Enhance Physical Performance in Elite Junior Tennis Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015(3);10:305-310.
3. Duncan MJ, Stanley M, Parkhouse N, et al. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(4):392-399.
4. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res*. 2008;22(3):978-986.
5. Spriet LL, Gibala MJ. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *J Sports Sci*. 2004;22(1):127-141.
6. Braga LC, Alves MP. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Rev Bras Ciên e Mov*. 2000;8(3):33-37.
7. Sinclair CJ, Geiger JD. Caffeine use in sports. A pharmacological review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40(1):71-79.
8. Spriet LL. Caffeine and performance. *Int J Sport Nutr*. 1995;5:S84-S84.
9. Gil-Antuñano NP, Iglesias-Gutiérrez E, Martín NU. Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. *Med Clin*. 2008;131(19):751-755.
10. Brunetto D, Ribeiro JL, Fayh APT. Efeitos do Consumo Agudo de Cafeína sobre Parâmetros Metabólicos e de Desempenho em Indivíduos do Sexo Masculino. *Rev Bras Med Esp*. 2010;16(3):171-175.
11. Bortolotti H, Altimari L, Vitor-Costa M, Cyrino E. Performance During a 20-km Cycling Time-Trial after Caffeine Ingestion. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;11(45):1-7.
12. Del Coso J, Perez-Lopez A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valades D. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(6):1013-1018.

13. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(2):127-132.
14. Souissi M, Chtourou H, Abdelmalek S, Ghoulane IB, Sahnoun Z. The effects of caffeine ingestion on the reaction time and short-term maximal performance after 36 h of sleep deprivation. *Physiol Behav.* 2014;131:1-6.
15. Santos VGF, Santos VRF, Felipe LJC, et al. Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. *Nutrients.* 2014;6:637-649.
16. Pérez-López A, Salinero JJ, Abian-Vicen J, et al. Caffeinated Energy Drinks Improve Volleyball Performance in Elite Female Players. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;47(4):850-856.
17. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7(1):1-15.
18. Skinner TL, Jenkins DG, Leveritt MD, et al. Factors influencing serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *J Sci Med Sport.* 2014;17(1):516-520.
19. Ahrens JN, Crixell SH, Lloyd LK, Walker JL. The physiological effects of caffeine in women during treadmill walking. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):164-168.
20. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Alijani E. The effect of caffeine on some cardiovascular factors in male student athletes. *Procedia Soc Behav Sci.* 2011;15:2092-2095.
21. Juliano LM, Griffiths RR. A critical review of caffeine withdrawal: empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *Psychopharmacol.* 2004;176(1):1-29.
22. Bell DG, McLellan TM. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol.* 2002;93(4):1227-1234.
23. Huntley ED, Juliano LM. Caffeine Expectancy Questionnaire (CaffEQ): construction, psychometric properties, and associations with caffeine use, caffeine dependence, and other related variables. *Psychol Assess.* 2012;24(3):592-607.

24. Skinner TL, Jenkins DG, Taaffe DR, Leveritt MD, Coombes JS. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J Sci Med Sport*. 2013;16(1):54-59.
25. Pitchforda NW, Fell JW, Leveritt MD, Desbrowb B, Shing CM. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat. *J Sci Med Sport*. 2014;17(1):445-449.
26. Kopec BJ, Dawson BT, Buck C, Wallman KE. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprintability in male athletes. *J Sci Med Sport*. 2015;15:S1440-2440.
27. Coso JD, Portillo J, Muñoz G, Abián-Vicén J, Gonzalez-Millán C, Muñoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino Acids*. 2013;44(6):1511-1519.
28. Astorino TA, Roupoli LR, Valdivieso BR. Caffeine does not alter RPE or pain perception during intense exercise in active women. *Appetite*. 2012;59:585-590.
29. Van Soeren M, Sathasivam P, Spriet L, Graham T. Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and nonusers. *J Appl Physiol*. 1993;75(2):805-812.
30. Dodd SL, Brooks E, Powers SK, Tulley R. The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1991;62(6):424-9.

## ARTIGO 1: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE HOMENS E MULHERES

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína em variáveis bioquímicas e de desempenho físico em homens e mulheres fisicamente ativos, se o fator sexo influencia neste comportamento, bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico.

**Método:** Foram avaliados 16 homens e 16 mulheres fisicamente ativos, por meio de um ensaio clínico randomizado tipo *crossover*, no qual os indivíduos foram submetidos a dois dias de intervenção. Um dos tratamentos correspondeu ao consumo de cápsulas de cafeína contendo 5 mg/kg de massa corporal (MC) e o outro ao consumo de placebo, ambos 40 minutos antes do exercício. As coletas de sangue para avaliação bioquímica foram realizadas antes do consumo das cápsulas (T0) e imediatamente após o protocolo de testes (T1). Nos dias dos testes, os voluntários consumiram as cápsulas de cafeína (5 mg/ kg de MC) ou placebo. Após o consumo das cápsulas os voluntários foram submetidos a testes para avaliação do desempenho: resistência de força no *leg press* 45°, dinamometria manual, *Squat Jump* e ergômetro de braço (teste de Wingate). Para identificar as diferenças entre os protocolos experimentais (cafeína vs placebo), foi utilizado o teste *t* dependente para as variáveis com distribuição normal e Teste de Wilcoxon para as demais variáveis. Para a comparação entre os grupos (homens vs mulheres) foi utilizado o teste *t* independente para os dados com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para as demais variáveis.

**Resultados:** Na comparação das variáveis bioquímicas entre os dois procedimentos experimentais (cafeína vs placebo) foram observados aumentos significantes ( $p < 0,05$ ) no T1 de coleta, para a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol após o consumo da cafeína. Entre os homens a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) em T1 com a cafeína. Já entre as mulheres esse aumento estatisticamente significativo ( $p < 0,05$ ) ocorreu na glicose e nos ácidos graxos livres. Na avaliação do desempenho foi observada melhora significativa ( $p < 0,05$ ) tanto entre os homens quanto entre as mulheres após o consumo de cafeína no número de repetições, não sendo observada influência sobre a dinamometria, altura de salto, potência máxima e média e índice de fadiga. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre homens e mulheres para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Foram informados como efeitos ergolíticos após o consumo da cafeína: ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor.

**Conclusão:** O consumo de cafeína aumentou a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol. A cafeína foi eficiente para a resistência de força. O fator sexo não é determinante sobre as respostas ao consumo de cafeína. Os efeitos ergolíticos relatados após o consumo da cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor.



**Palavras-chave:** Cafeína. Desempenho. Exercício anaeróbico. Nutrição aplicada ao esporte. Recurso ergogênico nutricional.

## ABSTRACT

**Title:** Caffeine effects under biochemical variables and anaerobic exercise performance of men and women

**Aim:** To evaluate the effect of the acute consumption of caffeine on the biochemic variables and the physical performance in men and women physically active, the gender factor influencing this behaviour, as well as identify the presence of some ergolytic effects.

**Methods:** A number of 16 men and 16 women physically active were tested, through a randomized clinical assay, crossover style, with the submission on two days of intervention. One of the treatments corresponded to the consumption of caffeine capsules containing 5 mg/kg of body mass (BM) and the other for the consumption of a placebo, both 40 minutes before exercising. The blood samples for the biochemic test were analysed before the consumption of the capsules (T0) and immediately after the testing protocol (T1). On the testing days, the volunteers had to intake the caffeine capsules (5mg/kg of BM) or the placebo. After the capsules consumption, the volunteers were submitted to the rests to evaluate their development: strength resistance on the leg press 45°, manual dynamometry, Squat Jump and arm ergometer (Wingate Test). To identify the differences between the experimental protocols (caffeine vs placebo), a *test T* dependent was used for the variables with normal distribution and the Wilcoxon Test for the others variants. To compare between the groups (male vs female) a *test T* non-dependent was adopted for the data with normal distribution and the Mann-Whitney test for the other variants.

**Results:** On the comparison of the biochemic variants between two experimental procedures (caffeine vs placebo) a significant increases ( $p < 0,05$ ) were observed on the T1 samples for glycose, creatine kinase, lactate, free fatty acids and cortisol after the consumption of caffeine. For the men group, the glycose, free fatty acids and cortisol increased significantly ( $p < 0,05$ ) on the T1 with caffeine. However, among the women, the statistical significant rise ( $p < 0,05$ ) occurred for glycose and free fat acids. On the performance evaluation, a considerable improvement was observed ( $p < 0,05$ ) both among men as well as women after the caffeine consumption, on the number of repetitions, there was no influence on dynamometry, jump height, maximum and medium potency and fatigue index. There was no significant statistical difference ( $p > 0,05$ ) among men and women for none of the biochemic variables or physical tests. Some ergolytic effects were informed after the caffeine consumption: anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat.

**Conclusion:** The caffeine consumption increased the glycose, creatine kinase, lactate, free fat acids, cortisol. The caffeine was efficient for the strength resistance. The gender factor is not decisive on responses to caffeine consumption. The ergolytic effects related after caffeine consumption were anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat.

**Key words:** Caffeine. Performance. Anaerobic exercise. Sports Nutrition. Nutritional ergogenic resource.

## INTRODUÇÃO

A cafeína (1,3,7 trimetilxantina) é um componente comum na dieta de muitos atletas e praticantes de atividade física, pois é consumida naturalmente em alguns alimentos como chocolate, refrigerantes, bebidas energéticas, e o próprio café, ou na forma de suplementos alimentares. Vários estudos tiveram como foco de interesse avaliar os efeitos da cafeína sob diferentes situações, como por exemplo, os possíveis efeitos ergogênicos sobre a resistência<sup>1, 2</sup>, força<sup>3, 4</sup>, tempo de reação<sup>5, 6</sup> e hidratação<sup>3, 7</sup>. Contudo, estas pesquisas apresentam resultados controversos<sup>1-3, 8</sup>.

As respostas fisiológicas derivadas do consumo de cafeína têm sido influenciadas por diversos fatores, entre eles, intensidade e duração do exercício<sup>9</sup>, nível de treinamento do atleta<sup>10</sup>, quantidade ingerida<sup>11, 12</sup> e tempo de oferta da substância<sup>13</sup>, que quando consumida antes do exercício, pode influenciar na sua ação sobre o desempenho esportivo.

Goldstein *et al.*<sup>9</sup> recomendam um consumo que não ultrapasse 6mg/kg de MC, uma vez que este seria o limite de segurança para o uso deste ergogênico. Alguns trabalhos apontam para uma melhoria no desempenho físico após a ingestão com dosagens inferiores de 3 – 6 mg de cafeína por kg de massa corporal 60 minutos antes do exercício<sup>3, 8, 14, 15</sup>. É interessante destacar que o efeito é agudo, assim seu consumo deve ocorrer pré-exercício, tendo em vista que os picos de cafeína na corrente sanguínea ocorrem dentro entre 30 e 60 minutos<sup>16</sup> após o seu consumo.

Vários mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. Entretanto, aparentemente o principal mecanismo responsável pelo seu efeito ergogênico seria a sua capacidade de atuar como antagonista da adenosina<sup>17, 18</sup>. Adenosina é um neurotransmissor que age na diminuição da atividade celular, inibe a expressão de dopamina (neurotransmissor que estimula a atividade do SNC) e a transmissão sináptica do cérebro via ativação dos seus receptores<sup>19</sup>. A cafeína, por possuir estrutura molecular semelhante à da adenosina, ocupa alguns de seus receptores e minimiza o efeito deste neurotransmissor sobre o organismo<sup>20</sup>.

Além disso, o efeito direto da cafeína sobre o sistema nervoso central, afetando a percepção subjetiva de esforço, e sobre co-produtos do músculo esquelético, são possíveis teorias para explicar o efeito ergogênico desta substância. Essas ações incluem: alteração de íons, particularmente sódio e potássio; inibição da fosfodiesterase (PDE), possibilitando um aumento na concentração de adenosina monofosfato cíclica

(AMPc); efeito direto sobre a regulação metabólica de enzimas semelhantes às fosforilases (PHOS); e aumento na mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático, o qual contribui para a potencialização da contração muscular<sup>21, 22</sup>, podendo resultar, no pós-exercício, em valores mais elevados de lactato sanguíneo e de marcadores de desgaste muscular, como a Creatina Quinase (CK) e a ureia plasmática.

Em relação ao metabolismo energético, a cafeína aumenta a mobilização dos triglicerídeos. Esta ação pode ocorrer indiretamente pelo aumento nas concentrações circulantes das catecolaminas, ou diretamente por antagonizar a ação da adenosina, molécula que inibe a lipólise e a oxidação dos ácidos graxos<sup>23</sup>.

Em estudos que avaliaram os efeitos ergogênicos da cafeína em exercícios de perfil aeróbico, foi observado, após o consumo agudo da substância, aumento do tempo (minutos) total de exercício<sup>24, 25</sup>, melhora na capacidade cardiorrespiratória<sup>24</sup>, redução do índice de percepção de esforço (IPE)<sup>24, 26</sup> e do tempo total de prova<sup>27</sup>.

Por outro lado, também já foi relatado que o consumo de cafeína pode provocar efeitos ergolíticos do tipo taquicardia, agitação psicomotora, tremores, ansiedade e distúrbios gastrointestinais<sup>4, 28</sup>. Caso isto ocorra, haverá um prejuízo no rendimento esportivo, não devendo, assim, ser recomendado ou, pelo menos, realizado com maior nível de avaliação e supervisão.

Em um levantamento realizado na base de dados *Pubmed* com as palavras chaves *caffeine and exercise*, incluindo somente estudos com seres humanos, no período entre janeiro de 2010 e março de 2015, foi possível observar que grande parte dos estudos encontrados avalia o efeito da cafeína sobre o público do sexo masculino<sup>2, 3, 5, 10, 13, 29-31</sup>. Embora existam estudos que analisem os efeitos desta substância exclusivamente no público feminino<sup>8, 32, 33</sup>, não foram encontrados trabalhos que comparem a ação ergogênica deste suplemento entre homens e mulheres. Artigos de revisão sobre o tema não fazem referência se o fator sexo pode ou não influenciar na resposta do consumo da cafeína quanto ao seu possível efeito ergogênico e/ou ergolítico. Assim, tendo em vista as diferenças de massa corporal magra e gordura corporal nas mulheres frente aos homens, avaliar a ação ergogênica da cafeína separadamente entre os dois grupos apresenta-se como um interessante foco de estudo.

A controvérsia em relação aos possíveis efeitos ergogênicos da cafeína em exercícios de perfil anaeróbico e a carência de informações se o fator sexo é determinante sobre os possíveis efeitos ergogênicos derivados do consumo da cafeína

torna necessária a realização deste estudo, contribuindo assim para ampliar o nível de evidência científica sobre a validade de emprego desta estratégia nutricional auxiliando, assim, tanto os profissionais da área, como médicos, fisiologistas e nutricionistas, quanto os atletas em relação à viabilidade de seu consumo.

Desta forma, os objetivos deste trabalho são de avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico em homens e mulheres fisicamente ativos, e se há diferença nas respostas apresentadas entre os dois grupos, bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico.

## MÉTODOS

### Participantes

Foram avaliados trinta e dois indivíduos fisicamente ativos sendo 16 homens com média  $\pm$  DP de idade de  $22,94 \pm 11,68$  anos, massa corporal =  $78,57 \pm 11,68$  kg, estatura =  $1,78 \pm 0,05$  m, IMC =  $24,72 \pm 2,75$  e percentual de gordura corporal (%GC) =  $16,42 \pm 6,57$  %, bem como 16 mulheres com média  $\pm$  DP de idade, massa corporal, estatura, IMC e percentual de gordura (%GC) de,  $23,75 \pm 2,21$  anos,  $60,36 \pm 9,11$  kg,  $1,65 \pm 0,07$  m,  $22,18 \pm 2,53$  e  $29,8 \pm 6,74$  %, respectivamente.

O número de sujeitos avaliados tomou como base o cálculo amostral em que a variável escolhida para o cálculo amostral foi o “número de repetições” e seus valores de média e desvio padrão nos grupos cafeína ( $17,78 \pm 5,87$ ) e placebo ( $15,00 \pm 4,85$ ). Com o auxílio do software G\*Power (versão 3.0.10) e considerando a comparação das médias entre os grupos cafeína e placebo, foi calculado o valor de  $\alpha$  igual a 0,23363 e um poder estatístico igual a 0,76637. Estipulou-se um tamanho de efeito médio igual a 0,52 para o cálculo da amostra e, ao final, foi obtido o valor de 16 indivíduos para cada grupo, totalizando um n de 32 indivíduos para o estudo.

Foram definidos como critérios de inclusão indivíduos com idade entre 18 e 30 anos e experiência mínima de 2 meses com treinamento de força. Os indivíduos deveriam apresentar resposta negativa a todas as perguntas do questionário PAR-Q (*Physical Activity Readiness Questionnaire*)<sup>34</sup>, classificação abaixo da média para a tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association*<sup>35</sup>, além de responderem ao questionário avançado de anamnese do Software Avaesporte®, onde ficou destacado não haver antecedentes de hipertensão arterial, doenças cardíacas ou diabetes mellitus; também não eram usuários de álcool, tabaco ou de medicamentos que

pudessem afetar o equilíbrio hídrico, como os diuréticos, ou substâncias dopantes como esteroides anabólicos.

A pressão arterial foi aferida após 5 minutos de repouso do avaliado de acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>36</sup>, utilizando o método auscultatório com auxílio de esfigmomanômetro aneróide marca *Wan-Med®*. Foram excluídos da amostra sujeitos que apresentaram um quadro de hipertensão arterial segundo os critérios da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>36</sup>, ou seja, pressão arterial sistólica abaixo de 140 mm/Hg e pressão arterial diastólica abaixo de 90 mm/Hg.

Após o recrutamento, todos os indivíduos foram previamente informados dos objetivos, dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo. Em seguida, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para participação no estudo. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, sob o registro de número 44261515.9.0000.5153, segundo a Legislação Brasileira de Pesquisa com Seres Humanos lei 466/12.

### **Desenho Experimental**

O desenho do estudo corresponde a um ensaio clínico randomizado tipo *crossover*, onde os voluntários foram controle e teste de si mesmos. Os voluntários foram submetidos a três dias de avaliação. No primeiro dia os indivíduos foram apresentados à dinâmica do estudo, assinaram o TCLE, e responderam os questionários de pré-participação. Para caracterização da amostra foram coletadas as seguintes variáveis antropométricas: massa corporal (MC) (Balança digital Welmy, W200A, Brasil) e estatura (Estadiômetro Welmy, W200A, Brasil). A composição corporal foi avaliada por meio de Radioabsorimetria de Feixes Duplos (Dual Energy X-ray Absorptiometry-DEXA), (Densitômetro Lunar Prodigy Advance DXA System) (GE Healthcare, analysis version 13,31, EUA).

Por último, os voluntários realizaram um teste de uma repetição máxima (RM) no aparelho *leg press* 45° (Portico, AP020), supervisionado por um profissional de Educação Física. Antes do teste de força foi realizado um aquecimento orgânico, em um cicloergômetro (Moviment, BM 2700), onde o voluntário pedalou durante 5 minutos entre 45 e 55% da  $FC_{Máx}$  e 5 minutos entre 55 e 65% da  $FC_{Máx}$ , mantendo uma velocidade constante entre 60 e 70 rpm. O cálculo da FCT (frequência cardíaca de treino) foi realizado pela fórmula:  $FCT = \% (FC_{Máx} - FC_{rep}) + FC_{rep}$ <sup>37</sup>, sendo a  $FC_{Máx}$

calculada pela equação  $FC_{M\acute{a}x} = 202 - 0,72 \times (Idade)^{38}$ . Para monitoramento da FC foi utilizado um frequencímetro Polar RS800cx (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Em seguida o avaliado executou, já no aparelho de força, um total de 10 repetições como uma forma de aquecimento local, com uma carga equivalente a 15% da massa corporal (MC) para as mulheres e 20% da MC para os homens. Todo o protocolo de aquecimento foi repetido nos dias de teste. Após os protocolos de aquecimento, o teste foi aplicado de forma crescente, adotando o padrão proposto por Marins e Giannichi<sup>39</sup>. Os voluntários não receberam estímulos verbais durante a realização do teste, e a execução do movimento respeitou a amplitude completa do exercício.

Os testes foram realizados em temperatura ambiente entre 20 e 22°C e umidade relativa do ar entre 70 e 75% mantidos com o auxílio de um condicionador de ar (Midea®, modelo Estilo MSS-18HR) e monitoradas por um termômetro e higrômetro (Hydro-Thermometer®).

### **Protocolo Experimental**

Antes de cada etapa de testes, os voluntários foram orientados a manter o mesmo padrão de consumo alimentar no dia anterior (monitorado por meio da aplicação de um recordatório alimentar de 24 horas, por um profissional de nutrição), evitar o consumo de cafeína e álcool, e se absterem da prática de atividade física superior a 4 METs, como por exemplo uma corrida com velocidade superior a 8 km/h, musculação e atividades desportivas de intensidade moderada e/ou alta, como o futebol e o basquetebol.

Nos dois dias de teste, separados por um intervalo de uma semana, os voluntários compareceram ao laboratório às 8 horas após jejum de pelo menos 10h. Todas as etapas de coleta de dados ocorreram no mesmo horário do dia a fim de evitar variações circadianas. Ao chegarem ao laboratório os indivíduos foram colocados em repouso para posterior coleta de uma amostra sanguínea.

As amostras sanguíneas foram coletadas nos seguintes momentos: antes da ingestão das cápsulas (cafeína ou placebo) e imediatamente ao final do último teste (ergômetro de braço). As coletas de sangue foram realizadas nas veias do braço que oferecessem melhor acesso, utilizando seringas descartáveis de 20 ml e agulhas hipodérmicas 0,70 x 25 mm. Aproximadamente 12 ml do sangue coletado foram introduzidos em dois tubos a vácuo sem aditivo com gel separador com capacidade para 6 ml cada, para as análises de glicose, creatina quinase (CK) total, ureia, ácidos graxos

livres, cortisol e potássio, e 4 ml em tubo com anticoagulante fluoreto para análise de lactato plasmático. Os materiais utilizados para a coleta do sangue foram devidamente depositados em caixas apropriadas para o descarte de materiais perfuro cortantes, e encaminhados para incineração pela Gerência de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Viçosa. As coletas foram realizadas por um bioquímico devidamente capacitado.

Em seguida, todo sangue foi devidamente acondicionado em recipiente resfriado e imediatamente encaminhado para centrifugação e separação do soro e plasma para análise das variáveis bioquímicas estudadas. As análises sanguíneas foram realizadas no Laboratório de Análises Clínicas, da Divisão de Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Foram considerados como valores de referência para as amostras sanguíneas as recomendações descritas de acordo com as bulas dos kits reagentes utilizados respectivamente para a análise de cada parâmetro bioquímico. O Quadro 1 apresenta os valores de referência para cada variável sanguínea, o nome do equipamento utilizado e a técnica de leitura empregada.

**Quadro 1.** Valores de referência para as variáveis bioquímicas.

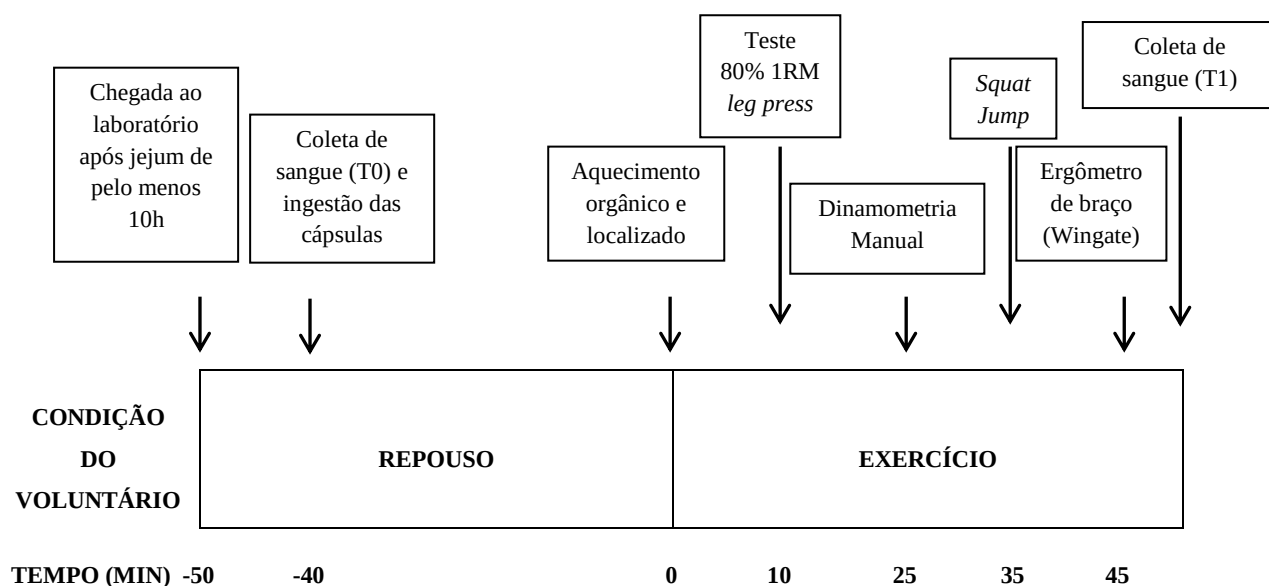
| <b>Variáveis</b> | <b>Referência</b> | <b>Equipamento</b>             | <b>Kit</b>                      | <b>Método</b>            |
|------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Glicose          | 70–99 mg/dL       | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Enzimático colorimétrico |
| CK               | 24–195 U/L        | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Cinético UV              |
| Ureia            | 10–40 mg/dL       | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Enzimático colorimétrico |
| Potássio         | 3,5–5,5 mEq/L     | AU680 (Beckman Coulter)        | Siemens                         | Eletrodo seletivo        |
| Lactato          | 0,5–2,2 mmol/L    | AU680 (Beckman Coulter)        | Lactato/Lactate Beckman Coulter | Colorimétrico            |
| AGL              | 100–600 µmol/L    | Synchron CX5 (Beckman Coulter) | NEFA-HR (2) Wako Diagnostics    | Espectrofotometria       |
| Cortisol         | 6,7–22,6 µg/dL    | Unicel DxI (Beckman Coulter)   | Access Cortisol                 | Quimioluminescência      |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácido Graxo Livre



Após a coleta de sangue inicial (T0) cada avaliado realizou a ingestão das cápsulas, sendo oferecido em um dia cafeína e no outro placebo de acordo com o desenho *crossover*. As cápsulas de cafeína foram manipuladas em uma farmácia de manipulação, de maneira a fornecer ao avaliado 5 mg de cafeína/kg de MC. A dosagem selecionada está abaixo do limite de segurança que é de 6 mg de cafeína/kg de MC<sup>9</sup>, e vem sendo adotada em outros estudos como os de Woolf *et al.*<sup>40</sup>, Simmonds *et al.*<sup>41</sup> e Karapetian *et al.*<sup>42</sup>. As cápsulas placebo foram compostas por excipiente.

Após 40 minutos do consumo das cápsulas, os avaliados foram encaminhados para a realização dos protocolos de testes, sendo liberado o consumo de água *ad libitum*. Os testes foram realizados na seguinte ordem: resistência de força no *leg press* 45°, dinamometria manual, *Squat Jump* (salto vertical) e ergômetro de braço (teste de Wingate). O tempo médio gasto para a realização do protocolo de teste foi de 100 minutos. O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 1. A seguir serão apresentados com mais detalhes a dinâmica de cada um destes testes.



**Figura 1.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo.

O teste de resistência de força no *leg press* 45° foi realizado no mesmo equipamento utilizado para o teste de 1RM, adotando-se 80% da carga atingida pelo voluntário no teste de carga máxima. O avaliado realizou o máximo de repetições

possíveis com a carga estipulada, até atingir a exaustão, respeitando a amplitude total do movimento. Protocolo semelhante já foi aplicado no estudo de Astorino *et al.*<sup>43</sup>.

O teste de dinamometria manual foi realizado no aparelho da marca Jamar® (PC5030J1, Fit Systems Inc, Calgary, Canada) seguindo os padrões propostos por Fernandes e Marins<sup>44</sup>. Foi registrado como resultado do teste a máxima apreensão exercida pelo avaliado após duas tentativas. A mão direita foi adotada como padrão para a medida.

Para a execução do *Squat Jump* foi utilizada uma plataforma de salto da marca Hidrofit® (System Jump Test). O avaliado assumiu a posição em pé, mantendo as plantas dos pés em contato com a plataforma e os joelhos semi-flexionados. O teste consistia em saltar o mais alto possível, mantendo as pernas estendidas no momento do salto. Foi registrado como resultado do teste a máxima altura atingida pelo avaliado após três tentativas. Este protocolo é usualmente empregado para avaliar a força explosiva de membros inferiores, tendo como exemplo o trabalho de Souissi *et al.*<sup>5</sup>.

Para o teste no ergômetro de braço (Technogym, Excite®) adotou-se o teste de Wingate. Para a realização do teste foram registrados no equipamento os dados de idade, peso corporal e gênero de cada voluntário. A partir desses dados, a resistência foi calculada pelo próprio aparelho sendo esta aplicada durante a execução do teste. O protocolo de exercício inicia com 30 segundos de aquecimento pedalando a 50 rpm, e em seguida segue para a parte principal, onde o voluntário deve pedalar com a velocidade máxima que conseguir, durante 30 segundos. Após a realização do teste foram registrados os valores de potência máxima, potência máxima relativa, potência média, potência média relativa e nível de cansaço.

Durante e após a realização de cada um dos experimentos (caféina e placebo) alguns voluntários comentaram de forma espontânea a ocorrência de alguma sensação de desconforto no decorrer da coleta, sendo que, isto ocorreu maioritariamente após o consumo de caféina. Lamentavelmente não foi realizado um inventário quantitativo sobre a frequência destes relatos, sendo esta uma limitação do estudo.

### **Análise Estatística**

Foi realizada estatística descritiva e os dados foram apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão (DP), mínimo e máximo. A normalidade dos dados foi avaliada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Para identificar as diferenças entre os protocolos experimentais (caféina vs placebo), tanto para os dados de testes físicos quanto para as

variáveis sanguíneas, foi utilizado o teste *t* dependente para as variáveis com distribuição normal, enquanto para as demais variáveis foi utilizado o Teste de Wilcoxon. Para a comparação entre os resultados alcançados pelo uso da cafeína entre os grupos (homens vs mulheres) foi utilizado o teste *t* independente para os dados que apresentaram distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para os dados que não apresentaram distribuição normal. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando-se o software SPSS (SPSS Inc.®, versão 20). Foi adotado nível de significância  $\alpha = 5\%$ .

## RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão (DP), mínimo e máximo, os dados de idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC) e % de gordura dos voluntários.

**Tabela 1.** Caracterização dos indivíduos por meio da idade, variáveis antropométricas e percentual de gordura em homens (n=16) e mulheres (n=16) consumidores de cafeína.

| <b>Variável</b>          | <b>Homens<br/>(n = 16)</b>            | <b>Mulheres<br/>(n=16)</b>          | <b>Total<br/>(n = 32)</b>             |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Idade (anos)             | 22,94 $\pm$ 11,68<br>(18 - 27)        | 23,75 $\pm$ 2,21<br>(20 - 29)       | 23,34 $\pm$ 2,44<br>(18 - 29)         |
| Massa Corporal (kg)      | 78,57 $\pm$ 11,68<br>(58,50 - 107,50) | 60,36 $\pm$ 9,11<br>(47,70 - 85,20) | 69,47 $\pm$ 13,84<br>(47,70 - 107,50) |
| Estatura (m)             | 1,78 $\pm$ 0,05<br>(1,67 - 1,85)      | 1,65 $\pm$ 0,07<br>(1,55 - 1,76)    | 1,71 $\pm$ 0,09<br>(1,55 - 1,85)      |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 24,72 $\pm$ 2,75<br>(19,5 - 31,4)     | 22,18 $\pm$ 2,53<br>(18,9 - 28,5)   | 23,5 $\pm$ 2,9<br>(18,9 - 31,4)       |
| Percentual de Gordura    | 16,42 $\pm$ 6,57<br>(6,3 - 24,8)      | 29,8 $\pm$ 6,74<br>(19,5 - 40)      | 23,85 $\pm$ 9,42<br>(6,3 - 40)        |

IMC: Índice de Massa Corporal.

Variáveis apresentadas em média  $\pm$  desvio padrão e valores mínimos e máximos.

Em relação às variáveis bioquímicas, não foi encontrada diferença estatística ( $p > 0,05$ ) entre os momentos iniciais (T0) nos dois procedimentos experimentais (caféina vs placebo). Em relação aos momentos finais (T1), houve diferença ( $p < 0,05$ ) para as variáveis glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol (Tabela 2).

**Tabela 2.** Variáveis bioquímicas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios) e diferenças observadas em T1 entre os indivíduos dos grupos caféina e placebo ( $n = 32$ ).

| Variáveis bioquímicas | Caféina                              |                                       | Placebo                              |                                        | Diferença <sup>a</sup> | p                   |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                       | T0                                   | T1                                    | T0                                   | T1                                     |                        |                     |
| Glicose (mg/dl)       | 83,41 ± 9,15<br>(53 - 97)            | 99,37 ± 9,57<br>(79 - 120)            | 84,78 ± 5,95<br>(76 - 98)            | 91,44 ± 7,32*<br>(79 - 106)            | 7,93                   | >0,001 <sup>b</sup> |
| CK (U/l)              | 234,03 ± 252,95<br>(54 - 1224)       | 285,16 ± 326,20<br>(65 - 1650)        | 187,45 ± 191,65<br>(52 - 1063)       | 221,84 ± 236,79*<br>(69 - 1324)        | 63,32                  | 0,031 <sup>c</sup>  |
| Ureia (mg/dl)         | 29,19 ± 7,37<br>(14 - 48)            | 28,31 ± 7,41<br>(14 - 50)             | 29,19 ± 8,03<br>(15 - 47)            | 28,93 ± 7,72<br>(16 - 47)              | -0,62                  | 0,550 <sup>b</sup>  |
| Potássio (mEq/l)      | 4,38 ± 0,55<br>(4,1 - 5,5)           | 4,13 ± 0,42<br>(3,3 - 5,0)            | 4,53 ± 0,57<br>(3,6 - 6,2)           | 4,22 ± 0,49<br>(3,4 - 5)               | -0,09                  | 0,366 <sup>c</sup>  |
| Lactato (mmol/l)      | 1,09 ± 0,59<br>(0,3 - 2,4)           | 15,25 ± 3,78<br>(8 - 22,4)            | 1,03 ± 0,47<br>(0,4 - 1,8)           | 13,91 ± 4,24*<br>(6,3 - 23,1)          | 1,34                   | 0,017 <sup>b</sup>  |
| AGL (μmol/l)          | 528,87 ± 324,27<br>(97,51 - 1369,56) | 631,69 ± 274,19<br>(256,72 - 1260,08) | 443,19 ± 207,98<br>(100,79 - 876,70) | 462,56 ± 204,56*<br>(185,75 - 1083,68) | 169,13                 | 0,001 <sup>c</sup>  |
| Cortisol (μg/dl)      | 16,84 ± 5,21<br>(9,45 - 31,05)       | 15,25 ± 3,77<br>(5,44 - 25,07)        | 16,75 ± 5,03<br>(7,73 - 30,86)       | 13,90 ± 4,24*<br>(4,96 - 26,64)        | 1,35                   | 0,005 <sup>c</sup>  |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácidos Graxos Livres.

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta entre a média dos valores de T1 entre os grupos caféina e placebo

<sup>b</sup>Valor de  $p$  para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de  $p$  para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 caféina.

Entre os homens a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol apresentaram diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) entre os T1 (Tabela 3). Já entre as mulheres foram encontradas diferenças ( $p < 0,05$ ) apenas entre os T1 para glicose e ácidos graxos livres (Tabela 3).

**Tabela 3.** Variáveis bioquímicas de homens e mulheres consumidores de cafeína e diferenças observadas entre os tempos T1 (após o protocolo de exercício) em cada um dos tratamentos (cafeína e placebo).

| Variáveis           | Cafeína                           |                                   | Placebo                          |                                    | Diferença <sup>a</sup> | p                  |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------|--------------------|
| Bioquímicas         | T0                                | T1                                | T0                               | T1                                 |                        |                    |
| Homens (n = 16)     |                                   |                                   |                                  |                                    |                        |                    |
| Glicose<br>(mg/dL)  | 81,88±10,94<br>(53-96)            | 100,88±8,72<br>(87-118)           | 83,00±5,03<br>(76-94)            | 90,63±7,20*<br>(79-104)            | 10,25                  | 0,001 <sup>b</sup> |
| CK<br>(U/L)         | 347,38±315,75<br>(74-1224)        | 429,13±411,89<br>(65-1650)        | 278,87±242,02<br>(73-1063)       | 335,93±299,90<br>(87-1324)         | 93,20                  | 0,084 <sup>c</sup> |
| Ureia<br>(mg/dL)    | 33,06±6,56<br>(19-48)             | 32,81±6,88<br>(19-50)             | 32,63±7,31<br>(21-47)            | 32,50±7,05<br>(20-47)              | 0,31                   | 0,794 <sup>b</sup> |
| Potássio<br>(mEq/L) | 4,31±0,60<br>(4,1-5,5)            | 4,13±0,50<br>(3,3-5,0)            | 4,63±0,62<br>(3,6-6,2)           | 4,31±0,48<br>(3,7-5,0)             | -0,18                  | 0,180 <sup>c</sup> |
| Lactato<br>(mmol/L) | 1,13±0,62<br>(0,4-2,4)            | 17,50±3,56<br>(9,8-22,4)          | 0,94±0,44<br>(0,5-1,7)           | 16,25±3,62<br>(8,4-23,1)           | 1,25                   | 0,123 <sup>c</sup> |
| AGL<br>(μmol/L)     | 507,49±391,93<br>(97,51-1369,56)  | 558,75±260,94<br>(256,72-1141,05) | 383,94±188,84<br>(244,28-769,45) | 356,88±95,14*<br>(185,75-542,30)   | 201,87                 | 0,003 <sup>b</sup> |
| Cortisol<br>(μg/dL) | 14,56±3,16<br>(9,45-19,72)        | 13,31±4,14<br>(5,44-19,56)        | 15,13±3,42<br>(7,73-20,04)       | 11,19±3,45*<br>(4,96-17,86)        | 2,12                   | 0,021 <sup>b</sup> |
| Mulheres (n = 16)   |                                   |                                   |                                  |                                    |                        |                    |
| Glicose<br>(mg/dL)  | 84,94±6,95<br>(74-97)             | 97,88±10,42<br>(79-120)           | 86,56±6,41<br>(78-98)            | 92,25±7,58*<br>(82-106)            | 5,63                   | 0,018 <sup>b</sup> |
| CK<br>(u/L)         | 120,69±71,62<br>(54-341)          | 141,19±77,65<br>(71-371)          | 101,75±50,96<br>(52-251)         | 114,88±54,51<br>(69-278)           | 26,31                  | 0,083 <sup>c</sup> |
| Ureia<br>(mg/dL)    | 25,31±6,10<br>(14-36)             | 23,81±4,79<br>(14-31)             | 25,75±7,39<br>(15-41)            | 25,38±6,81<br>(16-39)              | -1,57                  | 0,375 <sup>b</sup> |
| Potássio<br>(mEq/L) | 4,44±0,51<br>(4,2-5,0)            | 4,13±0,34<br>(3,6-5,0)            | 4,44±0,51<br>(4,1-4,9)           | 4,13±0,50<br>(3,4-4,8)             | 0                      | 1,000 <sup>c</sup> |
| Lactato<br>(mmol/L) | 1,06±0,57<br>(0,3-1,7)            | 13,00±2,45<br>(8,0-17,1)          | 1,13±0,50<br>(0,4-1,8)           | 11,56±3,52<br>(6,3-20,8)           | 1,44                   | 0,070 <sup>b</sup> |
| AGL<br>(μmol/L)     | 548,88±257,02<br>(212,93-1358,00) | 704,63±275,55<br>(303,19-1260,08) | 498,75±215,46<br>(100,79-876,7)  | 568,25±231,52*<br>(204,26-1083,68) | 136,38                 | 0,042 <sup>b</sup> |
| Cortisol<br>(μg/dL) | 19,13±5,91<br>(11,12-31,05)       | 14,44±5,84<br>(7,45-25,07)        | 18,38±5,91<br>(10,14-30,86)      | 12,56±5,74<br>(6,97-26,64)         | 1,88                   | 0,063 <sup>c</sup> |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácidos Graxos Livres.

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de p para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de p para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

A Tabela 4 apresenta a classificação dos dados bioquímicos pré e pós-exercício organizados de acordo com os valores de referência propostos para cada variável sanguínea (Quadro 1). Embora a maioria dos resultados tenha se apresentado dentro dos valores de referência, tanto pré como pós-exercício, foram observados alguns caso fora dos valores de normalidade recomendados. Apenas a variável lactato apresentou alteração em todos os resultados no pós-exercício.

**Tabela 4.** Frequência absoluta de indivíduos classificados acima, dentro ou abaixo dos valores de referência das variáveis bioquímicas avaliadas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios).

| Variáveis bioquímicas         | T0 |    |   | T1 |    |   |
|-------------------------------|----|----|---|----|----|---|
|                               | ↑  | ≈  | ↓ | ↑  | ≈  | ↓ |
| Glicose<br>(70-99 mg/dL)*     | -  | 62 | 2 | 18 | 46 | - |
| CK<br>(24-195 U/L)*           | 19 | 45 | - | 25 | 39 | - |
| Ureia<br>(10-40 mg/dL)*       | 4  | 60 | - | 3  | 61 | - |
| Potássio<br>(3,5-5,5 mEq/L)*  | 1  | 63 | - | -  | 62 | 2 |
| Lactato<br>(0,5-2,2 mmol/L)*  | 1  | 58 | 5 | 64 | -  | - |
| AGL<br>(100-600 µmol/L)*      | 19 | 44 | 1 | 21 | 43 | - |
| Cortisol<br>(6,7-22,6 µg/dL)* | 9  | 55 | - | -  | 61 | 3 |

CK: Creatina Kinase

AGL: Ácidos Graxos Livres

\*Valores de referência considerados

↑ Valores acima da normalidade

≈ Valores dentro da normalidade

↓ Valores abaixo da normalidade.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre o comportamento das variáveis bioquímicas dos dois grupos (homens vs mulheres) em relação aos protocolos experimentais (caféina vs placebo).

Quanto aos resultados dos testes físicos, em comparação com o grupo placebo, a ingestão aguda de caféina pré-exercício possibilitou um aumento no número de repetições (Tabela 5). Não foram observadas diferenças significantes ( $p > 0,05$ ) nos demais elementos que compuseram os testes físicos.

**Tabela 5.** Resultados dos testes físicos observados entre os indivíduos do estudo divididos nos grupos caféina (n=32) e placebo (n=32).

| Variável                            | Caféina<br>(n = 32)            | Placebo<br>(n = 32)            | Diferenças <sup>a</sup> | p                  |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Número de repetições                | 17,78 ± 5,87<br>(9 - 31)       | 15,00 ± 4,85*<br>(9 - 26)      | 2,78 (18,53%)           | 0,001 <sup>c</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 44,22 ± 14,49<br>(23 - 71)     | 43,84 ± 14,60<br>(23 - 74)     | 0,38 (0,87%)            | 0,315 <sup>c</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 36,56 ± 9,66<br>(21,7 - 52,6)  | 35,94 ± 9,69<br>(19,9 - 53,7)  | 0,62 (1,72%)            | 0,190 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 407,88 ± 179,98<br>(158 - 851) | 399,06 ± 181,57<br>(140 - 851) | 8,82 (2,21%)            | 0,576 <sup>c</sup> |
| Potência Máxima relativa<br>(Watts) | 5,66 ± 1,77<br>(2,87 - 8,56)   | 5,62 ± 1,75<br>(2,80 - 8,50)   | 0,04 (0,71%)            | 0,863 <sup>c</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 337,50 ± 144,19<br>(124 - 698) | 331,13 ± 144,36<br>(117 - 699) | 6,37 (1,92%)            | 0,537 <sup>c</sup> |
| Potência Média relativa<br>(Watts)  | 4,84 ± 1,50<br>(2,26 - 7,60)   | 4,59 ± 1,46<br>(2,35 - 6,94)   | 0,25 (5,45%)            | 0,187 <sup>c</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 41,94 ± 13,58<br>(14 - 60)     | 39,50 ± 12,70<br>(18 - 63)     | 2,44 (6,18%)            | 0,175 <sup>c</sup> |

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta e percentual entre a média dos valores de T1 entre os grupos caféina e placebo

<sup>b</sup>Valor de  $p$  para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de  $p$  para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 caféina.

Em relação à variável número de repetições, os avaliados apresentaram uma melhora percentual em média de 18,53% após o consumo de caféina, sendo que o caso com maior melhora de desempenho após o consumo da caféina em comparação ao placebo apresentou uma melhora de aproximadamente 131%, realizando 13 repetições no placebo e 30 após o consumo de caféina. Apesar de a grande maioria dos avaliados

ter apresentado melhora na performance para esta variável após o consumo da cafeína, 7 apresentaram redução do desempenho, chegando à uma redução de até 11% e 5 casos não apresentaram alteração, apresentando o mesmo número de repetição nos dois protocolos.

Quando avaliados separadamente, tanto os homens, quanto as mulheres apresentaram melhora significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para a variável número de repetições (Tabela 6).



**Tabela 6.** Resultados dos testes físicos observados entre os homens (n=16) e mulheres (n=16) consumidores de cafeína e diferenças observadas entre os grupos cafeína e placebo.

| Variável                            | Cafeína                        | Placebo                        | Diferença <sup>a</sup> | p                  |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| <b>Homens (n = 16)</b>              |                                |                                |                        |                    |
| Número de repetições                | 18,69 ± 5,76<br>(11 - 31)      | 15,75 ± 5,23*<br>(10 - 26)     | 2,94 (18,67%)          | 0,011 <sup>c</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 56,38 ± 9,57<br>(36 - 71)      | 55,88 ± 10,21<br>(35 - 74)     | 0,50 (0,89%)           | 0,561 <sup>b</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 44,44 ± 5,99<br>(33,4 - 52,6)  | 43,75 ± 6,31<br>(31,8 - 53,7)  | 0,69 (1,58%)           | 0,426 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 555,00 ± 129,48<br>(398 - 851) | 550,19 ± 128,02<br>(347 - 851) | 4,81 (0,87%)           | 0,866 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima Relativa<br>(Watts) | 7,00 ± 1,15<br>(4,97 - 8,56)   | 7,00 ± 1,21<br>(4,91 - 8,50)   | 0 (0%)                 | 0,952 <sup>c</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 458,69 ± 96,52<br>(347 - 698)  | 454,25 ± 93,59<br>(318 - 699)  | 4,44 (0,98%)           | 0,756 <sup>c</sup> |
| Potência Média Relativa<br>(Watts)  | 5,94 ± 1,00<br>(4,34 - 7,60)   | 5,81 ± 0,75<br>(4,30 - 6,94)   | 0,13 (2,24%)           | 0,603 <sup>c</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 50,94 ± 6,19<br>(40 - 60)      | 48,00 ± 9,37<br>(35 - 63)      | 2,94 (6,12%)           | 0,241 <sup>b</sup> |
| <b>Mulheres (n = 16)</b>            |                                |                                |                        |                    |
| Número de repetições                | 16,88 ± 6,02<br>(9 - 30)       | 14,25 ± 4,48*<br>(9 - 25)      | 2,63 (18,46%)          | 0,041 <sup>b</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 32,06 ± 5,18<br>(23 - 42)      | 31,81 ± 5,24<br>(23 - 41)      | 0,25 (0,79%)           | 0,673 <sup>b</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 28,69 ± 4,98<br>(21,7 - 36,1)  | 28,16 ± 4,91<br>(19,9 - 36,5)  | 0,53 (1,88%)           | 0,218 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 260,75 ± 63,27<br>(158 - 380)  | 247,94 ± 54,97<br>(140 - 337)  | 12,81 (5,17%)          | 0,403 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima Relativa<br>(Watts) | 4,31 ± 1,14<br>(2,87 - 6,92)   | 4,25 ± 0,93<br>(2,80 - 5,65)   | 0,06 (1,41%)           | 0,854 <sup>c</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 216,31 ± 48,16<br>(124 - 306)  | 208,00 ± 44,36<br>(117 - 268)  | 8,31 (3,99%)           | 0,446 <sup>b</sup> |
| Potência Média Relativa<br>(Watts)  | 3,75 ± 1,06<br>(2,26 - 5,55)   | 3,38 ± 0,81<br>(2,35 - 4,90)   | 0,37 (10,95%)          | 0,190 <sup>c</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 32,94 ± 13,05<br>(14 - 58)     | 31,00 ± 9,56<br>(18 - 49)      | 1,94 (6,26%)           | 0,598 <sup>b</sup> |

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

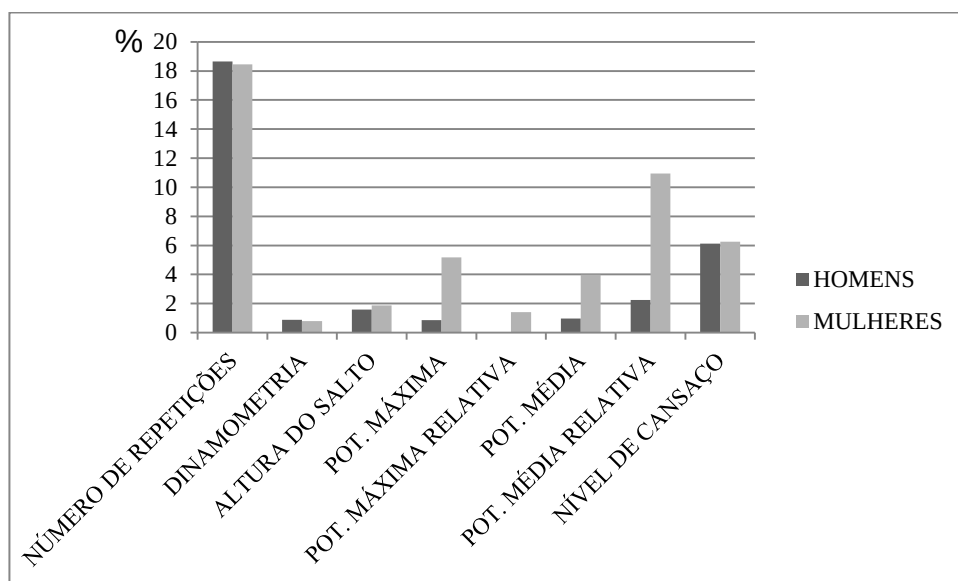
<sup>a</sup>Diferença absoluta e percentual entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de p para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de p para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

Embora a cafeína tenha se apresentado como um recurso ergogênico eficiente tanto para os homens quanto para as mulheres para o número de repetições, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre o comportamento dos dois grupos (homens vs mulheres) em relação a nenhum dos testes físicos avaliados quando comparadas as diferenças absolutas (cafeína – placebo) das médias dos resultados obtidos por cada grupo.



**Figura 2.** Percentual de melhora de desempenho apresentado por homens e mulheres após o consumo de cafeína para os testes físicos aplicados.

Os sintomas ergolíticos relatados pelos avaliados após o consumo da cafeína foram: ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor, além disso, alguns voluntários apresentaram-se aparentemente pálidos ao final do teste Wingate no ergômetro de braço.

## DISCUSSÃO

Os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos do consumo agudo de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico anaeróbico entre homens e mulheres fisicamente ativos e possíveis efeitos ergolíticos. Para isso, os voluntários ingeriram cápsulas de cafeína ou placebo previamente à realização de testes físicos predominantemente anaeróbicos.

Na condição de repouso, avaliada antes da ingestão das cápsulas, quando se considera os diferentes tratamentos (cafeína vs placebo ou homens vs mulheres), não foi

observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ), indicando que a condição basal foi idêntica. Isto sinaliza que as condições pré-teste na noite anterior e no dia dos experimentos (alimentação e repouso) foram semelhantes, proporcionando uma validade ecológica ao estudo.

No presente trabalho foi observado um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na concentração de glicose plasmática após o exercício com o consumo de cafeína em comparação ao placebo (Tabela 2). Vale ressaltar que os testes foram realizados em jejum, e que não houve a ingestão de nenhum nutriente durante a realização do experimento. Todos os valores de glicose sanguínea pós-exercício apresentaram-se dentro dos valores de referência, não ocorrendo nenhum caso característico de hipoglicemia (Tabela 4). A manutenção dos valores de glicemia dentro da faixa de normalidade pode ser justificada pelas reservas endógenas de carboidrato, do glicogênio hepático, uma vez que as condições de jejum e de exercício provavelmente proporcionam estimulação das células alfa, que liberam glucagon, e imediatamente depois, glicose pelo fígado na corrente sanguínea<sup>45</sup>. Os dados do estudo de Cocate e Marins<sup>45</sup> corroboram com estes achados, uma vez que, em situação de jejum, todos os voluntários apresentaram valores normoglicêmicos após 60 minutos de caminhada/trote entre 50 – 60% da frequência cardíaca máxima calculada.

Além disso, durante o exercício vigoroso, fatores neuro-humorais fazem aumentar a produção de adrenalina, noradrenalina e reduzem a liberação de insulina. Essas respostas hormonais facilitam a glicogenólise no fígado e nos músculos ativos<sup>35</sup>. O estudo de Graham e Spriet<sup>46</sup> demonstrou aumento significativo na concentração de adrenalina plasmática após o consumo de doses de 6 e 9 mg/kg de cafeína. Esses dados justificariam os valores significativamente maiores de glicose sanguínea após o consumo do ergogênico. Os resultados encontrados sugerem que a cafeína não se apresenta como um fator que induza a hipoglicemia, assim sendo os fatores ergolíticos apresentados após o consumo da substância, como tontura, fraqueza, tremores e palidez, provavelmente não são provenientes de um quadro de hipoglicemia, tendo em vista que dos 32 sujeitos avaliados nenhum apresentou um estado hipoglicêmico após o consumo de cafeína, ao contrário, 18 casos apresentaram-se acima dos valores de normalidade. O trabalho de Woolf *et al.*<sup>40</sup> também encontrou valores significativamente maiores de glicose plasmática pós-exercício no tratamento com cafeína em relação ao grupo placebo. Desta forma, os sintomas negativos observados no presente estudo podem ter

sido causados pela intensidade elevada do exercício, principalmente no teste de Wingate de membros superiores, que promove uma vasodilatação da área ativa exercitada e possível redução do fluxo sanguíneo cerebral, o que pode levar a este tipo de quadro.

Quando se considera o fator sexo, ambos apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os resultados finais da variável glicose após o consumo da cafeína. Não foram encontrados estudos que apontem uma interferência direta do consumo da cafeína sobre o metabolismo da glicose plasmática. Contudo, existem fortes evidências científicas de que atue sobre o metabolismo dos AGL<sup>23, 35</sup>. Adicionalmente, considerando que o metabolismo energético atua de forma integrada, é possível teorizar que esse aumento da mobilização dos AGL durante o exercício, indicado por alguns trabalhos<sup>46, 47</sup>, possa afetar indiretamente a velocidade de mobilização do carboidrato durante o exercício, em particular a glicose sanguínea que neste caso poderia justificar em parte os resultados obtidos no presente estudo.

A creatina quinase (CK) é uma enzima sarcoplasmática presente predominantemente no músculo esquelético, utilizada frequentemente como marcador de dano ao tecido muscular<sup>48</sup>. No presente estudo foram encontrados 19 casos (Tabela 4) onde os valores basais (T0) do marcador apresentaram-se acima dos valores de normalidade (195 U/L) (Quadro 1). Uma possível justificativa para estes valores é o fato de a amostra ter sido composta por indivíduos fisicamente ativos. Sendo assim, mesmo tendo realizado um intervalo prévio de 24h sem a realização de atividades físicas acima de 4 METs antes dos protocolos experimentais, existe uma grande variabilidade individual no momento que se atinge o valor de pico de atividade de CK após o exercício<sup>49</sup>. O estudo feito por Aboodarda *et al.*<sup>50</sup>, demonstrou uma tendência de aumento de CK a partir das 24 h e o valor de pico de atividade da mesma foi atingido no terceiro dia após o exercício e manteve-se elevada até o quinto dia.

Os valores de CK apresentaram-se mais elevados nos momentos pós-exercício (T1) para os dois procedimentos experimentais (cafeína vs placebo) (Tabela 2). Seu aumento na corrente sanguínea pode ser consequência da ruptura das membranas plasmáticas decorrentes de lesão muscular<sup>48</sup> que tenha ocorrido em função do nível de intensidade do exercício proposto no modelo de estudo experimental. Quanto mais intenso e duradouro for o exercício, maior é a quantidade de microtraumas musculares que permitem o extravasamento desta enzima para o meio extracelular<sup>51</sup>. No tecido muscular esquelético, sua função é auxiliar o metabolismo na ressíntese de adenosina

trifosfato (ATP), estando envolvida na primeira via energética e também a mais simples para fosforilação do ATP<sup>52</sup>. Ispiridis *et al.*<sup>53</sup> e de Souza *et al.*<sup>54</sup> também encontraram valores mais elevados de CK no pós-exercício, após uma partida de futebol e após uma partida de futsal, respectivamente.

Quando foram comparados os momentos experimentais (caféina vs placebo), encontra-se a CK significativamente maior ( $p < 0,05$ ) no pós-exercício com o consumo da caféina em relação ao placebo. Além disso, o valor mais alto para esta variável sanguínea (1650 U/L) (Tabela 2) foi encontrado no experimental com a caféina. Possivelmente isto ocorreu devido ao maior número de repetições que foram executadas (Tabela 6), impondo um maior estresse muscular e consequente dano muscular. O maior número de repetições pode ter sido proveniente do processo de retardo da fadiga gerado pela atuação da caféina na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+ / \text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular<sup>55</sup>, e/ou pela potencialização da contração muscular desencadeada pelo aumento da mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático<sup>21, 22</sup>, o que pode ter gerado uma maior condição de microrupturas fibrilares, resultando nestes valores mais elevados.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre os comportamentos dos dois grupos (homens vs mulheres) para a CK em relação aos dois procedimentos experimentais (caféina vs placebo). Contudo, os homens apresentaram valores médios mais elevados para esta variável em todos os momentos analisados quando comparados às mulheres (Tabela 3), o que pode ter sido decorrente da maior massa corporal magra apresentada pelos homens frente às mulheres. Enquanto as médias femininas apresentaram-se dentro dos valores de referência propostos, as médias masculinas apresentaram-se em sua totalidade acima desta faixa (Quadro 1). Esta situação justifica-se pela diferença morfológica apresentada por homens e mulheres, uma vez que a concentração sérica da CK está sujeita às variações fisiológicas que afetam a atividade da enzima, como: sexo, idade, massa muscular, tipo de exercício realizado e etnia<sup>56</sup>.

A partir disso, avaliar as concentrações plasmáticas de creatina quinase serve como um interessante indicador do estresse imposto à musculatura esquelética, decorrente da atividade e também como um fator de monitoramento da carga de treinamento. É importante considerar que o consumo de caféina parece impor uma

maior capacidade de esforço repetitivo influenciando, assim, de forma indireta na ocorrência de maiores índices de CK.

Apesar de terem sido encontrados no presente trabalho 4 valores basais de ureia (Tabela 4) acima dos valores de referência (Quadro 1), a maioria dos resultados apresentaram-se normais (93,75%), sugerindo indiretamente que os voluntários realizam em suas refeições um balanço nutricional adequado, uma vez que uma dieta com alta ingestão proteica seria sinônimo de valores mais elevados de ureia plasmática<sup>35</sup>. Valores semelhantes foram encontrados no trabalho de Pereira *et al.*<sup>57</sup> em indivíduos fisicamente ativos.

Após o exercício, apenas 3 resultados de ureia sérica apresentaram-se acima da faixa de normalidade, sugerindo que a proteína não apresentou grande importância como substrato energético durante a realização da atividade. Estes valores são reforçados pelos valores de glicose plasmática e AGL encontrados no presente estudo, que provavelmente foram as fontes energéticas predominantemente utilizadas durante o procedimento experimental.

Os homens apresentaram valores mais elevados de ureia plasmática do que as mulheres. Isso possivelmente ocorreu devido às diferenças morfológicas apresentadas entre os sexos, uma vez que os homens apresentam maior massa muscular do que as mulheres<sup>58</sup> e, além disso, as mulheres utilizam mais gordura como fonte de energia, poupando a utilização de carboidratos e, conseqüentemente, o catabolismo proteico<sup>59</sup>.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) tanto entre os homens, quanto entre as mulheres para a ureia em relação aos dois procedimentos experimentais (caféina vs placebo). Uma vez que o aumento nas concentrações de ureia no soro também é utilizado como marcador de insuficiência renal quando associado a outros parâmetros, como a taxa de filtração glomerular<sup>60</sup>, estes resultados sugerem que o consumo agudo de caféina não promoveu risco de dano renal nos participantes avaliados.

O presente estudo aponta que o consumo de caféina na dose ingerida não interfere na faixa de normalidade da ureia, e que seu consumo promove uma maior perturbação bioquímica se comparado ao placebo.

Os valores médios basais (T0) de potássio (Tabela 4) das amostras analisadas apresentaram-se dentro dos valores de referência (Quadro 1). Levando-se em consideração a importância da concentração do potássio para o funcionamento da

bomba de sódio e potássio, estes valores sinalizam que os voluntários estavam em condição ideais para a realização dos exercícios propostos. Adicionalmente, o potássio desempenha funções especiais no processo de estabilidade e excitabilidade de células nervosas, musculares e sistemas condutores ou geradores de impulso elétrico<sup>35</sup>. Dados semelhantes foram encontrados no trabalho de Siqueira *et al.*<sup>61</sup>.

Apesar de estar descrito na literatura que quanto maior a intensidade do exercício, maior a presença de potássio no meio extracelular<sup>35</sup>, no presente trabalho, as concentrações plasmáticas de potássio apresentaram redução no pós-exercício (T1) quando comparadas aos momentos iniciais (T0), contudo, mantiveram os valores finais dentro da normalidade (Quadro 1). Esta situação pode ter ocorrido devido ao fato de a bateria de testes aplicada ter apresentado, entre as avaliações, intervalos de recuperação grandes, superiores a 5 minutos, ou seja, tempo suficiente para o rebombeamento do potássio ao meio intracelular, justificando assim os resultados observados<sup>35</sup>. Esta manutenção dos valores plasmáticos de potássio normais apresenta-se como um fator positivo, uma vez que as modificações de suas reservas corporais podem desencadear sérios problemas, principalmente quanto ao ritmo cardíaco<sup>62</sup>.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre os dois procedimentos experimentais (caféina vs placebo) para o potássio. Apesar de um dos possíveis mecanismos de ação da caféina estar relacionado com a atuação na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular<sup>55</sup>, no presente estudo não foram observadas alterações significativas na concentração do potássio plasmático (Tabela 3), o que induz o pensamento de que caso essas alterações tenham realmente ocorrido, foram apenas em nível intracelular. Estes dados contrastam com os dados do trabalho de Mohr *et al.*<sup>63</sup> que encontraram redução do potássio, em exercício intermitente de alta intensidade, com o consumo de caféina.

O comportamento das concentrações séricas de potássio não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) para homens e mulheres, sugerindo que ambos desenvolveram em exercício respostas semelhantes para esta variável.

No presente trabalho o potássio plasmático apresentou uma tendência de redução em sua concentração após o exercício, e a ingestão da caféina, tanto para homens quanto para mulheres, não desencadeou alterações significativas em suas concentrações quando

comparado ao placebo, sugerindo que a cafeína, na dose ingerida, não exerce um efeito considerável sobre esta variável.

A média dos valores basais de lactato sanguíneo (Tabela 2) apresentou-se dentro dos valores de referência propostos para esta variável (Quadro 1), existindo apenas um resultado fora desta faixa (Tabela 4). Estes resultados sugerem que os voluntários respeitaram a orientação sobre a abstenção à prática de atividade física nos momentos prévios aos testes experimentais.

Após a realização do exercício, todos os valores de lactato plasmático apresentaram-se acima da faixa de normalidade. Isto ocorreu devido ao fato de que foi realizado um exercício de curta duração e alta intensidade exigindo um fornecimento rápido de energia, a qual será proporcionada quase exclusivamente pelos fosfatos de alta energia (ATP e CP) armazenados dentro dos músculos ativados durante o exercício, assim como pela glicólise anaeróbica. A glicólise propiciará a formação de ATP, sendo que a energia para fosforilar o difosfato de adenosina (ADP) provém principalmente da glicose e do glicogênio armazenados durante o processo anaeróbico da degradação da glicose, com subsequente formação do ácido láctico<sup>35</sup>.

No presente trabalho as concentrações de lactato sanguíneo apresentaram-se significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) após o consumo da cafeína (Tabela 2). Tal resultado possivelmente se deve a atuação da cafeína na bomba de sódio e potássio, retardando a fadiga<sup>55</sup>, permitindo, assim, que os voluntários mantivessem o esforço por mais tempo, produzindo assim uma maior quantidade de ácido láctico. Resultados semelhantes foram encontrados nos trabalhos de Karapetian *et al.*<sup>42</sup> e Lee *et al.*<sup>64</sup>.

O consumo da cafeína no presente estudo esteve associado à ocorrência de maiores valores de lactato sanguíneo tanto para os homens quanto para as mulheres, contudo, os homens apresentaram valores mais elevados para esta variável. Apesar de não terem sido encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre o comportamento dos dois grupos (homens vs mulheres) em relação aos resultados de lactato sanguíneo, os homens apresentaram resultados finais (T1) mais elevados do que as mulheres (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido devido ao percentual de fibras do tipo II<sup>65, 66</sup>, e que uma das explicações para o acúmulo de lactato durante o exercício poderia incluir a tendência para a enzima desidrogenase láctica (LDH) nas fibras musculares de contração rápida em favorecer a conversão do piruvato para lactato<sup>35</sup>.



Em repouso, a média de concentração plasmática de ácidos graxos livres apresentou-se dentro dos valores de referência para esta variável (Quadro 1), contudo, foram encontrados 19 resultados (Tabela 4) acima do recomendado. A ocorrência no presente trabalho de dois valores de glicose abaixo das recomendações e nove casos de cortisol acima dos valores de referência (Tabela 4), podem representar fatores determinantes para a ocorrência destes valores mais elevados dos AGL, uma vez que, como forma de prevenção a quadros de hipoglicemia, o cortisol atua como antagonista da insulina, por inibir a captação e a oxidação da glicose, e promove o fracionamento do triacilglicerol no tecido adiposo para glicerol e ácidos graxos<sup>35</sup>. Além disso, não houve no presente trabalho controle sobre a forma de deslocamento dos voluntários até o local da coleta, podendo ter sido realizada uma atividade de baixa intensidade, que utiliza predominantemente as gorduras como substrato energético<sup>35</sup>, principalmente pelo fato de os voluntários estarem em jejum.

Os ácidos graxos livres apresentaram uma concentração significativamente maior após o exercício realizado com a ingestão da cafeína em relação ao placebo tanto para os homens quanto para as mulheres (Tabela 3). Esta ação pode ter ocorrido devido ao fato de uma maior produção de adrenalina desencadeada pela ação do exercício físico e acentuada pela ação da cafeína, aumentando ainda mais a produção deste hormônio, que apresenta como uma de suas funções o estímulo da lipólise (no tecido adiposo e nos músculos ativos)<sup>35</sup>. Cabe destacar que mesmo que os exercícios propostos tenham sido de característica anaeróbica, a fase de recuperação foi de baixa intensidade, estimulando a participação dos AGL durante os 50 minutos, que, em média, durou cada ação experimental. Mougios *et al.*<sup>67</sup> e Graham e Spriet<sup>46</sup> também encontraram um aumento significativo nos níveis de ácidos graxos circulantes após o exercício com o consumo de cafeína quando comparado ao placebo.

No presente trabalho, o consumo da cafeína apresentou-se como um interessante recurso ergogênico de ação termogênica, aumentando a liberação dos AGL na corrente sanguínea a ser utilizado como substrato energético. Este resultado reforça os achados relatados por outros autores<sup>46, 67</sup> indicando ter a cafeína um potencial efeito ergogênico auxiliando uma ação de emagrecimento.

Foram encontrados nove valores de cortisol acima da faixa de normalidade em repouso (Tabela 4). Contudo, a média dos resultados apresentou-se dentro das recomendações. Esses resultados são interessantes pelo fato de os voluntários terem se

apresentado ao local da coleta estando em jejum, e o cortisol atuar na prevenção de quadros de hipoglicemia, uma vez que a hipoglicemia é um fator limitante para a realização da atividade física<sup>35</sup>.

No pós-exercício, os valores de cortisol plasmático apresentaram-se dentro da faixa de normalidade (Tabela 2), sendo encontrados 3 valores abaixo do recomendado. Durante o exercício exaustivo, o cortisol favorece a manutenção da glicemia por meio do estímulo da liberação de aminoácidos a partir do tecido muscular (proteólise muscular), pela estimulação da gliconeogênese hepática a partir de aminoácidos e por favorecer a mobilização de ácidos graxos livres a partir do tecido adiposo<sup>68, 69</sup>. Uma vez que os testes foram realizados estando os avaliados em jejum, a manutenção na concentração plasmática de cortisol dentro da faixa de normalidade aparece também como um fator de prevenção contra quadros de hipoglicemia.

Os valores séricos de cortisol no pós-exercício com o consumo da cafeína foram significativamente ( $p < 0,05$ ) maiores do que com o placebo (Tabela 2). Uma possível justificativa para estes valores mais elevados de cortisol após o consumo da cafeína pode ser o maior número de repetições realizados pelos voluntários após o consumo da substância (Tabela 5), tendo em vista que o estresse físico estimula uma maior liberação de cortisol na corrente sanguínea<sup>60</sup>.

Quando comparada entre os grupos (homens vs mulheres), não foi encontrada diferença estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) para o comportamento do cortisol no pós-exercício (T1). Contudo, apenas os homens apresentaram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) desta variável após o consumo de cafeína, porém mantendo-se os valores dentro da faixa de normalidade sanguínea, de forma que estas alterações, observadas estatisticamente, não possuem relevância fisiológica.

A partir dos dados encontrados neste trabalho, pode-se inferir que homens e mulheres apresentam comportamentos semelhantes para o cortisol no pós-exercício, tanto com o uso da cafeína quanto com o placebo. Além disso, a cafeína foi responsável por valores inferiores de cortisol sérico, contudo estes valores se mantiveram dentro da faixa de referência para esta variável.

O número de repetições apresentou um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) com o uso da cafeína em relação ao placebo, tanto para os homens quanto para as mulheres (Tabela 6), apontando que a cafeína é um recurso ergogênico eficiente para a variável resistência de força para os dois sexos. Isso será extremamente importante em

modalidades que tenham este tipo de exigência, tipo o remo, o judô, algumas provas da ginástica olímpica e a musculação. Pode-se teorizar que o aumento do número de repetições tenha ocorrido devido ao fato de a cafeína, para maior efetivação da contração muscular, atuar na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, contribuindo para o retardo da fadiga<sup>55</sup>.

Forbes *et al.*<sup>70</sup> e Beck *et al.*<sup>71</sup> também encontraram melhoras significativas na resistência de força no aparelho supino, após o consumo de 2mg/kg de cafeína contidas em uma bebida energética, a 70% de 1RM, e 201 mg de cafeína, a 80% de 1 RM, respectivamente. Entretanto, Astorino *et al.*<sup>4</sup> não encontraram melhora no desempenho de homens treinados para os testes nos aparelhos supino e *leg press* após o consumo de 6 mg/kg de cafeína, a 60% de 1 RM. A falta de uma metodologia específica, tanto em questão à dose utilizada e ao tempo de consumo da substância antes da realização da atividade, quanto ao percentual da carga adotados para a realização dos testes, podem ter sido fatores determinantes para a divergência dos resultados encontrados.

Com os achados deste trabalho, o uso da cafeína aparece como um interessante recurso ergogênico a ser indicado para atividades que utilizem a resistência de força como uma valência física determinante, como é o caso da musculação, remo e o judô. Contudo, recomenda-se que a prescrição do consumo de cafeína seja testada em ambiente de treinamento antes da competição.

As demais variáveis físicas avaliadas neste estudo não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre os procedimentos experimentais com cafeína e placebo para nenhum dos dois grupos. O fato de amostra não ter sido composta por atletas e de não ter sido realizada uma adaptação prévia dos voluntários ao equipamento ergômetro de braço, representam fatores que podem ter sido determinantes para a ocorrência destes resultados.

Os resultados de força máxima encontrados, avaliada pelo teste de dinamometria manual, contrastam com os resultados de Gallo-Salazar *et al.*<sup>14</sup> e Turley *et al.*<sup>12</sup>, que encontraram um aumento significativo da força máxima após o consumo de cafeína. A ausência de melhora significativa da altura de salto neste trabalho discorda dos achados de Pérez-López *et al.*<sup>8</sup> e Del Coso *et al.*<sup>3</sup> em treze atletas de voleibol do sexo feminino e treze atletas de voleibol do sexo masculino, respectivamente, após o consumo de 3 mg/kg de cafeína contidos em uma bebida energética, que obtiveram melhora para esta

variável. Esta discordância pode ter sido proveniente do fato de o presente estudo apresentar uma amostra de não atletas.

A potência máxima avaliada pelo teste de Wingate não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os procedimentos experimentais com cafeína e placebo. Estes dados corroboram com os achados de Collomp *et al.*<sup>72</sup> que também não encontraram diferença significativa na potência máxima deste mesmo teste em homens destreinados após o consumo de 5 mg/kg de cafeína.

Apesar de não terem sido encontradas melhoras estatisticamente significantes para a variável potência máxima, quando aplicada à realidade do esporte, como, por exemplo, nos últimos Jogos Olímpicos de Londres em 2012, na prova dos 100 metros rasos, em que a diferença percentual entre o primeiro e o segundo colocado foi de 0,28% entre as mulheres e 1,23% entre os homens, as melhoras percentuais observadas no presente trabalho, sendo de 5,17% entre as mulheres e 0,87% para os homens (Tabela 6), o que poderia contribuir de maneira determinante para o sucesso, principalmente das mulheres, neste tipo de prova.

A cafeína apresentou uma ação ergogênica apenas para a variável resistência de força. Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa entre o comportamento de homens e mulheres para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Esses resultados sugerem que a cafeína apresenta-se como um recurso ergogênico eficiente tanto para os homens quanto para as mulheres.

Os efeitos ergológicos relatados após o consumo de 5 mg/kg de MC de cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tontura/fraqueza, insônia e calor. Relatos semelhantes foram apresentados nos trabalhos de Astorino *et al.*<sup>4</sup> e Huntley e Juliano<sup>28</sup>. A presença de tais reações pode ser prejudicial ao desempenho físico, assim sendo, em indivíduos que apresentam esses sintomas, não se recomenda o consumo da substância, ou pelo menos com maior nível de avaliação e supervisão de profissionais qualificados.

Uma vez que o uso da cafeína apresenta reações fisiológicas individuais em seus consumidores<sup>73</sup>, e que o seu uso pode vir acompanhado por efeitos ergológicos, recomenda-se que a sua adoção como recurso ergogênico passe pela orientação e supervisão de profissionais habilitados, além de ser testado previamente em período de treinamento.

Representam limitações do presente estudo o fato da amostra não ter sido composta por atletas, e pelo nível de treinamento dos voluntários ser heterogêneo. Além disso, não foi realizada uma adaptação dos atletas ao ergômetro de braço. Os procedimentos experimentais foram realizados antes da obtenção dos resultados dos exames laboratoriais, participando da amostra voluntários com valores de repouso fora do recomendado. Não foi realizada uma avaliação sistemática dos efeitos ergolíticos apresentados ao longo da pesquisa. Assim sendo, sugere-se a realização de estudos com grupos mais homogêneos e a adoção de uma metodologia mais sensível para a avaliação dos efeitos ergolíticos ao uso da cafeína, a fim de confirmar os resultados encontrados.

## **CONCLUSÕES**

O consumo de cafeína influenciou as variáveis sanguíneas, aumentando as concentrações de glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol. Como recurso ergogênico, a cafeína foi eficiente apenas para a resistência de força, não sendo eficiente para a força máxima, potência máxima, potência média e índice de fadiga. A cafeína influiu de forma semelhante como agente ergogênico independente do sexo, porém não apresentou diferença entre o comportamento de homens e mulheres.

Os efeitos ergolíticos relatados após o consumo da cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor, indicando que a prescrição da cafeína na dosagem de 5 mg/kg de MC deva ser realizada individualmente por um profissional habilitado e previamente testada antes de uma competição.

## REFERÊNCIAS

1. Brunetto D, Ribeiro JL, Fayh APT. Efeitos do Consumo Agudo de Cafeína sobre Parâmetros Metabólicos e de Desempenho em Indivíduos do Sexo Masculino. *Rev Bras Med Esp.* 2010;16(3):171-175.
2. Bortolotti H, Altimari L, Vitor-Costa M, Cyrino E. Performance During a 20-km Cycling Time-Trial after Caffeine Ingestion. *J Int Soc Sports Nutr.* 2014;11(45):1-7.
3. Del Coso J, Perez-Lopez A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valades D. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(6):1013-1018.
4. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol.* 2008;102(2):127-132.
5. Souissi M, Chtourou H, Abdelmalek S, Ghoulane IB, Sahnoun Z. The effects of caffeine ingestion on the reaction time and short-term maximal performance after 36 h of sleep deprivation. *Physiol Behav.* 2014;131:1-6.
6. Santos VGF, Santos VRF, Felipe LJC, et al. Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. *Nutrients.* 2014;6:637-649.
7. Maughan RJ, Griffin J. Caffeine ingestion and fluid balance: A review. *J Hum Nutr Diet.* 2003;16:411-420.
8. Pérez-López A, Salinero JJ, Abian-Vicen J, et al. Caffeinated Energy Drinks Improve Volleyball Performance in Elite Female Players. *Med Sci Sports Exerc.* 2014;47(4):850-856.
9. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2010;7(1):1-15.
10. Skinner TL, Jenkins DG, Leveritt MD, et al. Factors influencing serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *J Sci Med Sport.* 2014;17(1):516-520.
11. Ahrens JN, Crixell SH, Lloyd LK, Walker JL. The physiological effects of caffeine in women during treadmill walking. *J Strength Cond Res.* 2007;21(1):164-168.

12. Turley K, Eusse P, Thomas M, Townsend JR, Morton AB. Effects of Different Doses of Caffeine on Anaerobic Exercise in Boys. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27(1):50-56.
13. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Alijani E. The effect of caffeine on some cardiovascular factors in male student athletes. *Procedia Soc Behav Sci*. 2011;15:2092-2095.
14. Gallo-Salazar C, Areces F, Abián-Vicén J, et al. Caffeinated Energy Drinks Enhance Physical Performance in Elite Junior Tennis Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015;10(3):305-310.
15. Cardoso TE, Aguiar RAd, Turnes T, et al. Effect of caffeine ingestion on 200 meter running performance. *Motriz: Rev Educ Fis*. 2013;19(2):298-305.
16. Campbell B, Wilborn C, La Bounty P, et al. International Society of Sports Nutrition position stand: energy drinks. *J Int Soc Sports Nutr*. 2013;10:1.
17. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res*. 2008;22(3):978-986.
18. Spriet LL, Gibala MJ. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *J Sports Sci*. 2004;22(1):127-141.
19. Astorino TA, Terzi MN, Roberson DW, Burnett TR. Effect of caffeine intake on pain perception during high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011;21(1):27-32.
20. Backhouse SH, Biddle SJ, Bishop NC, Williams C. Caffeine ingestion, affect and perceived exertion during prolonged cycling. *Appetite*. 2011;57(1):247-252.
21. Sinclair CJ, Geiger JD. Caffeine use in sports. A pharmacological review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40(1):71-79.
22. Spriet LL. Caffeine and performance. *Int J Sport Nutr*. 1995;5:S84-S84.
23. Gil-Antuñanoa NP, Iglesias-Gutiérrezb E, Martínb NÚ. Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. *Med Clin*. 2008;131(19):751-755.
24. Kazemi F, Gaeini AA, Kordi MR, Rahnama N. The acute effects of two energy drinks on endurance performance in female athlete students. *Sport Sci Health*. 2009;5:55-60.
25. Walsh AL, Gonzalez AM, Ratamess NA, Kang J, Hoffman JR. Improved time to exhaustion following ingestion of the energy drink Amino Impact™. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7:14.

26. Umana-Alvarado M, Moncada-Jimenez J. Consumption of an 'Energy Drink' does not Improve Aerobic Performance in Male Athletes. *IJASS*. 2005;17:26-34.
27. Ivy JL, Kammer L, Ding Z, Wang B, Bernard JR, Liao YH, et al. Improved cycling time-trial performance after ingestion of a caffeine energy drink. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009;19:61-78.
28. Huntley ED, Juliano LM. Caffeine Expectancy Questionnaire (CaffEQ): construction, psychometric properties, and associations with caffeine use, caffeine dependence, and other related variables. *Psychol Assess*. 2012;24(3):592-607.
29. Skinner TL, Jenkins DG, Taaffe DR, Leveritt MD, Coombes JS. Coinciding exercise with peak serum caffeine does not improve cycling performance. *J Sci Med Sport*. 2013;16(1):54-59.
30. Pitchforda NW, Fell JW, Leveritt MD, Desbrowb B, Shing CM. Effect of caffeine on cycling time-trial performance in the heat. *J Sci Med Sport*. 2014;17(1):445-449.
31. Kopec BJ, Dawson BT, Buck C, Wallman KE. Effects of sodium phosphate and caffeine ingestion on repeated-sprintability in male athletes. *J Sci Med Sport*. 2015;15:S1440-2440.
32. Coso JD, Portillo J, Muñoz G, Abián-Vicén J, Gonzalez-Millán C, Muñoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino Acids*. 2013;44(6):1511-1519.
33. Astorino TA, Roupoli LR, Valdivieso BR. Caffeine does not alter RPE or pain perception during intense exercise in active women. *Appetite*. 2012;59:585-590.
34. Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. *B C Med J*. 1975;17(11):375-378.
35. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan; 2008.
36. Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC). V Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA) e III Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial (MRPA). *Arq Bras Cardiol*. 2011;97:1-24.
37. Karvonen M, Kentala K, Musta O. The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*. 1957;35(3):307-315.



38. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis.* 1985;131(5):700-708.
39. Marins JCB, Giannichi RS. *Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático.* Rio de Janeiro, RJ: Shape; 2003.
40. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2008;18(4):412-429.
41. Simmonds MJ, Minahan CL, Sabapathy S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(2):287-295.
42. Karapetian GK, Engels HJ, Gretebeck KA, Gretebeck RJ. Effect of caffeine on LT, VT and HRVT. *Int J Sports Med.* 2012;33(7):507-513.
43. Astorino TA, Martin BJ, Schachtsiek L, Wong K, Ng K. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1752-1758.
44. Fernandes AdA, Marins JCB. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Fisioter Mov.* 2011;24(3): 567-578.
45. Cocate PG, Marins JCB. Efeito de três ações de “café da manhã” sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Rev Bras Cine Des Hum.* 2007;9:67-75.
46. Graham TE, Spriet LL. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol.* 1995;78(3):867-874.
47. Olcina G, Munoz D, Kemp J, et al. Total plasma fatty acid responses to maximal incremental exercise after caffeine ingestion. *J Exerc Sci Fit.* 2012;10:33-37.
48. Martínez AA, Marchal CJA, Rodríguez SF, et al. Role of alpha-actin in muscle damage of injured athletes in comparison with traditional markers. *Br J Sports Med.* 2007;41(7):442-446.
49. Totsuka M, Nakaji S, Suzuki K, Sugawara K, Sato K. Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *J Appl Physiol.* 2002;93(4):1280-1286.

50. Aboodarda SJ, George J, Mokhtar AH, Thompson M. Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *J Sports Sci Med*. 2011;10(4):635-642.
51. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull*. 2007;81(1):209-230.
52. Trump ME, Heigenhauser G, Putman C, Spriet LL. Importance of muscle phosphocreatine during intermittent maximal cycling. *J Appl Physiol*. 1996;80(5):1574-1580.
53. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med*. 2008;18(5):423-431.
54. Souza CTd, Medeiros Cd, Silva LAd, et al. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. *Rev Bras Cine Des Hum*. 2010;12(4):269-274.
55. Braga LC, Alves MP. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Rev Bras Ciên e Mov*. 2000;8(3):33-37.
56. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil*. 2002;81(11):S52-S69.
57. Pereira ER, Nogueira GMO, Coelho DB, et al. Suplementação com creatina altera a potência no teste de Wingate mas eleva a concentração de creatinina. *Rev Bras Med Esp*. 2012;18(5):292-295.
58. Nindl BC, Scoville CR, Sheehan KM, Leone CD, Mello RP. Gender differences in regional body composition and somatotrophic influences of IGF-I and leptin. *J Appl Physiol*. 2002;92(4):1611-1618.
59. Volek JS, Forsythe CE, Kraemer WJ. Nutritional aspects of women strength athletes. *Br J Sports Med*. 2006;40(9):742-748.
60. Hirschbruch MD. *Nutrição esportiva: uma visão prática*. Barueri, SP: Manole; 2014.
61. Siqueira LO, Bortoluzzi J, Zanin F, et al. Análise da suplementação de carboidratos e solução isotônica sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos de jogadores profissionais de futebol em condições reais de treinamento. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2012;34(4):999-1016.

62. Marins JCB. *Estudio comparativo de diferentes procedimientos de hidratación durante un ejercicio de larga duración* [Tese]. Murcia: Departamento de Fisiología y Farmacología, Universidad de Murcia; 2000.
63. Mohr M, Nielsen JJ, Bangsbo J. Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *J Appl Physiol*. 2011;111(5):1372-1379.
64. Lee CL, Cheng CF, Astorino TA, Lee CJ, Huang HW, Chang WD. Effects of carbohydrate combined with caffeine on repeated sprint cycling and agility performance in female athletes. *J Int Soc Sports Nutr*. 2014;1:11-17.
65. Staron RS, Hagerman FC, Hikida RS, et al. Fiber type composition of the vastus lateralis muscle of young men and women. *J Histochem Cytochem*. 2000;48(5):623-629.
66. Billaut F, Bishop D. Muscle fatigue in males and females during multiple-sprint exercise. *Sports Med*. 2009;39(4):257-278.
67. Mougios V, Ring S, Petridou A, Nikolaidis MG. Duration of coffee- and exercise-induced changes in the fatty acid profile of human serum. *J Appl Physiol*. 2003;94(2):476-484.
68. Chatard JC, Atlaoui D, Lac G, Duclos M, Hooper S, Mackinnon L. Cortisol, DHEA, performance and training in elite swimmers. *Int J Sports Med*. 2002;23(7):510-515.
69. Viru A, Viru M. Cortisol - essential adaptation hormone in exercise. *Int J Sports Med*. 2004;25(6):461-464.
70. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(5):433-444.
71. Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, et al. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *J Strength Cond Res*. 2006;20(3):506-510.
72. Collomp K, Ahmaidi S, Audran M, Chanal J, Prefaut C. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. *Int J Sports Med*. 1991;12(5):439-443.

73. Pereira JC, Silva RG, Fernandes AA, Quintana MS, Marins JCB. ¿Tienen las bebidas energéticas efectos ergogénicos en el ejercicio físico? *Archivos de Medicina del Deporte*. 2015;32(3):164-168.

## ARTIGO 2: EFEITOS DA CAFEÍNA SOBRE VARIÁVEIS BIOQUÍMICAS E DE DESEMPENHO EM EXERCÍCIOS ANAERÓBICOS DE INDIVÍDUOS COM ALTO E BAIXO DE CONSUMO HABITUAL DE CAFEÍNA

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína em variáveis bioquímicas e de desempenho físico em indivíduos fisicamente ativos divididos conforme o nível de consumo diário de cafeína (alto ou baixo), se o hábito de consumo influencia neste comportamento, bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico.

**Método:** Foram avaliados 32 indivíduos fisicamente ativos divididos conforme o nível de consumo diário de cafeína sendo G1 (alto consumo  $\geq 100$  mg/dia) e G2 (baixo consumo  $< 100$  mg/dia), por meio de um ensaio clínico randomizado tipo *crossover*, onde foram submetidos a dois dias de intervenção. Um dos tratamentos correspondeu ao consumo de cápsulas de cafeína contendo 5 mg/kg de massa corporal e o outro ao consumo de placebo, ambos 40 minutos antes do exercício. As coletas de sangue para avaliação bioquímica foram realizadas antes do consumo das cápsulas (T0) e imediatamente após o protocolo de testes (T1). Após o consumo das cápsulas os voluntários foram submetidos a testes para avaliação do desempenho: resistência de força no *leg press* 45°, dinamometria manual, *Squat Jump* e ergômetro de braço (teste de Wingate). Para identificar as diferenças entre os protocolos experimentais (cafeína vs placebo), foi utilizado o teste *t* dependente para as variáveis com distribuição normal e Teste de Wilcoxon para as demais variáveis. Para a comparação entre os grupos (alto consumo vs baixo consumo) foi utilizado o teste *t* independente para os dados com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para as demais variáveis.

**Resultados:** Na comparação das variáveis bioquímica entre os dois procedimentos experimentais (cafeína vs placebo) foi observado aumento significativo ( $p < 0,05$ ) no T1 de coleta, para a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol com o consumo da cafeína. No grupo do alto consumo a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) em T1 com a cafeína. Já no grupo do baixo consumo o aumento significativo ( $p < 0,05$ ) ocorreu para a glicose, creatina quinase, lactato e ácidos graxos livres. Na avaliação do desempenho, os dois grupos (alto e baixo consumo), apresentaram melhora significativa ( $p < 0,05$ ) apenas no número de repetições, não sendo observada influência sobre a dinamometria, altura de salto, potência máxima e média e índice de fadiga. Não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os grupos alto consumo e baixo consumo para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Foram informados como efeitos ergolíticos após o consumo da cafeína: ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor.

**Conclusão:** O consumo de cafeína aumentou a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol. A cafeína foi eficiente para a resistência de força. A cafeína influi de forma semelhante como agente ergogênico independente do hábito de consumo do indivíduo. Os efeitos ergolíticos relatados após o consumo da cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor.

**Palavras-chave:** Cafeína. Desempenho. Exercício anaeróbico. Nutrição aplicada ao esporte. Recurso ergogênico nutricional.

## ABSTRACT

**Title:** Caffeine effects under biochemical variables and anaerobic exercise performance on subjects with high and low levels of caffeine intake habits

**Aim:** To evaluate the effects of acute consumption of caffeine for biochemical variables and the physical performance between men and women physically active, divided according to the daily intake of caffeine (high or low), the consumption habits influencing this behaviour, as well as identify the presence of some ergolytic effects.

**Methods:** A number of 32 physically active subjects were divided according to the daily intake of caffeine, which G1 (high consumption  $\geq 100$  mg/day) and G2 (low consumption  $< 100$  mg/day), through a randomized clinical assay, crossover style, with the submission on two days of intervention. One of the treatments corresponded to the consumption of caffeine capsules containing 5 mg/kg of body mass (BM) and the other for the consumption of a placebo, both 40 minutes before exercising. The blood samples for the biochemical tests were analysed before the consumption of the capsules (T0) and immediately after the testing protocol (T1). On the testing days, the volunteers had to intake the caffeine capsules (5mg/kg of BM) or the placebo. After the capsules consumption, the volunteers were submitted to the tests to evaluate their development: strength resistance on the leg press 45°, manual dynamometry, Squat Jump and arm ergometer (Wingate Test). To identify the differences between the experimental protocols (caffeine and placebo), a *test T* dependent was used for the variables with normal distribution and the Wilcoxon Test for the others variants. To compare between the groups (male and female) a *test T* non-dependent was adopted for the data with normal distribution and the Mann-Whitney test for the other variants.

**Results:** On the comparison of the biochemic variants between two experimental procedures (caffeine vs placebo) a significant increases ( $p < 0,05$ ) were observed on the T1 samples for glucose, creatine kinase, lactate, free fatty acids and cortisol after the consumption of caffeine. For the group with high consumption, the glucose and free fatty acids increased significantly ( $p < 0,05$ ) on the T1 with caffeine. However for the low consumption group the significant rise ( $p < 0,05$ ) occurred for glucose, creatine kinase, lactate and free fat acids. On the performance evaluation, a considerable improvement was observed ( $p < 0,05$ ) on the number of repetitions for the two groups (high and low consumption), there was no influence on dynamometry, jump height, maximum and medium potency and fatigue index. There was no significant statistical difference ( $p > 0,05$ ) between the groups with high or low consumption of caffeine for none of the biochemical variables or physical tests. Some ergolytic effects were informed after the consumption of caffeine: anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat.

**Conclusion:** The caffeine consumption increased the glucose, creatine kinase, lactate, free fat acids and cortisol. The caffeine was efficient for the resistance strength. The caffeine works in a similar way as an ergogenic agent, regardless the participant consumption habits. The ergolytic effects related after caffeine consumption were anxiety, motility gain, diuresis and sweating, tachycardia, urge to vomit, shakings, dizziness/weakness, insomnia and heat.

**Keywords:** Caffeine. Performance. Anaerobic exercise. Sports Nutrition. Nutritional ergogenic resource.



## INTRODUÇÃO

Com o objetivo de retardar a fadiga e aprimorar o desempenho físico, o consumo de cafeína tem sido utilizado como um possível recurso ergogênico, consumido previamente à realização de exercícios físicos<sup>1-3</sup>. Consumida naturalmente em alguns alimentos como chocolate, refrigerantes, bebidas energéticas, e o próprio café, ou na forma de suplementos alimentares, a cafeína é um componente comum na dieta de muitos atletas e praticantes de atividade física.

O consumo da cafeína no meio esportivo é comum devido aos seus aparentes efeitos ergogênicos e por ser uma substância com mínimas restrições para consumo segundo a Agência Mundial Anti-doping (*World Anti-doping Agency-WADA*)<sup>4</sup>. Del Coso *et al.*<sup>5</sup> demonstraram uma prevalência de três em cada quatro atletas fazendo uso da cafeína antes e durante competições esportivas, indicando assim como a cafeína é consumida com elevada frequência entre atletas.

Vários mecanismos têm sido propostos para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína sobre o desempenho físico. Aparentemente o principal mecanismo responsável pelo seu efeito ergogênico, é a sua capacidade de atuar como antagonista da adenosina<sup>6, 7</sup>. Para melhor contração muscular, a cafeína atua ainda na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, contribuindo para o retardo da fadiga<sup>8</sup>. Além disso, ela aumenta a mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático, o qual contribui para o potencialização da contração muscular<sup>9, 10</sup>. Estes mecanismos podem resultar, após o exercício, em valores mais elevados de lactato sanguíneo e de marcadores de desgaste muscular, como a Creatina Quinase (CK) e a ureia plasmática.

A cafeína exerce influência no metabolismo energético, aumentando a mobilização dos triglicerídeos. Ação esta que pode ocorrer indiretamente pelo aumento nas concentrações circulantes das catecolaminas, ou diretamente por antagonizar a ação da adenosina, molécula que inibe a lipólise e a oxidação dos ácidos graxos<sup>11</sup>.

Vários estudos que avaliaram o consumo da cafeína apresentaram respostas contraditórias em relação ao desempenho, que vão da melhora da performance<sup>12-14</sup>, nenhuma alteração<sup>15, 16</sup>, ou mesmo prejuízo<sup>17</sup>. Essa condição não homogênea pode ser devido à cafeína sofrer influência de uma série de fatores, como por exemplo: intensidade e duração do exercício<sup>18</sup>, nível de treinamento do atleta<sup>19</sup>, quantidade

ingerida<sup>1, 20</sup>, tempo de oferta da substância antes do exercício<sup>21</sup> e hábito de consumo<sup>22, 23</sup>.

O uso crônico de cafeína tem sido associado a uma condição de maior tolerância, minimizando seus efeitos ergogênicos, além de desencadear uma síndrome de abstinência característica (por exemplo, dor de cabeça, fadiga) entre os indivíduos que apresentam um consumo habitual maior ou igual 100 mg de cafeína por dia<sup>22</sup>. Já os indivíduos que apresentam baixo consumo diário desta substância, apresentam ação mais prolongada deste suplemento<sup>23</sup>, além de apresentarem maior sensibilidade aos seus efeitos ergogênicos e ergolíticos<sup>15</sup>.

Bell *et al.*<sup>23</sup>, avaliaram o efeito de uma dose moderada da substância (5 mg/kg de MC) em indivíduos classificados como usuários ( $\geq 300$  mg/d), e não usuários ( $\leq 50$  mg/d) de cafeína, e demonstraram melhora de desempenho para os dois grupos, contudo, o efeito do suplemento durou aproximadamente três horas a mais nos indivíduos não usuários. Van Soeren *et al.*<sup>24</sup>, também não relataram diferenças significativas entre os dois grupos, contudo, houve um aumento na adrenalina plasmática durante o exercício nos indivíduos não habituados ao consumo de cafeína, em comparação ao placebo. Astorino *et al.*<sup>15</sup>, examinando o efeito da ingestão de 6 mg/kg do suplemento sobre uma repetição máxima de supino, encontraram que treze dos vinte dois avaliados relataram maior energia, elevação da frequência cardíaca, agitação e tremores, sendo que estas sensações apresentaram-se com maior magnitude nos indivíduos não consumidores habituais de cafeína.

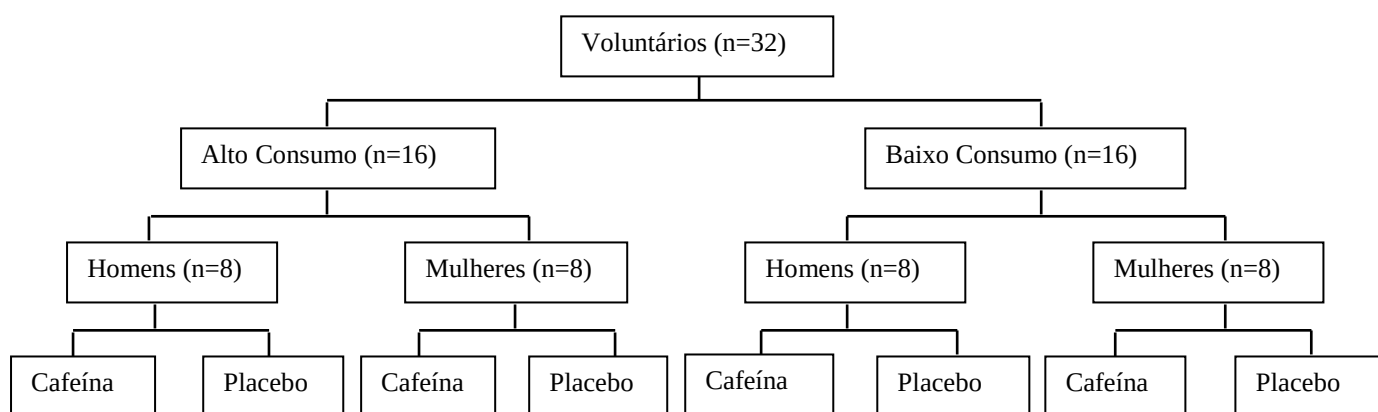
Identificar se o consumo diário de cafeína interfere no desempenho físico, e a magnitude do seu efeito sobre variáveis bioquímicas, pode auxiliar principalmente na tomada de decisão de um nutricionista especializado na área esportiva sobre a viabilidade de prescrever este suplemento antes da prática de um exercício.

A controvérsia em relação aos possíveis efeitos ergogênicos ou ergolíticos da cafeína em exercícios de perfil anaeróbico, e especificamente em consumidores e não consumidores habituais da substância, além da falta de uma metodologia específica para avaliar a possível ocorrência desses efeitos, apontam para a necessidade de estudos que avaliem os efeitos dessa substância neste grupo de exercícios e de indivíduos. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito do consumo agudo de cafeína sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico em indivíduos fisicamente ativos

divididos conforme o nível de consumo diário de cafeína (alto ou baixo), bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram avaliados trinta e dois indivíduos (16 homens e 16 mulheres) fisicamente ativos, com média  $\pm$  desvio-padrão (DP) de idade =  $23,34 \pm 2,44$  anos, massa corporal =  $69,47 \pm 13,84$  kg, estatura =  $1,71 \pm 0,09$  cm, IMC =  $23,5 \pm 2,9$  e percentual de gordura corporal (%GC) =  $23,85 \pm 9,42\%$ . Os indivíduos foram divididos em dois grupos (n=16) conforme o nível de consumo habitual de cafeína (alto ou baixo consumo), sendo 8 homens e 8 mulheres em cada grupo. A Figura 1 apresenta a forma de distribuição dos voluntários ao longo da pesquisa.



**Figura 1.** Distribuição dos voluntários.

A variável escolhida para o cálculo amostral foi o “número de repetições” e seus valores de média e desvio padrão nos grupos cafeína ( $17,78 \pm 5,87$ ) e placebo ( $15,00 \pm 4,85$ ). Com o auxílio do software G\*Power (versão 3.0.10) e considerando a comparação das médias entre os grupos cafeína e placebo, foi calculado o valor de  $\alpha$  igual a 0,23363 e um poder estatístico igual a 0,76637. Estipulou-se um tamanho de efeito médio igual a 0,52 para o cálculo da amostra e, ao final, foi obtido o valor de 16 indivíduos para cada grupo, totalizando um n de 32 indivíduos para o estudo.

Para a classificação do consumo médio diário de cafeína adotou-se um questionário quantitativo de frequência alimentar adaptado para a ingestão de cafeína, empregado anteriormente no trabalho de Pereira<sup>25</sup>. Foi considerado o consumo  $\leq 100$  mg/dia de cafeína como “baixo consumo” e  $> 100$  mg/dia como “alto consumo”,

tomando como base o trabalho de Griffiths *et al.*<sup>26</sup>. O questionário foi aplicado e avaliado por um profissional de Nutrição devidamente capacitado.

Observou-se um consumo diário de cafeína significativamente maior ( $p < 0,001$ ) para o grupo do alto consumo em relação ao grupo do baixo consumo, com média  $\pm$  DP de  $279,79 \pm 196,56$  e  $26,26 \pm 24,78$  mg/dia, respectivamente.

Foram definidos como critérios de inclusão indivíduos com idade entre 18 e 30 anos e experiência mínima de dois meses com treinamento de força. Os indivíduos deveriam apresentar resposta negativa a todas as perguntas do questionário PAR-Q (*Physical Activity Readiness Questionnaire*)<sup>27</sup>, classificação abaixo da média para a tabela de risco coronariano proposta pela *Michigan Heart Association*<sup>28</sup>, além de responderem ao questionário avançado de anamnese do Software Avaesporte<sup>®</sup>, onde ficou destacado não haver antecedentes de hipertensão arterial, doenças cardíacas ou diabetes mellitus; também não eram usuários de álcool, tabaco ou de medicamentos que pudessem afetar o equilíbrio hídrico, como os diuréticos, ou substâncias dopantes como esteroides anabólicos.

A pressão arterial foi aferida após 5 minutos de repouso do avaliado de acordo com as recomendações da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>29</sup>, utilizando o método auscultatório com auxílio de esfigmomanômetro aneróide marca *Wan-Med*<sup>®</sup>. Foram excluídos da amostra, sujeitos que apresentaram um quadro de hipertensão arterial segundo os critérios da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>29</sup>, ou seja, pressão arterial sistólica abaixo de 140 mm/Hg e pressão arterial diastólica abaixo de 90 mm/Hg.

Após o recrutamento, todos os indivíduos foram previamente informados dos objetivos, dinâmica e riscos associados aos procedimentos do estudo. Em seguida assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para participação no estudo. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, sob o registro de número 44261515.9.0000.5153, segundo a Legislação Brasileira de Pesquisa com Seres Humanos.

Trata-se de um ensaio clínico randomizado tipo *crossover* onde os voluntários foram submetidos a três dias de avaliação, sendo os voluntários controle e teste de si mesmos. No primeiro dia os indivíduos foram apresentados à dinâmica do estudo, assinaram o TCLE, e responderam os questionários de pré-participação. Para caracterização da amostra foram coletadas as seguintes variáveis antropométricas,

massa corporal (MC) (Balança digital Welmy, W200A, Brasil) e estatura (Estadiômetro Welmy, W200A, Brasil). A composição corporal foi avaliada por meio de Radioabsorimetria de Feixes Duplos (Dual Energy X-ray Absorptiometry-DEXA), (Densitômetro Lunar Prodigy Advance DXA System) (GE Healthcare, analysis version 13,31, EUA).

Por último os voluntários realizaram um teste de uma repetição máxima (RM) no aparelho *leg press* 45° (Portico, AP020), supervisionado por um profissional de Educação Física. Antes do teste de força foi realizado um aquecimento orgânico, em um cicloergômetro (Moviment, BM 2700), onde o voluntário pedalou durante 5 minutos entre 45 e 55% da  $FC_{Máx}$  e 5 minutos entre 55 e 65% da  $FC_{Máx}$ , mantendo uma velocidade constante entre 60 e 70 rpm. O cálculo da FCT (frequência cardíaca de treino) foi realizado pela fórmula:  $FCT = \% (FC_{Máx} - FC_{rep}) + FC_{rep}$ <sup>30</sup>, sendo a  $FC_{Máx}$  calculada pela equação  $FC_{Máx} = 202 - 0,72 \times (Idade)$ <sup>31</sup>. Para monitoramento da FC foi utilizado um frequencímetro Polar RS800cx (Polar® Electro Ltd, Kempele, Finlândia). Em seguida o avaliado executou, já no aparelho de força, um total de 10 repetições como uma forma de aquecimento local, com uma carga equivalente a 15% da massa corporal (MC) para as mulheres e 20% da MC para os homens. Todo o protocolo de aquecimento foi repetido nos dias de teste. Após os protocolos de aquecimento, o teste foi aplicado de forma crescente, adotando o padrão proposto por Marins e Giannichi<sup>32</sup>. Os voluntários não receberam estímulos verbais durante a realização do teste, e a execução do movimento respeitou a amplitude completa do exercício.

Os testes foram realizados em temperatura ambiente entre 20 e 22°C e umidade relativa do ar entre 70 e 75% mantidos com o auxílio de um condicionador de ar (Midea®, modelo Estilo MSS-18HR) e monitoradas por um termômetro e higrômetro (Hydro-Thermometer®).

Antes de cada etapa de testes, os voluntários foram orientados a manter o mesmo padrão de consumo alimentar no dia anterior (monitorado por meio da aplicação de um recordatório alimentar de 24 horas, por um profissional de nutrição), evitar o consumo de cafeína e álcool, e se absterem da prática de atividade física superior aos 4 METs, como por exemplo uma corrida com velocidade superior a 8 km/h, musculação e atividades desportivas de intensidade moderada e/ou alta, como o futebol e o basquetebol.

Nos dois dias de teste, separados por um intervalo de uma semana, os voluntários compareceram ao laboratório às 8h manhã após jejum de, pelo menos, 10h. Todas as etapas de coleta de dados ocorreram no mesmo horário do dia a fim de evitar variações circadianas. Ao chegarem ao laboratório os indivíduos foram colocados em repouso para posterior coleta de uma amostra sanguínea.

As amostras sanguíneas foram coletadas nos seguintes momentos: antes da ingestão das cápsulas (T0) e imediatamente ao final do último teste no ergômetro de braço (T1). As coletas de sangue foram realizadas nas veias do braço que oferecessem melhor acesso, utilizando seringas descartáveis de 20 ml e agulhas hipodérmicas 0,70 x 25 mm. Aproximadamente 12 ml do sangue coletado foi introduzido em dois tubos a vácuo sem aditivo com gel separador com capacidade para 6 ml cada, para as análises de glicemia, creatina quinase (CK) total, ureia, ácidos graxos livres, cortisol e potássio, e 4 ml em tubo com anticoagulante fluoreto para análise de lactato plasmático. Os materiais utilizados para a coleta do sangue foram devidamente depositados em caixas apropriadas para o descarte de materiais perfuro cortantes, e encaminhados para incineração pela Gerência de Resíduos Sólidos da Universidade Federal de Viçosa. As coletas foram realizadas por um bioquímico devidamente capacitado.

Em seguida, todo sangue foi devidamente acondicionado em recipiente resfriado e imediatamente encaminhado para centrifugação e separação do soro e plasma para análise das variáveis bioquímicas estudadas. As análises sanguíneas foram realizadas no Laboratório de Análises Clínicas, da Divisão de Saúde da Universidade Federal de Viçosa.

Foram considerados como valores de referência para as amostras sanguíneas as recomendações descritas de acordo com as bulas dos kits reagentes utilizados respectivamente para a análise de cada parâmetro bioquímico. O Quadro 1 apresenta os valores de normalidade para cada variável sanguínea, o nome do equipamento utilizado e a técnica de leitura empregada.

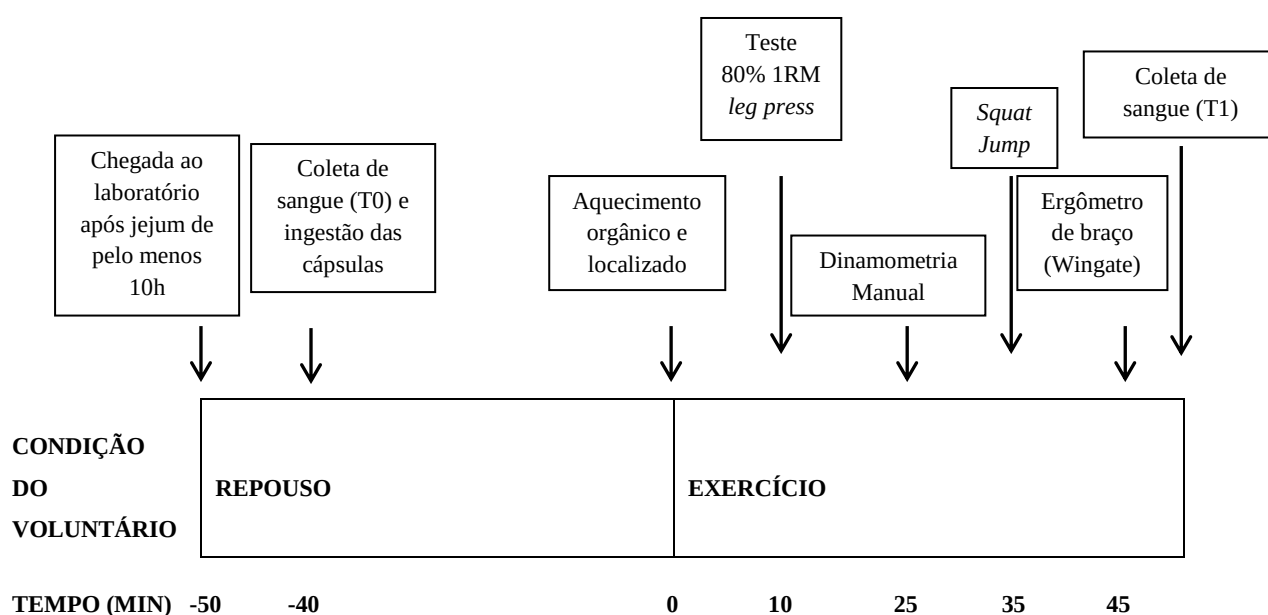
**Quadro 1.** Valores de referência para as variáveis bioquímicas.

| Variáveis | Referência     | Equipamento                    | Kit                             | Método                   |
|-----------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Glicose   | 70–99 mg/dL    | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Enzimático colorimétrico |
| CK        | 24–195 U/L     | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Cinético UV              |
| Ureia     | 10–40 mg/dL    | BS 2200 (Bioclin)              | Bioclin Quibasa                 | Enzimático colorimétrico |
| Potássio  | 3,5–5,5 mEq/L  | AU680 (Beckman Coulter)        | Siemens                         | Eletrodo seletivo        |
| Lactato   | 0,5–2,2 mmol/L | AU680 (Beckman Coulter)        | Lactato/Lactate Beckman Coulter | Colorimétrico            |
| AGL       | 100–600 µmol/L | Synchron CX5 (Beckman Coulter) | NEFA-HR (2) Wako Diagnostics    | Espectrofotometria       |
| Cortisol  | 6,7–22,6 µg/dL | Unicel DxI (Beckman Coulter)   | Access Cortisol                 | Quimioluminescência      |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácido Graxo Livre

Após a primeira coleta de sangue cada avaliado realizou a ingestão das cápsulas, sendo oferecido em um dia cafeína e no outro placebo de acordo com o desenho *crossover*. As cápsulas de cafeína foram manipuladas em uma farmácia de manipulação, de maneira a fornecer ao avaliado 5 mg de cafeína/kg de MC. A dosagem selecionada está abaixo do limite de segurança que é de 6 mg de cafeína/kg de MC<sup>18</sup>, e vem sendo adotada em outros estudos como os de Woolf *et al.*<sup>13</sup>, Simmonds *et al.*<sup>33</sup> e Karapetian *et al.*<sup>34</sup>. As cápsulas placebo foram compostas por substância excipiente.

Após 40 minutos do consumo das cápsulas, os avaliados foram encaminhados para a realização dos protocolos de testes físicos, sendo liberado o consumo de água *ad libitum*. Os testes foram realizados na seguinte ordem: resistência de força no *leg press* 45°, dinamometria manual, *Squat Jump* (salto vertical) e ergômetro de braço (teste de Wingate). O tempo médio gasto para a realização do protocolo de teste foi de 100 minutos. O esquema ilustrativo do protocolo adotado no estudo está representado na Figura 2. A seguir serão apresentados com mais detalhes a dinâmica de cada um destes testes.



**Figura 2.** Esquema representativo do protocolo adotado nos testes experimentais do presente estudo.

O teste de resistência de força no *leg press* 45° foi realizado no mesmo equipamento utilizado para o teste de 1RM, adotando-se 80% da carga atingida pelo voluntário no teste de carga máxima. O avaliado realizou o máximo de repetições possíveis com a carga estipulada, até atingir a exaustão, respeitando a amplitude total do movimento. Protocolo semelhante já foi aplicado no estudo de Astorino *et al.*<sup>35</sup>.

O teste de dinamometria manual foi realizado no aparelho da marca Jamar® (PC5030J1, Fit Systems Inc, Calgary, Canada) seguindo os padrões propostos por Fernandes e Marins<sup>36</sup>. Foi registrado como resultado do teste a máxima apreensão exercida pelo avaliado após duas tentativas. A mão direita foi adotada como padrão para a medida.

Para a execução do *Squat Jump* foi utilizada uma plataforma de salto da marca Hidrofit® (System Jump Test). O avaliado assumiu a posição em pé, mantendo as plantas dos pés em contato com a plataforma e os joelhos semi-flexionados. O teste consistia em saltar o mais alto possível, mantendo as pernas estendidas no momento do salto. Foi registrado como resultado do teste a máxima altura atingida pelo avaliado após três tentativas. Este protocolo é usualmente empregado para avaliar a força explosiva de membros inferiores, tendo como exemplo o trabalho de Souissi *et al.*<sup>37</sup>.



Para o teste no ergômetro de braço (Technogym, Excite<sup>®</sup>) adotou-se o teste de Wingate. Para a realização do teste foram registrados no equipamento os dados de idade, massa corporal e gênero de cada voluntário. A partir desses dados, a resistência foi calculada pelo próprio aparelho sendo esta aplicada durante a execução do teste. O protocolo de exercício inicia com 30 segundos de aquecimento pedalando a 50 rpm, e em seguida segue para a parte principal, onde o voluntário deve pedalar com a velocidade máxima que conseguir, durante 30 segundos. Após a realização do teste foram registrados os valores de potência máxima, potência máxima relativa, potência média, potência média relativa e nível de cansaço.

Durante e após a realização de cada um dos experimentos (caféina e placebo) alguns voluntários comentaram de forma espontânea a ocorrência de alguma sensação de desconforto no decorrer da coleta, sendo que, isto ocorreu maioritariamente após o consumo de caféina. Lamentavelmente não foi realizado um inventário quantitativo sobre a frequência destes relatos, sendo esta uma limitação do estudo.

Os dados foram apresentados em média  $\pm$  desvio-padrão (DP), mínimo e máximo. A normalidade dos dados foi avaliada utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Para identificar as diferenças entre os protocolos experimentais (caféina vs placebo), tanto para os dados de testes físicos quanto para as variáveis sanguíneas, foi utilizado o teste *t* dependente para as variáveis com distribuição normal, enquanto para as demais variáveis foi utilizado o Teste de Wilcoxon. Para a comparação entre os resultados alcançados pelo uso da caféina entre os grupos (alto consumo vs baixo consumo) foi utilizado o teste *t* independente para os dados com distribuição normal e o teste de Mann-Whitney para os dados que não apresentaram distribuição normal. As análises estatísticas foram conduzidas utilizando-se o software SPSS (SPSS Inc.<sup>®</sup>, versão 20). Foi adotado nível de significância de  $\alpha = 5\%$ .

## RESULTADOS

Na Tabela 1 estão apresentados em média  $\pm$  DP, mínimo e máximo, os dados de idade, massa corporal, estatura, índice de massa corporal (IMC) e percentual de gordura corporal (%GC) dos voluntários.

**Tabela 1.** Caracterização por meio da idade, variáveis antropométricas e percentual de gordura dos indivíduos divididos em alto (n=16) e baixo (n=16) consumo de cafeína.

| <b>Variável</b>          | <b>Baixo consumo<br/>(n = 16)</b> | <b>Alto consumo<br/>(n = 16)</b>  | <b>Total<br/>(n = 32)</b>         |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Idade (anos)             | 23,63 ± 2,60<br>(19 – 29)         | 23,06 ± 2,32<br>(18 – 27)         | 23,34 ± 2,44<br>(18 - 29)         |
| Massa Corporal (kg)      | 69,24 ± 12,99<br>(50,30 – 90,80)  | 69,69 ± 15,08<br>(47,70 ± 107,45) | 69,47 ± 13,84<br>(47,70 - 107,50) |
| Estatura (m)             | 1,73 ± 0,09<br>(1,58 – 1,83)      | 1,70 ± 0,09<br>(1,55 – 1,85)      | 1,71 ± 0,09<br>(1,55 - 1,85)      |
| IMC (kg/m <sup>2</sup> ) | 22,99 ± 2,41<br>(19,59 – 28,34)   | 23,91 ± 3,33<br>(18,87 – 31,40)   | 23,5 ± 2,9<br>(18,9 - 31,4)       |
| Percentual de Gordura    | 21,10 ± 10,06<br>(6,3 – 35,1)     | 27,31 ± 7,80<br>(18,1 – 40,0)     | 23,85 ± 9,42<br>(6,3 - 40)        |

IMC: Índice de Massa Corporal.

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

Em relação ao consumo habitual diário de cafeína, a mediana de consumo dos avaliados (n=32) foi de 109,18 mg/dia, com valores extremos entre 0,7 e 845,16 mg. Quando avaliado por grupo, a mediana do grupo do baixo consumo (n=16) foi de 21,04 mg, variando entre 0,7 e 89,87 mg, e do grupo do alto consumo (n=16) foi de 185,76 mg, com valores limítrofes de 128,5 e 845,16 mg. O teste de Mann-Whitney apontou haver diferença significativa ( $p < 0,01$ ) entre os grupos quanto ao consumo médio de cafeína por dia.

Em relação às variáveis bioquímicas, não foi encontrada diferença estatística entre os momentos iniciais (T0) nos dois procedimentos experimentais (alto consumo vs baixo consumo). Em relação aos momentos finais (T1), houve diferença ( $p < 0,05$ ) para as variáveis glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol (Tabela 2).

**Tabela 2.** Variáveis bioquímicas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios) e diferenças observadas em T1 entre os indivíduos dos grupos cafeína e placebo (n = 32).

| Variáveis bioquímicas | Cafeína                              |                                       | Placebo                              |                                        | Diferença <sup>a</sup> | p                   |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|---------------------|
|                       | T0                                   | T1                                    | T0                                   | T1                                     |                        |                     |
| Glicose (mg/dl)       | 83,41 ± 9,15<br>(53 - 97)            | 99,37 ± 9,57<br>(79 - 120)            | 84,78 ± 5,95<br>(76 - 98)            | 91,44 ± 7,32*<br>(79 - 106)            | 7,93                   | >0,001 <sup>b</sup> |
| CK (U/l)              | 234,03 ± 252,95<br>(54 - 1224)       | 285,16 ± 326,20<br>(65 - 1650)        | 187,45 ± 191,65<br>(52 - 1063)       | 221,84 ± 236,79*<br>(69 - 1324)        | 63,32                  | 0,031 <sup>c</sup>  |
| Ureia (mg/dl)         | 29,19 ± 7,37<br>(14 - 48)            | 28,31 ± 7,41<br>(14 - 50)             | 29,19 ± 8,03<br>(15 - 47)            | 28,93 ± 7,72<br>(16 - 47)              | -0,62                  | 0,550 <sup>b</sup>  |
| Potássio (mEq/l)      | 4,38 ± 0,55<br>(4,1 - 5,5)           | 4,13 ± 0,42<br>(3,3 - 5,0)            | 4,53 ± 0,57<br>(3,6 - 6,2)           | 4,22 ± 0,49<br>(3,4 - 5)               | -0,09                  | 0,366 <sup>c</sup>  |
| Lactato (mmol/l)      | 1,09 ± 0,59<br>(0,3 - 2,4)           | 15,25 ± 3,78<br>(8 - 22,4)            | 1,03 ± 0,47<br>(0,4 - 1,8)           | 13,91 ± 4,24*<br>(6,3 - 23,1)          | 1,34                   | 0,017 <sup>b</sup>  |
| AGL (μmol/l)          | 528,87 ± 324,27<br>(97,51 - 1369,56) | 631,69 ± 274,19<br>(256,72 - 1260,08) | 443,19 ± 207,98<br>(100,79 - 876,70) | 462,56 ± 204,56*<br>(185,75 - 1083,68) | 169,13                 | 0,001 <sup>c</sup>  |
| Cortisol (μg/dl)      | 16,84 ± 5,21<br>(9,45 - 31,05)       | 15,25 ± 3,77<br>(5,44 - 25,07)        | 16,75 ± 5,03<br>(7,73 - 30,86)       | 13,90 ± 4,24*<br>(4,96 - 26,64)        | 1,35                   | 0,005 <sup>c</sup>  |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácidos Graxos Livres.

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de p para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de p para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

No grupo do alto consumo a glicose, os ácidos graxos livres e o cortisol apresentaram diferenças significantes ( $p < 0,05$ ) entre os T1 (Tabela 3). Já no grupo do baixo consumo foram encontradas diferenças ( $p < 0,05$ ) entre os T1 para glicose, creatina quinase, lactato e ácidos graxos livres (Tabela 3).

**Tabela 3.** Variáveis bioquímicas dos indivíduos classificados quanto ao alto ou baixo consumo de cafeína e diferenças observadas entre os tempos T1 (após o protocolo de exercício) em cada um dos tratamentos (cafeína e placebo).

| Variáveis Bioquímicas         | Cafeína                               |                                       | Placebo                              |                                        | Diferença <sup>a</sup> | p                  |
|-------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|--------------------|
|                               | T0                                    | T1                                    | T0                                   | T1                                     |                        |                    |
| <b>Alto consumo (n = 16)</b>  |                                       |                                       |                                      |                                        |                        |                    |
| Glicose (mg/dl)               | 81,88 ± 9,86<br>(53 - 93)             | 98,63 ± 8,36<br>(87 - 112)            | 85,63 ± 5,76<br>(77 - 98)            | 93,00 ± 7,76*<br>(79 - 106)            | 5,63                   | 0,031 <sup>b</sup> |
| CK (U/l)                      | 259,81 ± 306,93<br>(56 - 1224)        | 319,63 ± 406,25<br>(65 - 1650)        | 230,25 ± 249,61<br>(52 - 1063)       | 269,94 ± 310,47<br>(69 - 1324)         | 49,69                  | 0,379 <sup>c</sup> |
| Ureia (mg/dl)                 | 30,25 ± 8,05<br>(14 - 48)             | 29,13 ± 8,34<br>(14 - 50)             | 29,75 ± 8,16<br>(15 - 47)            | 29,69 ± 7,66<br>(16 - 47)              | -0,56                  | 0,718 <sup>b</sup> |
| Potássio (mEq/l)              | 4,50 ± 0,63<br>(4,2 - 5,5)            | 4,13 ± 0,50<br>(3,3 - 5,0)            | 4,63 ± 0,62<br>(4,2 - 6,2)           | 4,38 ± 0,50<br>(3,7 - 5,0)             | -0,25                  | 0,102 <sup>c</sup> |
| Lactato (mmol/l)              | 0,94 ± 0,44<br>(0,4 - 2,4)            | 14,56 ± 3,83<br>(8,0 - 22,4)          | 0,94 ± 0,57<br>(0,4 - 1,8)           | 13,75 ± 5,03<br>(6,3 - 23,1)           | 0,81                   | 0,350 <sup>b</sup> |
| AGL (μmol/l)                  | 602,44 ± 328,32<br>(175,64 - 1358,00) | 684,06 ± 237,80<br>(329,03 - 1080,00) | 496,47 ± 228,23<br>(149,96 - 876,70) | 487,25 ± 221,43*<br>(263,68 - 1083,68) | 196,81                 | 0,005 <sup>c</sup> |
| Cortisol (μg/dl)              | 16,75 ± 5,57<br>(9,94 - 28,13)        | 13,88 ± 5,93<br>(5,44 - 25,07)        | 16,88 ± 5,87<br>(7,73 - 30,86)       | 11,56 ± 5,61*<br>(4,96 - 26,64)        | 2,32                   | 0,016 <sup>c</sup> |
| <b>Baixo consumo (n = 16)</b> |                                       |                                       |                                      |                                        |                        |                    |
| Glicose (mg/dl)               | 84,94 ± 8,42<br>(74 - 97)             | 100,13 ± 10,88<br>(79 - 120)          | 83,94 ± 6,20<br>(76 - 98)            | 89,88 ± 6,73*<br>(80 - 102)            | 10,25                  | 0,001 <sup>b</sup> |
| CK (U/l)                      | 208,25 ± 191,33<br>(54 - 753)         | 250,69 ± 228,77<br>(71 - 894)         | 141,80 ± 87,31<br>(61 - 378)         | 170,53 ± 106,79*<br>(70 - 450)         | 80,16                  | 0,031 <sup>c</sup> |
| Ureia (mg/dl)                 | 28,13 ± 6,70<br>(17 - 38)             | 27,50 ± 6,52<br>(17 - 37)             | 28,63 ± 8,12<br>(18 - 45)            | 28,19 ± 7,96<br>(18 - 43)              | -0,69                  | 0,641 <sup>b</sup> |
| Potássio (mEq/l)              | 4,25 ± 0,45<br>(4,1 - 5,0)            | 4,13 ± 0,34<br>(3,7 - 5,0)            | 4,44 ± 0,51<br>(3,6 - 5,2)           | 4,06 ± 0,44<br>(3,4 - 4,8)             | 0,07                   | 0,655 <sup>c</sup> |
| Lactato (mmol/l)              | 1,25 ± 0,68<br>(0,3 - 1,9)            | 15,94 ± 3,71<br>(8,6 - 22,0)          | 1,13 ± 0,34<br>(0,6 - 1,7)           | 14,06 ± 3,45*<br>(6,9 - 19,3)          | 1,88                   | 0,011 <sup>b</sup> |
| AGL (μmol/l)                  | 450,40 ± 311,52<br>(97,51 - 1369,56)  | 579,31 ± 304,90<br>(256,72 - 1260,08) | 393,25 ± 179,98<br>(100,79 - 769,45) | 437,88 ± 190,13*<br>(185,75 - 860,59)  | 141,43                 | 0,044 <sup>b</sup> |
| Cortisol (μg/dl)              | 16,94 ± 5,00<br>(9,45 - 31,05)        | 13,88 ± 4,10<br>(7,45 - 24,36)        | 16,63 ± 4,21<br>(10,70 - 26,74)      | 12,19 ± 3,76<br>(7,43 - 23,4)          | 1,69                   | 0,099 <sup>c</sup> |

CK: Creatina Kinase; AGL: Ácidos Graxos Livres.

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de *p* para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de *p* para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre o comportamento das variáveis bioquímicas dos dois grupos (alto consumo vs baixo consumo) em relação aos protocolos experimentais (cafeína vs placebo) (Tabela 3).

A Tabela 4 apresenta a classificação dos dados bioquímicos pré e pós-exercício organizados de acordo com os valores de referência proposta para cada variável sanguínea (Quadro 1). Embora a maioria dos resultados tenham se apresentado dentro da faixa de normalidade, tanto pré como pós-exercício, alguns estiveram fora dos valores recomendados. Apenas a variável lactato apresentou alteração em todos os resultados no pós-exercício.

**Tabela 4.** Frequência absoluta de indivíduos classificados acima, dentro ou abaixo dos valores de referência das variáveis bioquímicas avaliadas nos tempos T0 (antes do protocolo de exercício) e T1 (após o protocolo de exercícios).

| Variáveis bioquímicas         | T0 |    |   | T1 |    |   |
|-------------------------------|----|----|---|----|----|---|
|                               | ↑  | ≈  | ↓ | ↑  | ≈  | ↓ |
| Glicose<br>(70-99 mg/dL)*     | -  | 62 | 2 | 18 | 46 | - |
| CK<br>(24-195 U/L)*           | 19 | 45 | - | 25 | 39 | - |
| Ureia<br>(10-40 mg/dL)*       | 4  | 60 | - | 3  | 61 | - |
| Potássio<br>(3,5-5,5 mEq/L)*  | 1  | 63 | - | -  | 62 | 2 |
| Lactato<br>(0,5-2,2 mmol/L)*  | 1  | 58 | 5 | 64 | -  | - |
| AGL<br>(100-600 µmol/L)*      | 19 | 44 | 1 | 21 | 43 | - |
| Cortisol<br>(6,7-22,6 µg/dL)* | 9  | 55 | - | -  | 61 | 3 |

CK: Creatina Kinase

AGL: Ácidos Graxos Livres

\*Valores de referência considerados

↑ Valores acima da normalidade

≈ Valores dentro da normalidade

↓ Valores abaixo da normalidade.

Quanto aos resultados dos testes físicos, em comparação com o grupo placebo, a ingestão aguda de cafeína pré-exercício possibilitou um aumento no número de repetições (Tabela 5). Não foram observadas diferenças significantes ( $p > 0,05$ ) nos demais elementos que compuseram os testes físicos.

**Tabela 5.** Resultados dos testes físicos observados entre os indivíduos do estudo divididos nos grupos cafeína (n=32) e placebo (n=32).

| Variável                            | Cafeína<br>(n = 32)            | Placebo<br>(n = 32)            | Diferenças <sup>a</sup> | p                  |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Número de repetições                | 17,78 ± 5,87<br>(9 - 31)       | 15,00 ± 4,85*<br>(9 - 26)      | 2,78 (18,53%)           | 0,001 <sup>c</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 44,22 ± 14,49<br>(23 - 71)     | 43,84 ± 14,60<br>(23 - 74)     | 0,38 (0,87%)            | 0,315 <sup>c</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 36,56 ± 9,66<br>(21,7 - 52,6)  | 35,94 ± 9,69<br>(19,9 - 53,7)  | 0,62 (1,72%)            | 0,190 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 407,88 ± 179,98<br>(158 - 851) | 399,06 ± 181,57<br>(140 - 851) | 8,82 (2,21%)            | 0,576 <sup>c</sup> |
| Potência Máxima relativa<br>(Watts) | 5,66 ± 1,77<br>(2,87 - 8,56)   | 5,62 ± 1,75<br>(2,80 - 8,50)   | 0,04 (0,71%)            | 0,863 <sup>c</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 337,50 ± 144,19<br>(124 - 698) | 331,13 ± 144,36<br>(117 - 699) | 6,37 (1,92%)            | 0,537 <sup>c</sup> |
| Potência Média relativa<br>(Watts)  | 4,84 ± 1,50<br>(2,26 - 7,60)   | 4,59 ± 1,46<br>(2,35 - 6,94)   | 0,25 (5,45%)            | 0,187 <sup>c</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 41,94 ± 13,58<br>(14 - 60)     | 39,50 ± 12,70<br>(18 - 63)     | 2,44 (6,18%)            | 0,175 <sup>c</sup> |

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta e percentual entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de  $p$  para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de  $p$  para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

Quando avaliados separadamente, tanto o grupo do alto consumo, quanto o do baixo consumo apresentaram melhora significativa ( $p < 0,05$ ) apenas para a variável número de repetições (Tabela 6).

**Tabela 6.** Resultados dos testes físicos observados dos indivíduos classificados quanto ao alto (n=16) ou baixo (n=16) consumo de cafeína e diferenças observadas entre os grupos cafeína e placebo.

| Variável                            | Cafeína                        | Placebo                        | Diferença <sup>a</sup> | P                  |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|
| <b>Alto consumo (n = 16)</b>        |                                |                                |                        |                    |
| Número de repetições                | 17,81 ± 6,13<br>(9 - 30)       | 14,94 ± 5,37*<br>(9 - 26)      | 2,87 (19,21%)          | 0,008 <sup>c</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 42,81 ± 12,62<br>(28 - 66)     | 41,75 ± 12,64<br>(24 - 65)     | 1,06 (2,54%)           | 0,059 <sup>b</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 35,85 ± 9,09<br>(21,7 - 52,6)  | 34,92 ± 8,67<br>(19,9 - 53,7)  | 0,93 (2,66%)           | 0,289 <sup>b</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 409,81 ± 157,88<br>(225 - 851) | 418,75 ± 188,61<br>(203 - 851) | -8,94 (-2,13%)         | 0,887 <sup>c</sup> |
| Potência Máxima relativa<br>(Watts) | 5,84 ± 1,44<br>(3,52 - 7,95)   | 5,88 ± 1,78<br>(3,17 - 8,50)   | -0,04 (-0,68%)         | 0,747 <sup>c</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 336,81 ± 130,22<br>(170 - 698) | 347,81 ± 146,61<br>(173 - 699) | -11,00 (-3,16%)        | 0,489 <sup>b</sup> |
| Potência Média relativa<br>(Watts)  | 4,86 ± 1,24<br>(2,62 - 6,57)   | 4,92 ± 1,33<br>(2,70 - 6,94)   | -0,06 (-1,22%)         | 1,000 <sup>b</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 43,19 ± 11,41<br>(15 - 58)     | 38,25 ± 11,85<br>(18 - 63)     | 4,94 (12,91%)          | 0,140 <sup>b</sup> |
| <b>Baixo consumo</b>                |                                |                                |                        |                    |
| Número de repetições                | 17,75 ± 5,79<br>(10 - 31)      | 15,06 ± 4,45*<br>(9 - 25)      | 2,69 (17,86%)          | 0,014 <sup>b</sup> |
| Dinamometria<br>(kgf)               | 45,63 ± 16,44<br>(23 - 71)     | 45,94 ± 16,47<br>(23 - 74)     | -0,31 (-0,67%)         | 0,717 <sup>b</sup> |
| Altura de salto<br>(cm)             | 37,28 ± 10,49<br>(22,8 - 50,4) | 36,98 ± 10,85<br>(21,8 - 52,8) | 0,30 (0,81%)           | 0,416 <sup>c</sup> |
| Potência Máxima<br>(Watts)          | 405,94 ± 204,96<br>(158 - 676) | 379,38 ± 178,14<br>(140 - 656) | 26,56 (7%)             | 0,379 <sup>c</sup> |
| Potência Máxima relativa<br>(Watts) | 5,60 ± 2,06<br>(2,87 - 8,56)   | 5,25 ± 1,73<br>(2,80 - 7,93)   | 0,35 (6,67%)           | 0,566 <sup>b</sup> |
| Potência Média<br>(Watts)           | 338,19 ± 161,27<br>(124 - 541) | 314,44 ± 144,84<br>(117 - 546) | 23,75 (7,55%)          | 0,179 <sup>c</sup> |
| Potência Média relativa<br>(Watts)  | 4,75 ± 1,66<br>(2,26 - 7,60)   | 4,36 ± 1,39<br>(2,35 - 6,42)   | 0,39 (8,94%)           | 0,088 <sup>b</sup> |
| Índice de Fadiga<br>(%)             | 40,69 ± 15,74<br>(14 - 60)     | 40,75 ± 13,77<br>(18 - 63)     | -0,06 (-0,15%)         | 0,983 <sup>b</sup> |

Variáveis apresentadas em média ± desvio padrão e valores mínimos e máximos.

<sup>a</sup>Diferença absoluta e percentual entre a média dos valores de T1 entre os grupos cafeína e placebo

<sup>b</sup>Valor de *p* para o teste t pareado;

<sup>c</sup>Valor de *p* para o teste de Wilcoxon

\*Diferença estatisticamente significativa em relação a T1 cafeína.

Em relação aos dados dos testes físicos somente a variável número de repetições apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os protocolos experimentais (caféina vs placebo). Contudo, os sujeitos do baixo consumo obtiveram uma melhora após o consumo de caféina quando avaliadas as potências máxima, máxima relativa, média e média relativa, variando entre 6,67 e 8,94 %, enquanto o grupo do alto consumo apresentou redução da performance de 0,68 a 3,16% para as mesmas variáveis. Foram observadas melhoras percentuais de 19,21 e 17,86%, respectivamente, para a variável número de repetições nos grupos alto consumo e baixo consumo. Já para a dinamometria, enquanto o grupo alto consumo apresentou uma melhora de 2,54%, o grupo baixo consumo apresentou um decréscimo de 0,67% (Tabela 6).

A Tabela 7 apresenta a diferença dos resultados obtidos pelos voluntários que apresentaram o maior (845,16 mg/dia) e o menor (0,7 mg/dia) consumo habitual de caféina, nos procedimentos experimentais com a caféina e com o placebo, para os testes físicos avaliados. Enquanto o indivíduo com o menor consumo apresentou melhora em sete das oito variáveis avaliadas, o com maior consumo apresentou redução da performance em três variáveis.

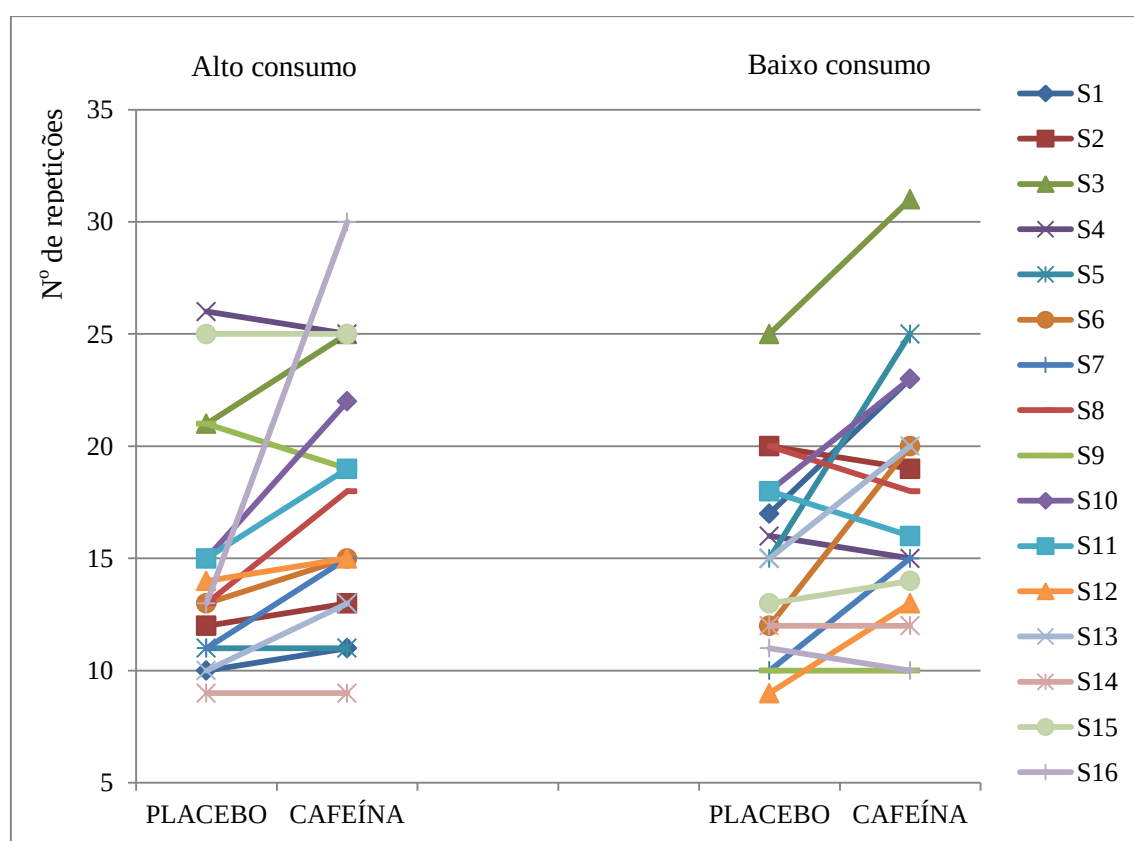
**Tabela 7.** Diferença dos resultados dos testes físicos apresentados pelos voluntários com o maior e o menor consumo habitual médio de caféina no experimental com caféina e placebo.

| Variável                         | Maior consumo <sup>a</sup><br>(845,16 mg/dia) | Menor consumo <sup>a</sup><br>(0,7 mg/dia) |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Número de repetições             | 0 (0%)                                        | 1 (7,69%)                                  |
| Dinamometria (kgf)               | 0 (0%)                                        | 0 (0%)                                     |
| Altura de salto (cm)             | -1,1 (-2,05%)                                 | 0,7 (3,08%)                                |
| Potência Máxima (Watts)          | -1 (-0,24%)                                   | 107 (176,43%)                              |
| Potência Máxima relativa (Watts) | 0,1 (1,44%)                                   | 2,14 (76,43%)                              |
| Potência Média (Watts)           | 7 (2,03%)                                     | 86 (73,5%)                                 |
| Potência Média relativa (Watts)  | 0,23 (4,01%)                                  | 2,25 (95,74%)                              |
| Índice de Fadiga (%)             | -9 (-18%)                                     | 7 (33,33%)                                 |

<sup>a</sup>Diferença absoluta e percentual entre os valores dos grupos caféina e placebo.



Tendo em vista que a resposta da cafeína pode ser individual, é possível observar na Figura 3 este comportamento quando analisado o número de repetições com o consumo de placebo frente à ingestão da dose de cafeína de 5 mg/kg de MC utilizada no presente estudo tanto nos grupos de alto como de baixo consumo. Para este tipo de desempenho, 20 voluntários apresentaram melhora, sendo que o S16, pertencente ao grupo do alto consumo, foi o indivíduo com o maior índice de aprimoramento, correspondendo a 130,8%. Entretanto 5 indivíduos mantiveram o desempenho, sendo 3 do grupo do alto consumo e 2 do baixo consumo, e 7 apresentaram decréscimo de rendimento, 2 no alto consumo e 5 no baixo consumo.



**Figura 3.** Número de repetições realizadas por cada voluntário dos grupos alto consumo e baixo consumo após a ingestão de placebo e cafeína.

Embora a cafeína tenha se apresentado como um recurso ergogênico eficiente em ambos os grupos para o número de repetições, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre o comportamento dos dois grupos (alto consumo vs baixo consumo) em relação a nenhum dos testes físicos avaliados quando

comparadas as diferenças absolutas (caféina – placebo) das médias dos resultados obtidos por cada grupo.

Entre os relatos de sintomas ergolíticos informados pelos avaliados após o consumo da caféina têm-se: ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor. Além destes sintomas, alguns voluntários apresentaram-se pálidos ao final do teste Wingate no ergômetro de braço.

## DISCUSSÃO

Os objetivos deste estudo foram de avaliar o efeito do consumo agudo de caféina sobre as variáveis bioquímicas e de desempenho físico em indivíduos fisicamente ativos divididos conforme o nível de consumo diário de caféina (alto ou baixo), bem como identificar a presença de algum efeito ergolítico. Para isso, os voluntários, caracterizados em dois grupos, um de alto consumo diário de caféina ( $\geq 100$  mg) e outro de baixo consumo diário ( $< 100$  mg), ingeriram cápsulas contendo 5 mg/kg de MC de caféina ou placebo 40 minutos antes da realização de testes físicos predominantemente anaeróbicos.

Os valores basais (T0), não apresentaram diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ), tanto entre os protocolos experimentais (caféina vs placebo) como entre os grupos (alto consumo vs baixo consumo), sinalizando que os avaliados apresentaram na noite anterior e no dia dos experimentos condições de alimentação e repouso semelhantes, proporcionando validade ecológica ao estudo.

Em repouso (T0), os valores médios de glicose plasmática (Tabela 2) apresentaram-se dentro dos valores de referência (Quadro 1). Esses resultados sinalizam um fator positivo, uma vez que um quadro de hipoglicemia representa um fator limitante para a realização da atividade física, podendo gerar redução do desempenho e prejuízos à saúde<sup>28</sup>.

Após a realização dos testes físicos (T1) houve uma tendência de elevação dos valores da glicose plasmática (Tabela 2). Mesmo o valor médio desta variável estando dentro da faixa de normalidade, foram encontrados 18 resultados acima das recomendações (Tabela 4). Podemos teorizar que esta resposta tenha ocorrido devido à estimulação das células alfa, liberando glucagon, e imediatamente depois, glicose pelo fígado na corrente sanguínea<sup>38</sup>, uma vez que o exercício foi realizado em condição de

jejum, sem a ingestão de nenhum nutriente ao longo do mesmo. Cocate e Marins<sup>38</sup> também encontraram valores normoglicêmicos após 60 minutos de caminhada/trote entre 50 – 60% da frequência cardíaca máxima calculada, estando os avaliados em jejum.

A glicose sanguínea foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) após o exercício com o consumo de cafeína em relação ao placebo (Tabela 2). Fatores neuro-humorais, durante a realização do exercício físico vigoroso, fazem aumentar a produção de adrenalina, noradrenalina e reduzem a liberação de insulina. Essas respostas hormonais facilitam a glicogenólise no fígado e nos músculos ativos<sup>28</sup>. Esse efeito é ainda mais acentuado pelo consumo de cafeína, uma vez que esta aumenta a concentração de adrenalina plasmática<sup>39</sup>. Woolf *et al.*<sup>13</sup> também encontraram valores significativamente maiores de glicose plasmática pós-exercício no tratamento com cafeína em relação ao grupo placebo.

Quando avaliados por grupo (alto consumo vs baixo consumo), não foi encontrada diferença estatisticamente significante entre o comportamento dos dois grupos para esta variável. Estes resultados demonstram que o hábito de consumo diário de cafeína não interfere na resposta fisiológica desempenhada pela substância sobre esta variável sanguínea, que aumenta a concentração plasmática de adrenalina<sup>39</sup>, facilitando a glicogenólise no fígado e nos músculos ativos<sup>28</sup>.

Os resultados do presente trabalho sugerem que a cafeína não se apresenta como um fator indutor de hipoglicemia, indicando que os efeitos ergolíticos observados após o consumo da substância, como tontura, fraqueza, tremores e palidez, provavelmente não são provenientes de um quadro de hipoglicemia, uma vez que nenhum avaliado apresentou um estado hipoglicêmico após o consumo de cafeína (Tabela 4).

Em repouso (T0), os valores médios de creatina quinase apresentaram-se dentro dos valores de referência (Quadro 1) no experimental com o placebo e aumentados no experimental com a cafeína (Tabela 2). Além disso, foram encontrados 19 casos de creatina quinase acima da faixa de normalidade (Tabela 4). Isso pode ter ocorrido devido ao fato de parte da amostra ter sido composta por indivíduos fisicamente ativos. Estudo feito por Aboodarda *et al.*<sup>40</sup> demonstrou uma tendência de aumento de CK a partir de 24 h após a realização do exercício físico, e o valor de pico de atividade da mesma foi atingido no terceiro dia após o exercício e manteve-se elevada até o quinto dia. Assim sendo, o intervalo de 24 h sem a realização de atividade física vigorosa,

previamente à realização das coletas, exigido pelo presente trabalho, podem não ter sido suficiente para retornar os valores de creatina quinase nestes indivíduos aos valores de normalidade.

Após o exercício (T1), as médias apresentaram-se acima do padrão de normalidade (Tabela 2), sendo encontrados 25 resultados acima da normalidade. É possível teorizar que isso tenha ocorrido em consequência da ruptura das membranas plasmáticas decorrentes de micro lesões musculares<sup>41</sup>, uma vez que quanto mais intenso e duradouro for o exercício, maior é a quantidade de microtraumas musculares que permitem o extravasamento desta enzima para o meio extracelular<sup>42</sup>. Os dados do presente estudo corroboram com os achados de Ispirlidis *et al.*<sup>43</sup> e de Souza *et al.*<sup>44</sup>, que também encontraram valores mais elevados de CK no pós-exercício, após uma partida de futebol e após uma partida de futsal, respectivamente.

O consumo da cafeína promoveu aumento da creatina quinase sérica de forma mais considerável do que o grupo placebo (Tabela 2). Este fato deve ter ocorrido devido aos efeitos fisiológicos desencadeados pelo consumo da cafeína, que possui como mecanismos de ação a atuação na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), contribuindo para o retardo da fadiga<sup>8</sup>, e o aumento na mobilização de cálcio através do retículo sarcoplasmático, favorecendo a potencialização da contração muscular<sup>9, 10</sup>. Estas ações podem ter contribuído para a ocorrência de um maior número de microrupturas fibrilares, resultando nestes valores mais elevados encontrados neste trabalho.

Quando foi comparado o comportamento dos grupos frente ao consumo da cafeína, encontramos que apenas os indivíduos do grupo baixo consumo apresentaram valores significativamente mais altos de creatina quinase no pós-exercício com o consumo da cafeína (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido devido à maior sensibilidade às respostas fisiológicas da cafeína por partes dos indivíduos não habituados ao seu consumo.

Os dados do presente trabalho demonstram que o consumo de cafeína apresenta ação indireta sobre os valores de CK, e que os indivíduos do grupo baixo consumo apresentaram maior perturbação nas concentrações desta variável. Além disso, a avaliação das concentrações séricas de creatina quinase apresenta-se como uma interessante estratégia de monitoramento da carga de treino, e um indicativo do nível de estresse imposto à musculatura esquelética pela atividade física.

Estes achados são importantes para reforçar que pessoas que não consomem habitualmente cafeína são mais sensíveis quando realizam o seu consumo. Esta maior concentração de CK após o exercício pode indicar a necessidade de um período maior de recuperação do atleta pós-exercício.

A ureia plasmática apresentou valores de repouso (T0) (Tabela 2) dentro da faixa de normalidade (Quadro 1), com apenas 4 valores acima dos limites. Considerando que a adoção de dietas altamente ricas em proteína está diretamente relacionada a valores mais elevados de ureia plasmática<sup>28</sup>, podemos inferir que os voluntários apresentam um balanço nutricional adequado com relação a esse nutriente. Valores semelhantes de ureia plasmática foram encontrados por Pereira et al.<sup>45</sup> em indivíduos fisicamente ativos.

Após o exercício (T1) os valores séricos de ureia apresentaram uma redução (Tabela 2), contudo mantiveram-se dentro da faixa de normalidade (Quadro 1), com apenas 3 valores acima do recomendado (Tabela 4). Esta resposta da ureia sinaliza que as proteínas não apresentaram grande importância como substrato energético durante a realização dos exercícios, isso, uma vez que a ureia representa um produto do catabolismo proteico<sup>28</sup>. De certa forma, este é um resultado esperado pela característica do exercício proposto, de perfil anaeróbico, além de que não foi encontrado nenhum<sup>18</sup> trabalho que apontasse influência do consumo de cafeína sobre o metabolismo proteico.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) tanto para o grupo alto consumo quanto para o grupo baixo consumo para os valores de ureia plasmática no pós-exercício (T1) com o uso da cafeína em relação ao placebo. Ambos apresentaram uma redução não significativa desta variável no pós-exercício (T1) com o consumo da cafeína em relação ao placebo (Tabela 3), contudo o grupo do baixo consumo apresentou uma redução mais acentuada, com 3,45% de redução, enquanto o alto consumo reduziu 1,89%. Cabe destacar que estas oscilações mantiveram a ureia dentro da faixa de normalidade.

Os resultados do presente estudo sugerem que o consumo de cafeína (seguindo o presente protocolo) não promove risco de dano renal, uma vez que associada a outros parâmetros, como a taxa de filtração glomerular<sup>46</sup>, o aumento nas concentrações séricas de ureia também serve como um marcador de insuficiência renal. Sobre este aspecto, isto torna o consumo de cafeína seguro independente do hábito de consumo da substância.

Em situação de repouso (T0) o potássio plasmático apresentou valores médios (Tabela 2) dentro dos valores de referência (Quadro 1). Estes resultados são positivos, uma vez que o potássio desempenha funções especiais no processo de estabilidade e excitabilidade de células nervosas, musculares e sistemas condutores ou geradores de impulso elétrico<sup>28</sup>, além de apresentar grande importância para o bom funcionamento da bomba de sódio e potássio. Dados semelhantes foram encontrados no trabalho de Siqueira *et al.*<sup>47</sup>.

Após o exercício, foi encontrada uma tendência de diminuição dos valores de potássio plasmático (Tabela 2). Contudo, a média da concentração sérica de potássio (Tabela 2) se manteve dentro da faixa de normalidade (Quadro 1), ocorrendo apenas dois resultados abaixo das recomendações (Tabela 4). Esta resposta do potássio no pós-exercício apresenta-se como um fator positivo, uma vez que sérios problemas de saúde, principalmente quanto ao risco cardíaco, podem ser desencadeados pela modificação de suas reservas corporais<sup>48</sup>. Além disso, baixas concentrações de potássio no plasma auxiliam na manutenção da excitabilidade de membrana dos músculos contráteis<sup>49</sup>.

Quando comparados os procedimentos experimentais (caféina vs placebo) (Tabela 2), não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) nos valores pós-exercício (T1). Embora um dos possíveis mecanismos de ação da caféina esteja relacionado com a sua atuação na bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ), mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, não foram encontradas reduções significantes nas concentrações plasmáticas desta variável após o uso da caféina em comparação ao placebo. Estes dados vão de encontro aos de Mohr *et al.*<sup>50</sup>, que observaram uma redução do potássio, em exercício intermitente de alta intensidade, com o consumo de caféina.

Tanto o grupo do alto consumo como o do baixo consumo (Tabela 3), não apresentaram resposta significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) nos experimentais com placebo e caféina (Tabela 3). Estes resultados indicam que tanto o hábito de consumo de caféina, quando o consumo ou não da substância prévio à realização do exercício físico de perfil anaeróbico, não exercem influência sobre as concentrações plasmáticas de potássio. Cabe destacar que esta resposta foi obtida frente ao consumo de 5 mg/kg de MC de caféina. Caso sejam consumidas doses maiores, é possível que esta resposta seja alterada.

Os valores basais de lactato sanguíneo (T0) apresentaram-se, em média, dentro dos valores de referência (Quadro 1) para esta variável, contudo, foram encontrados 5 valores abaixo das recomendações e 1 valor acima (Tabela 4). Estes resultados sugerem que os voluntários respeitaram o intervalo de 24 h prévio à realização dos procedimentos experimentais sem a realização de atividade física vigorosa.

Ao final dos protocolos experimentais (T1), todos os valores séricos de lactato (Tabela 4) apresentaram-se acima das recomendações (Quadro 1). Estes valores são justificados pela bioenergética dos exercícios que compuseram o protocolo experimental, sendo atividades de curta duração e alta intensidade. Isto, uma vez que, a ressíntese dos fosfatos de alta energia terá que prosseguir com um ritmo rápido para continuar realizando um exercício vigoroso, e de certa forma, a glicólise anaeróbica com formação de lactato poupa tempo<sup>28</sup>.

Houve um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na concentração sanguínea de lactato no experimental com cafeína em comparação com o placebo (Tabela 2). Mesmo não sendo observada diferença na resposta do potássio plasmático, como apresentado anteriormente, teoriza-se que este aumento significativo tenha ocorrido devido à ação da cafeína sobre a bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) em nível celular na transmissão nervosa, contribuindo para o retardo da fadiga<sup>8</sup>, permitindo a manutenção do exercício de alta intensidade por mais tempo, atuando indiretamente para a ocorrência de maiores valores de lactato plasmático.

Quando analisados por grupo (alto consumo vs baixo consumo), não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre os comportamentos dos mesmos (Tabela 3), contudo, apenas o grupo do baixo consumo apresentou valores de lactato significativamente mais elevados no experimental com a cafeína. Este resultado poderia ser um indicador de um maior desempenho físico, evidenciado de maneira efetiva somente no melhor resultado apresentado na potência máxima, máxima relativa, média e média relativa (Tabela 6), que apesar de não terem sido significantes ( $p > 0,05$ ), variando entre 6,67 e 8,94 % de melhora, o que podem ser interessantes em termos atléticos.

O consumo da cafeína atua de maneira indireta para a ocorrência de valores mais elevados de lactato plasmático no pós-exercício tanto em indivíduos consumidores habituais de cafeína quanto nos não consumidores. É possível que essa elevação tenha

sido decorrente de a maior capacidade de realização de esforço físico, como apresentado na Tabela 6.

Os ácidos graxos livres (AGL) apresentaram concentrações basais (T0) (Tabela 2) dentro da faixa de normalidade (Quadro 1), contudo, foram encontrados 19 resultados acima das recomendações (Tabela 4). Isto pode ter ocorrido devido ao fato de os voluntários terem se apresentado ao local da coleta de dados em jejum, e como não foi controlado a forma de deslocamento dos mesmos até o local da coleta, esta pode ter sido realizada por uma atividade de baixa intensidade, favorecendo o uso dos AGL como fonte de energia, uma vez que, a quantidade de gordura utilizada como fonte de energia no exercício leve e moderado é três vezes maior que aquela utilizada em condições de repouso<sup>28</sup>.

No pós-exercício (T1), foram encontrados 21 casos de AGL acima das recomendações (Tabela 4). Mesmo que os exercícios realizados no procedimento experimental do presente trabalho tenham sido de característica anaeróbica, a fase de recuperação durante os 50 minutos, que, em média, durou cada ação experimental, foi de baixa intensidade, estimulando a participação dos AGL como fonte energética<sup>28</sup>.

Os valores de AGL plasmático pós-exercício no experimental com a cafeína foram significativamente maiores ( $p < 0,05$ ) do que com o placebo (Tabela 2). A média do experimental com a cafeína apresentou-se acima da faixa de normalidade (Quadro 1), enquanto que a média do experimental com o placebo manteve-se dentro das recomendações (Tabela 2). Mesmo os valores basais (T0) tendo sido mais elevados no experimental com a cafeína, o aumento percentual foi mais marcante, sendo de 19,44% contra 4,37% do placebo. Teorizar-se que isto tenha ocorrido devido a uma maior produção de adrenalina desencadeada pela ação do exercício físico e acentuada pela ação da cafeína, aumentando ainda mais a produção deste hormônio, que apresenta como uma de suas funções o estímulo da lipólise (no tecido adiposo e nos músculos ativos)<sup>28</sup>. No estudo de Mougios *et al.*<sup>51</sup>, o consumo de 5 mg/kg de MC de cafeína também resultou em aumento significativo nos níveis de ácidos graxos circulantes.

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes ( $p > 0,05$ ) entre os comportamentos dos dois grupos (alto consumo vs baixo consumo) (Tabela 3). Em ambos identificamos valores de AGL significativamente mais elevados no experimental com a cafeína em relação ao placebo. Os resultados do presente trabalho sugerem que a cafeína apresenta ação ergogênica eficiente como termogênico independente do hábito



de consumo do indivíduo. Estes resultados são extremamente importantes para reforçar os achados de vários estudos<sup>11, 39, 51</sup>, uma vez que o consumo de cafeína tem realmente um impacto sobre o metabolismo de gorduras, mesmo durante exercício de componente anaeróbico. Como implicação prática, mesmo para os praticantes de musculação que desejam emagrecer, o consumo de cafeína pré-exercício pode ser adotado como alternativa interessante para auxiliar neste objetivo.

Os valores basais (T0) de cortisol plasmático (Tabela 2) apresentaram-se dentro da faixa de normalidade (Quadro 1) para esta variável, contudo, foram encontrados 9 resultados acima das recomendações (Tabela 4). Estes valores mais elevados de cortisol podem ter ocorrido devido ao fato de os voluntários terem se apresentado em jejum para a realização das atividades e que, para a manutenção da glicemia plasmática em valores recomendados o hipotálamo é estimulado a secretar o hormônio liberador da corticotrofina, o qual estimula a liberação pela hipófise anterior do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que posteriormente, promove no córtex adrenal a liberação de cortisol para a circulação<sup>52</sup>.

Após o exercício (T1), ocorreu uma tendência de redução nos valores séricos de cortisol (Tabela 2), contudo a média de concentração desta variável se manteve dentro das recomendações (Quadro 1). A manutenção do cortisol plasmático dentro das recomendações aparece de maneira positiva, uma vez que o exercício foi realizado em jejum, e o cortisol favorecer a manutenção da glicemia por meio do estímulo da liberação de aminoácidos a partir do tecido muscular (proteólise muscular), pela estimulação da gliconeogênese hepática a partir de aminoácidos e por favorecer a mobilização de AGL a partir do tecido adiposo durante o exercício exaustivo<sup>46</sup>.

O experimental com a cafeína apresentou valores séricos de cortisol pós-exercício (T1) significativamente ( $p < 0,05$ ) mais elevados do que o experimental com o placebo (Tabela 2). Este fato pode ser justificado pelo maior esforço realizado pelos voluntários no experimental com o consumo da cafeína, uma vez que o estresse físico estimula uma maior liberação de cortisol na corrente sanguínea<sup>46</sup>. Estes dados concordam com os valores mais elevados de CK e lactato também encontrados no presente trabalho após o consumo da substância. Estes comportamentos fortalecem a validade interna do estudo uma vez que estas variáveis apresentam um metabolismo interligado.

Os grupos (alto consumo vs baixo consumo) apresentaram comportamentos semelhantes para esta variável após os procedimentos experimentais (T1), contudo, apenas o grupo do alto consumo apresentou valores significativamente maiores de cortisol plasmático após o exercício com o consumo de cafeína em relação ao placebo (Tabela 3).

O número de repetições aumentou significativamente ( $p < 0,05$ ) após o consumo da cafeína em relação ao placebo (Tabela 5). Este comportamento foi observado tanto para o grupo do alto consumo quanto do baixo consumo (Tabela 6). Podemos teorizar que isto tenha ocorrido devido à ação da cafeína sobre a bomba de sódio/potássio ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) em nível celular na transmissão nervosa, mantendo as concentrações de potássio ( $\text{K}^+$ ) altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, contribuindo para o retardo da fadiga<sup>8</sup>.

Os dados do presente estudo corroboram com os achados de Forbes *et al.*<sup>53</sup> e Beck *et al.*<sup>14</sup>, que também encontraram melhoras significativas na resistência de força no aparelho supino, após o consumo de 2 mg/kg de cafeína contidas em uma bebida energética, a 70% de 1RM, e 201 mg de cafeína, a 80% de 1RM, respectivamente. Estes resultados sugerem que a cafeína representa um recurso ergogênico eficiente para atividade em que a resistência de força atua como uma valência física determinante, como é o caso da musculação, do remo e de várias provas de ciclismo, especialmente em pista.

No teste da dinamometria manual, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) em relação ao comportamento dos dois grupo (alto consumo vs baixo consumo) referente ao consumo da cafeína ou placebo (Figura 3). Estes dados corroboram com os achados de Astorino *et al.*<sup>15</sup> e Williams *et al.*<sup>16</sup>, que também não encontraram melhora da força máxima com o consumo da cafeína. Contudo, os trabalhos de Gallo-Salazar *et al.*<sup>2</sup> e Turley *et al.*<sup>1</sup> encontraram melhoras significativas no teste de dinamometria manual após o consumo de cafeína.

No teste *Squat Jump* não foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre o desempenho dos grupos (alto consumo vs baixo consumo) para a altura de salto (Figura 3). Este dados contrastam com os achados de Pérez-López *et al.*<sup>54</sup> e Del Coso *et al.*<sup>12</sup> em atletas de voleibol feminino e masculino, respectivamente, após o consumo de 3 mg/kg de cafeína contidos em uma bebida energética. Uma possível justificativa para isto é o fato de a presente amostra não ter sido composta por atletas.

Para a potência máxima e média no teste Wingate realizado em membros superiores não foram encontradas diferenças significantes ( $p > 0,05$ ) tanto entre o comportamento dos grupos (alto consumo vs baixo consumo) (Figura 3), quanto entre os procedimentos experimentais (caféina vs placebo) (Tabela 6), apontando que a caféina não apresentou ação ergogênica para estas variáveis. Estes dados corroboram com os achados de Beck *et al.*<sup>14</sup> e Williams *et al.*<sup>16</sup>, que também não encontraram diferença significativa na potência neste mesmo teste em homens destreinados após o consumo de 5 mg/kg de caféina.

A qualidade dos resultados obtidos no teste Wingate em membros superiores pode ter sido influenciada pelo fato de não ter sido realizada uma adaptação dos voluntários ao ergômetro de braço, e pelo exercício apresentar um gestual não habitual para os sujeitos avaliados. É possível que em membros inferiores os resultados sejam diferentes, inclusive por envolver maior massa muscular.

A caféina apresentou ação ergogênica apenas para a variável resistência de força. Não houve diferença estatisticamente significante entre o comportamento dos grupos alto consumo e baixo consumo para nenhuma das variáveis bioquímicas ou testes físicos avaliados. Entretanto, o grupo do baixo consumo apresentou uma maior alteração bioquímica ao consumo da caféina. Esses achados reforçam a ideia de que o hábito de consumo influencia de forma diferente nas variáveis bioquímicas avaliadas. Além disso, quando observados os resultados dos testes físicos obtidos pelos voluntários que apresentaram o maior (845,16 mg/dia) e o menor (0,7 mg/dia) consumo habitual de caféina, nos procedimentos experimentais com a caféina e com o placebo, foi encontrado que, enquanto o indivíduo com o menor consumo apresentou melhora em sete das oito variáveis avaliadas, o com maior consumo apresentou redução da performance em três variáveis (Tabela 7), apontando uma maior propensão dos indivíduos com baixo consumo habitual de caféina em aproveitarem os efeitos ergogênicos da caféina.

Os efeitos ergolíticos relatados ao longo da pesquisa foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremedeira, tontura/fraqueza, insônia e calor. Relatos semelhantes foram apresentados nos trabalhos de Astorino *et al.*<sup>15</sup> e Huntley e Juliano<sup>55</sup>. Uma vez que a presença de efeitos ergolíticos pode representar um fator prejudicial ao desempenho físico<sup>56</sup>, não se

recomenda o consumo desta substância em indivíduos que apresentam essas reações, ou pelo menos com maior nível de avaliação e supervisão de profissionais qualificados.

Tendo em vista os possíveis problemas relacionados ao consumo da cafeína, recomenda-se que a sua adoção como recurso ergogênico passe pela orientação e supervisão de profissionais habilitados, além de ser testado previamente em período de treinamento, uma vez que o seu consumo apresenta reações fisiológicas individuais em seus consumidores<sup>56</sup>.

É possível considerar como limitações do presente estudo, o fato da amostra não ter sido composta por atletas, e o nível de treinamento dos voluntários ser heterogêneo. Caso o estudo fosse realizado com atletas de uma modalidade específica, poderia ter uma aplicação mais aguda. Por outro lado, não poderia ser generalizado para toda a população, sendo este um ponto forte deste trabalho. Além disso, não foi realizada uma adaptação dos atletas ao ergômetro de braço. Os procedimentos experimentais foram realizados antes da obtenção dos resultados dos exames laboratoriais, participando da amostra voluntários com valores de repouso fora do recomendado. Não foi realizada uma avaliação sistemática dos efeitos ergolíticos apresentados ao longo da pesquisa. Assim sendo, sugere-se a realização de estudos com grupos mais homogêneos e a adoção de uma metodologia mais sensível para a avaliação dos efeitos ergolíticos ao uso da cafeína, a fim de confirmar os resultados encontrados.

## CONCLUSÕES

A cafeína influiu de forma semelhante como agente ergogênico independente do hábito de consumo do indivíduo, tanto nas variáveis bioquímicas como de desempenho físico.

Em geral o consumo de cafeína influenciou nas variáveis sanguíneas aumentando a glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol. Contudo, o grupo do baixo consumo apresentou alteração bioquímica em um número maior de variáveis sanguíneas após uso da substância.

Como recurso ergogênico, a cafeína promoveu melhora significativa apenas para a variável resistência de força, não sendo observada influência sobre a dinamometria, altura de salto, potência máxima e média e índice de fadiga.

Foi evidenciado que o consumo de 5 mg/kg de MC de cafeína pode estar relacionado com o aparecimento de ansiedade, aumento da motilidade intestinal, diurese

e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor, sendo estes considerados efeitos ergolíticos. Desta forma, é indicado que a prescrição de cafeína seja realizada de forma individualizada por um profissional habilitado e previamente testada antes de uma competição.

## REFERÊNCIAS

1. Turley K, Eusse P, Thomas M, Townsend JR, Morton AB. Effects of Different Doses of Caffeine on Anaerobic Exercise in Boys. *Pediatr Exerc Sci*. 2015;27(1):50-56.
2. Gallo-Salazar C, Areces F, Abián-Vicén J, et al. Caffeinated Energy Drinks Enhance Physical Performance in Elite Junior Tennis Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2015(3);10:305-310.
3. Duncan MJ, Stanley M, Parkhouse N, et al. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci*. 2013;13(4):392-399.
4. Van Thuyne W, Delbeke FT. Distribution of caffeine levels in urine in different sports in relation to doping control before and after the removal of caffeine from the WADA doping list. *Int J Sports Med*. 2006;27(9):745-50.
5. Coso JD, Muñoz G, Muñoz-Guerra J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2011;36(4):555-61.
6. Sökmen B, Armstrong LE, Kraemer WJ, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. *J Strength Cond Res*. 2008;22(3):978-986.
7. Spriet LL, Gibala MJ. Nutritional strategies to influence adaptations to training. *J Sports Sci*. 2004;22(1):127-141.
8. Braga LC, Alves MP. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. *Rev Bras Ciên e Mov*. 2000;8(3):33-37.
9. Sinclair CJ, Geiger JD. Caffeine use in sports. A pharmacological review. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40(1):71-79.
10. Spriet LL. Caffeine and performance. *Int J Sport Nutr*. 1995;5:S84-S84.
11. Gil-Antuñanoa NP, Iglesias-Gutiérrezb E, Martínb NÚ. Efecto de la cafeína en el rendimiento deportivo. *Med Clin*. 2008;131(19):751-755.
12. Del Coso J, Perez-Lopez A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valades D. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(6):1013-1018.
13. Woolf K, Bidwell WK, Carlson AG. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2008;18(4):412-429.

14. Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, et al. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *J Strength Cond Res*. 2006;20(3):506-510.
15. Astorino TA, Rohmann RL, Firth K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(2):127-132.
16. Williams AD, Cribb PJ, Cooke MB, Hayes A. The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *J Strength Cond Res*. 2008;22(2):464-470.
17. Crowe MJ, Leicht AS, Spinks WL. Physiological and cognitive responses to caffeine during repeated, high-intensity exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16(5):528.
18. Goldstein ER, Ziegenfuss T, Kalman D, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7(1):1-15.
19. Skinner TL, Jenkins DG, Leveritt MD, et al. Factors influencing serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *J Sci Med Sport*. 2014;17(1):516-520.
20. Ahrens JN, Crixell SH, Lloyd LK, Walker JL. The physiological effects of caffeine in women during treadmill walking. *J Strength Cond Res*. 2007;21(1):164-168.
21. Rezaimanesh D, Amiri-Farsani P, Alijani E. The effect of caffeine on some cardiovascular factors in male student athletes. *Procedia Soc Behav Sci*. 2011;15:2092-2095.
22. Juliano LM, Griffiths RR. A critical review of caffeine withdrawal: empirical validation of symptoms and signs, incidence, severity, and associated features. *Psychopharmacol*. 2004;176(1):1-29.
23. Bell DG, McLellan TM. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. *J Appl Physiol*. 2002;93(4):1227-1234.
24. Van Soeren M, Sathasivam P, Spriet L, Graham T. Caffeine metabolism and epinephrine responses during exercise in users and nonusers. *J Appl Physiol*. 1993;75(2):805-812.

25. Pereira JC. *Efeito da ingestão de bebidas energéticas com e sem carboidratos sobre o desempenho físico* [Dissertação]. Viçosa: Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa; 2013.
26. Griffiths R, Evans S, Heishman S, Preston K, et al. Low-dose caffeine physical dependence in humans. *J Pharmacol Exp Ther.* 1990;255(3):1123-1132.
27. Chisholm DM, Collis ML, Kulak LL, Davenport W, Gruber N. Physical activity readiness. *B C Med J.* 1975;17(11):375-378.
28. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do Exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan; 2008.
29. Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC). V Diretrizes de Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial (MAPA) e III Diretrizes de Monitorização Residencial da Pressão Arterial (MRPA). *Arq Bras Cardiol.* 2011;97:1-24.
30. Karvonen M, Kentala K, Musta O. The effects of training heart rate: a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957;35(3):307-315.
31. Jones NL, Makrides L, Hitchcock C, Chypchar T, McCartney N. Normal standards for an incremental progressive cycle ergometer test. *Am Rev Respir Dis.* 1985;131(5):700-708.
32. Marins JCB, Giannichi RS. *Avaliação e prescrição de atividade física: guia prático*. Rio de Janeiro, RJ: Shape; 2003.
33. Simmonds MJ, Minahan CL, Sabapathy S. Caffeine improves supramaximal cycling but not the rate of anaerobic energy release. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109(2):287-295.
34. Karapetian GK, Engels HJ, Gretebeck KA, Gretebeck RJ. Effect of caffeine on LT, VT and HRVT. *Int J Sports Med.* 2012;33(7):507-513.
35. Astorino TA, Martin BJ, Schachtsiek L, Wong K, Ng K. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1752-1758.
36. Fernandes AA, Marins JCB. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Fisioter Mov.* 2011;24(3): 567-578.
37. Souissi M, Chtourou H, Abdelmalek S, Ghoulane IB, Sahnoun Z. The effects of caffeine ingestion on the reaction time and short-term maximal performance after 36 h of sleep deprivation. *Physiol Behav.* 2014;131:1-6.



38. Cocate PG, Marins JCB. Efeito de três ações de “café da manhã” sobre a glicose sanguínea durante um exercício de baixa intensidade realizado em esteira rolante. *Rev Bras Cine Des Hum*. 2007;9:67-75.
39. Graham TE, Spriet LL. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. *J Appl Physiol*. 1995;78(3):867-874.
40. Aboodarda SJ, George J, Mokhtar AH, Thompson M. Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *J Sports Sci Med*. 2011;10(4):635-642.
41. Martínez AA, Marchal CJA, Rodríguez SF, et al. Role of alpha-actin in muscle damage of injured athletes in comparison with traditional markers. *Br J Sports Med*. 2007;41(7):442-446.
42. Brancaccio P, Maffulli N, Limongelli FM. Creatine kinase monitoring in sport medicine. *Br Med Bull*. 2007;81(1):209-230.
43. Ispirlidis I, Fatouros IG, Jamurtas AZ, et al. Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clin J Sport Med*. 2008;18(5):423-431.
44. Souza CTd, Medeiros Cd, Silva LAd, et al. Avaliação sérica de danos musculares e oxidativos em atletas após partida de futsal. *Rev Bras Cine Des Hum*. 2010;12(4):269-274.
45. Pereira ER, Nogueira GMO, Coelho DB, et al. Suplementação com creatina altera a potência no teste de Wingate mas eleva a concentração de creatinina. *Rev Bras Med Esp*. 2012;18(5):292-295.
46. Hirschbruch MD. *Nutrição esportiva: uma visão prática*. Barueri, SP: Manole; 2014.
47. Siqueira LO, Bortoluzzi J, Zanin F, et al. Análise da suplementação de carboidratos e solução isotônica sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos de jogadores profissionais de futebol em condições reais de treinamento. *Rev Bras Ciênc Esporte*. 2012;34(4):999-1016.
48. Marins JCB. *Estudio comparativo de diferentes procedimientos de hidratación durante un ejercicio de larga duración* [Tese]. Murcia: Departamento de Fisiología y Farmacología, Universidad de Murcia; 2000.
49. Lindinger MI, Graham TE, Spriet LL. Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma [K<sup>+</sup>] in humans. *J Appl Physiol*. 1993;74(3):1149-55.

50. Mohr M, Nielsen JJ, Bangsbo J. Caffeine intake improves intense intermittent exercise performance and reduces muscle interstitial potassium accumulation. *J Appl Physiol*. 2011;111(5):1372-1379.
51. Mougios V, Ring S, Petridou A, Nikolaidis MG. Duration of coffee- and exercise-induced changes in the fatty acid profile of human serum. *J Appl Physiol*. 2003;94(2):476-484.
52. Chatard JC, Atlaoui D, Lac G, Duclos M, Hooper S, Mackinnon L. Cortisol, DHEA, performance and training in elite swimmers. *Int J Sports Med*. 2002;23(7):510-515.
53. Forbes SC, Candow DG, Little JP, Magnus C, Chilibeck PD. Effect of Red Bull energy drink on repeated Wingate cycle performance and bench-press muscle endurance. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17(5):433-444.
54. Pérez-López A, Salinero JJ, Abian-Vicen J, et al. Caffeinated Energy Drinks Improve Volleyball Performance in Elite Female Players. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;47(4):850-856.
55. Huntley ED, Juliano LM. Caffeine Expectancy Questionnaire (CaffEQ): construction, psychometric properties, and associations with caffeine use, caffeine dependence, and other related variables. *Psychol Assess*. 2012;24(3):592-607.
56. Pereira JC, Silva RG, Fernandes AA, Quintana MS, Marins JCB. ¿Tienen las bebidas energéticas efectos ergogénicos en el ejercicio físico? *Archivos de Medicina del Deporte*. 2015;32(3):164-168.

## CONCLUSÕES GERAIS

Tanto para homens e mulheres, quanto para os grupos alto e baixo consumo, a dosagem de cafeína empregada de 5 mg/kg de PC foi eficiente como recurso ergogênico, apresentando resultados favoráveis sobre a resistência de força, não sendo eficiente para a força máxima, potência máxima, potência média e índice de fadiga.

O consumo de cafeína apresentou influência nas variáveis sanguíneas, aumentando as concentrações de glicose, creatina quinase, lactato, ácidos graxos livres e cortisol.

A cafeína influiu de forma semelhante como agente ergogênico independente do fator sexo e do hábito de consumo dos indivíduos, tanto nas variáveis bioquímicas como de desempenho físico, não apresentando diferença entre o comportamento dos grupos.

Os efeitos ergolíticos relatados após o consumo da cafeína foram ansiedade/agitação, aumento da motilidade gastrointestinal, diurese e sudorese, taquicardia, ânsia de vômito, tremores, tontura/fraqueza, insônia e calor, indicando que a prescrição da cafeína na dosagem de 5 mg/kg de PC deva ser realizada por um profissional habilitado e previamente testada antes de uma competição.

## ANEXOS

## QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO DE ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)

| Sim | Não | PERGUNTA                                                                                                                                                  |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     |     | O seu médico já lhe disse alguma vez que você apresenta um problema cardíaco e que somente deveria realizar a atividade física recomendada por um médico? |
|     |     | Você apresenta dor em seu tórax ao realizar atividade física?                                                                                             |
|     |     | No mês passado você teve dor torácica quando não estava realizando atividade física?                                                                      |
|     |     | Você perde o equilíbrio em virtude de vertigem ou já perdeu a consciência?                                                                                |
|     |     | Você tem algum problema ósseo ou articular que poderia ser agravado por uma mudança em sua atividade?                                                     |
|     |     | Atualmente seu médico está prescrevendo medicamentos (ex., pílulas diuréticas) para sua pressão arterial ou condição cardíaca?                            |
|     |     | Você tem conhecimento de qualquer outra razão pela qual não deveria realizar atividade física?                                                            |

Se você respondeu:

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sim a mais de uma pergunta | Se você não consultou seu médico recentemente, consulte-o por telefone ou pessoalmente, ANTES de intensificar suas atividades físicas /ou de ser avaliado para um programa de condicionamento físico. Diga a seu médico que perguntas você respondeu com um SIM a este questionário conhecido como PAR-Q ou mostre a cópia deste questionário.                       |
| Não a todas as perguntas   | Se você respondeu a este questionário corretamente, você pode ter uma razoável garantia de apresentar as condições adequadas para:<br>Um programa de exercícios gradativos – um aumento gradual na intensidade dos exercícios adequados promove um bom desenvolvimento do condicionamento físico, ao mesmo tempo em que minimiza ou elimina o desconforto associado. |

**TABELA DE RISCO CORONARIANO**

| <b>IDADE</b>                              | <b>10a20<br/>1</b>                                                                     | <b>21a30<br/>2</b>                                                                  | <b>31a40<br/>3</b>                                                                  | <b>41a50<br/>4</b>                                                                  | <b>51a60<br/>6</b>                                                                  | <b>Acima de 60<br/>8</b>                                                            |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>HEREDITARIEDADE</b>                    | Nenhuma história conhecida de cardiopatia<br>1                                         | 1 parente com doença cardiovascular e mais de 60 anos<br>2                          | 2 parentes com doença cardiovascular e mais de 60 anos<br>3                         | 1 parente com doença cardiovascular e menos de 60 anos<br>4                         | 2 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos<br>6                        | 3 parentes com doença cardiovascular e menos de 60 anos<br>8                        |
| <b>PESO</b>                               | Mais de 2,3Kg abaixo do peso padronizado<br>1                                          | -2,3 a +2,3Kg do peso padronizado<br>2                                              | 2,7 a 9Kg acima do peso<br>3                                                        | 9,5 a 15,9Kg acima do peso<br>4                                                     | 16,4 a 22,7Kg acima do peso<br>6                                                    | 23,3 a 29,5Kg acima do peso<br>7                                                    |
| <b>TABAGISMO</b>                          | Não usuário<br>0                                                                       | Charuto ou cachimbo<br>1                                                            | 10 cigarros ou menos por dia<br>2                                                   | 20 cigarros por dia<br>4                                                            | 30 cigarros por dia<br>6                                                            | 40 cigarros por dia<br>10                                                           |
| <b>EXERCÍCIO</b>                          | Esforço profissional e recreacional intenso<br>1                                       | Esforço profissional e recreacional moderado<br>2                                   | Trabalho sedentário e esforço recreacional intenso<br>3                             | Trabalho sedentário e esforço recreacional moderado<br>5                            | Trabalho sedentário e esforço recreacional ligeiro<br>6                             | Ausência completa de qualquer exercício<br>8                                        |
| <b>%DE COLESTEROL OU GORDURA NA DIETA</b> | Colesterol abaixo de 180mg/dl<br>A dieta não contém gorduras animais, nem sólidas<br>1 | Colesterol 181 a 205mg/dl<br>A dieta contém 10% de gorduras animais ou sólidas<br>2 | Colesterol 206 a 230mg/dl<br>A dieta contém 20% de gorduras animais ou sólidas<br>3 | Colesterol 231 a 250mg/dl<br>A dieta contém 30% de gorduras animais ou sólidas<br>4 | Colesterol 256 a 280mg/dl<br>A dieta contém 40% de gorduras animais ou sólidas<br>5 | Colesterol 281 a 300mg/dl<br>A dieta contém 50% de gorduras animais ou sólidas<br>7 |
| <b>PRESSÃO ARTERIAL</b>                   | Leitura superior de 100<br>1                                                           | Leitura superior de 120<br>2                                                        | Leitura superior de 140<br>3                                                        | Leitura superior de 160<br>4                                                        | Leitura superior de 180<br>6                                                        | Leitura superior de 200 ou maior<br>8                                               |
| <b>SEXO</b>                               | Mulher com menos de 40<br>1                                                            | Mulher com 40 a 50<br>2                                                             | Mulher com mais de 50<br>3                                                          | Homem<br>4                                                                          | Homem atarracado<br>6                                                               | Homem calvo e atarracado<br>7                                                       |

**RECORDATÓRIO ALIMENTAR**

AVALIADO: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_\_

| <b>Refeição</b>                            | <b>Alimento</b> | <b>Quantidade<br/>(Medida Caseira)</b> |
|--------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| <b>Desjejum</b><br><br>Hora:<br><br>Local: |                 |                                        |
| <b>Colação</b><br><br>Hora:<br><br>Local:  |                 |                                        |
| <b>Almoço</b><br><br>Hora:<br><br>Local:   |                 |                                        |
| <b>Lanche</b><br><br>Hora:<br><br>Local:   |                 |                                        |
| <b>Jantar</b><br><br>Hora:<br><br>Local:   |                 |                                        |
| <b>Ceia</b><br><br>Hora:<br><br>Local:     |                 |                                        |

## QUESTIONÁRIO QUANTITATIVO DE FREQUÊNCIA ALIMENTAR (QQFA)

|                                          | Quantas vezes você come | Unidade | Pequena | Média | Grande |
|------------------------------------------|-------------------------|---------|---------|-------|--------|
| Café, coado                              | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Café, expresso                           | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Café, instantâneo                        | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Café, descafeinado                       | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chá, mate                                | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chá, verde                               | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chá, preto                               | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chá, gelado                              | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chocolate, barra, ao leite               | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Chocolate, barra, amargo                 | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Leite com chocolate                      | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Refrigerante, tipo cola, convencional    | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Refrigerante, tipo cola, zero            | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Refrigerante, tipo guaraná, convencional | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Refrigerante, tipo guaraná, zero         | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Guaraná natural                          | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |
| Bebida, tipo energética                  | N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  | D S M   |         |       |        |

D (diária), S (semanal), M (mensal), N (nunca).

**Consumo diário: \_\_\_\_mg**









## MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

|                                                                                   |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |
| Universidade Federal de Viçosa<br>Departamento de Educação Física                 | Universidade Federal de Juiz de Fora<br>Faculdade de Educação Física e Desportos    |

### FOLHA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO

#### 1. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

1. TOZETTO, A. V. B.; **LOPES, P. R. N. R.** Avaliação da perda hídrica de crianças e jovens atletas durante uma partida de futebol. Revista Brasileira de Futebol, v. 7, p. 13-20, 2014.

Origem:

- ☐ Trabalho originário de disciplina do mestrado:  
☐ Trabalho originário do texto da dissertação.  
☒ Trabalho originário de outras parcerias.

2. **LOPES, P. R. N. R.**; MOREIRA, O. C.; OLIVEIRA, R. A. R.; MARINS, J. C. B. Prontidão para a prática de atividade física em estudantes participantes de um torneio universitário. Revista Brasileira de Ciência e Movimento, v. 21, p. 132-138, 2013.

Origem:

- ☐ Trabalho originário de disciplina do mestrado:  
☐ Trabalho originário do texto da dissertação.  
☒ Trabalho originário de outras parcerias.

#### 2. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS ACEITOS EM PERIÓDICOS

Não há.

#### 3. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

AUTORES: Alisson Gomes da Silva, **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, Carlos Gabriel de Lade, Antonio José Natali, João Carlos Bouzas Marins.

TÍTULO: Efeito de diferentes programas de exercício físico na saúde óssea e aptidão física em mulheres com osteoporose: uma breve revisão sistemática de estudos clínicos randomizados

REVISTA: Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil.

Origem:

☒ Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 613

☐ Trabalho originário do texto da dissertação.

☐ Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: Carlos Gabriel de Lade, João Carlos Bouzas Marins, Antonio José Natali, Alisson Gomes da Silva, **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, Paulo Roberto Amorim.

TÍTULO: Exercícios na claudicação intermitente: uma revisão sistemática de estudos clínicos randomizados.

REVISTA: ConScientiae Saúde.

Origem:

☒ Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 613

☐ Trabalho originário do texto da dissertação.

☐ Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, Osvaldo Costa Moreira, Renata Aparecida Rodrigues de Oliveira, João Carlos Bouzas Marins.

TÍTULO: Prevalência de fatores de risco coronariano em servidores de uma universidade pública

REVISTA: Educación Física e Deporte.

Origem:

☐ Trabalho originário de disciplina do mestrado:

☐ Trabalho originário do texto da dissertação.

☒ Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: Mário Flávio Cardoso de Lima, **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, Rafael Gonçalves Silva, Ricardo Campos de Faria, Paulo Roberto dos Santos Amorim, João Carlos Bouzas Marins.

TÍTULO: Questionários para avaliação do nível de atividade física habitual em adolescentes brasileiros: uma revisão sistemática

REVISTA: Pensar a Prática.

Origem:

☒ Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 617

☐ Trabalho originário do texto da dissertação.

☐ Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, André Diniz Pinto Silva, Pedro Henrique dos Santos Meloni, João Carlos Bouzas Marins.

TÍTULO: Proposta de bateria de testes físicos para o Levantamento de Peso Olímpico

REVISTA: Mineira de Educação Física.

Origem:

☒ Trabalho originário de disciplina do mestrado: EFI 616

☐ Trabalho originário do texto da dissertação.

☐ Trabalho originário de outras parcerias

AUTORES: **Priscila Rita Niquini Ribeiro Lopes**, Matheus Santos Cerqueira, João Carlos Bouzas Marins.

TÍTULO: Perfil antropométrico e de desenvolvimento motor de atletas de futebol feminino de uma seleção nacional

REVISTA: Revista Brasileira de Ciência e Movimento.

Origem:

[ ] Trabalho originário de disciplina do mestrado:

[ ] Trabalho originário do texto da dissertação.

[x] Trabalho originário de outras parcerias

#### 4. LIVROS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

Não há.

#### 5. PARTICIPAÇÃO EM CAPÍTULO DE LIVROS PUBLICADOS

Não há.

#### 6. PARTICIPAÇÃO EM JORNAIS DE NOTÍCIAS OU REVISTAS

Não há.

#### 7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, CURSOS, SIMPÓSIOS COMO PALESTRANTE

Não há.

#### 8. RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS

1. SILVA, R. P., ARTIOLI, G. G., **LOPES, P. R. N. R.**, BELFORT, F. G., MARINS, J. C. B. Fluid balance of elite brazilian youth soccer players during a match play in the heat. In: Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, Orlando. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, 2014.
2. **LOPES, P. R. N. R.**, COSTA, C. M. A., CANO, S. P., MARINS, J. C. B. Variações da temperatura da pele ao longo de um dia empregando a técnica de termografia infravermelha em homens militares. In: 3 Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia, João Pessoa - PB. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, p. 322-325, 2014.
3. **LOPES, P. R. N. R.**, COSTA, C. M. A., CANO, S. P., MARINS, J. C. B. Variações da temperatura da pele ao longo de um dia empregando a técnica de termografia infravermelha em mulheres militares. In: 3 Congresso Brasileiro de Eletromiografia e Cinesiologia, João Pessoa - PB. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, p. 489-491, 2014.

## 9. VISITAS TÉCNICAS, INTERCÂMBIOS OU ESTÁGIOS

Não há.

## 10. ORIENTAÇÕES

**Nome do Aluno (Matrícula):** Alexandre Vinícius Bobato Tozetto (Especialização em Futebol)

**Título do trabalho:** Avaliação da perda hídrica de crianças e jovens atletas durante uma partida de futebol

**Data:** 1º e 2º semestre de 2014.

**Nome do Aluno (Matrícula):** Ricardo Franco Alves (Especialização em Futebol)

**Título do trabalho:** Avaliação do equilíbrio hídrico de atletas de futebol pré-mirim

**Data:** 1º e 2º semestre de 2014.

## 11. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS

**Nome do Aluno (Matrícula):** Edna Thaís Godoi Moraes

**Título do trabalho:** Nível de atividade física e percepção da imagem corporal em estudantes de nutrição da Universidade Federal de Viçosa

**Data:** 15/07/2014

**Nome dos demais membros da avaliação:** Ma. Maria Teresa Fialho de Sousa Campos e Dr. João Carlos Bouzas Marins.

## 12. AULAS MINISTRADAS DE GRADUAÇÃO NA UFV ou UFJF

**Nome da disciplina:** EFI 218 - Fisiologia do Esforço I

**Carga horária:** 10h