

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO E SAÚDE

ARTHUR PERSIO DE AZEVEDO

**EFEITO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA NO
DESEMPENHO DE SOCO E RESPOSTAS
PERCEPTIVAS EM ATLETAS DE ESPORTES DE
COMBATE**

VITÓRIA
2018

ARTHUR PERSIO DE AZEVEDO

**EFEITO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA NO
DESEMPENHO DE SOCO E RESPOSTAS
PERCEPTIVAS EM ATLETAS DE ESPORTES DE
COMBATE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito obrigatório para o título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Guimarães Ferreira

VITÓRIA
2018

ARTHUR PERSIO DE AZEVEDO

**EFEITO DA INGESTÃO AGUDA DE CAFEÍNA NO
DESEMPENHO DE SOCO E RESPOSTAS
PERCEPTIVAS EM ATLETAS DE ESPORTES DE
COMBATE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo, para obtenção do Título de Mestre em Educação Física.

Aprovada em ____ de _____ de _____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Lucas Guimarães Ferreira (Orientador)

Prof. Dr. André Soares Leopoldo

Prof. Dr. Fabian Tadeu do Amaral

RESUMO

São bem documentados na literatura científica os efeitos benéficos da ingestão de cafeína no desempenho atlético, especialmente em exercício prolongado, de caráter predominantemente aeróbio. Além disso, há evidências crescentes de sua aplicação em exercícios de curta duração e alta intensidade. Os combates de artes marciais envolvem em geral esforços intermitentes, onde golpes são desferidos com máxima potência. O efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho de lutadores foi, entretanto, pouco explorado até então. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho intermitente de socos e respostas perceptivas em lutadores. Para tanto, 11 atletas de esportes de combate, do sexo masculino, com idade entre 18-35 anos e com peso variando entre 70kg e 95kg, foram selecionados e submetidos à protocolo intermitente de socos que consiste em três períodos de 15 segundos, com intervalo de 45 segundos, onde foram orientados a desferir o maior número de socos com o membro dominante com a maior força possível. Foram coletados indicadores de desempenho (número de socos e força máxima e médias de socos), além de medidas subjetivas de prontidão física e mental e percepção de esforço. Após sessão de familiarização e em dias distintos, os participantes realizaram o mesmo protocolo em duas condições, de forma randomizada e com controle duplo-cego: 60 minutos após a ingestão de solução contendo cafeína (5 mg/kg) ou placebo (água aromatizada). Não houveram diferenças no número de socos desferidos em cada série ($p=0,4562$) ou no número total de socos ($p=0,99$), bem como sobre a força máxima ($p=0,4534$) e força média dos socos ($p=0,7044$). Além disso, não foram observadas diferenças na prontidão física ($p=0,4235$) ou mental ($p=0,99$) e na percepção subjetiva de esforço entre as condições placebo e cafeína ($p=0,2826$). Podemos concluir que a ingestão de 5mg/kg de peso de cafeína não foi capaz de alterar o desempenho de socos de lutadores, quando avaliado a frequência de golpes, força média e máxima, PSE e prontidão mental e física para investir no esforço.

Palavras-chave: cafeína, desempenho esportivo, esportes de combate, artes marciais.

ABSTRACT

The beneficial effects of caffeine intake on athletic performance, especially in prolonged exercise with aerobic predominance, are well documented in the scientific literature. In addition, there is increasing evidence of its application in short duration and high intensity exercise. Combat sports generally involve intermittent efforts, where strokes are delivered with maximum power. The effect of caffeine intake on the performance of combat athletes was, however, little explored until then. The aim of the present study was to evaluate the effect of acute caffeine intake on the intermittent performance of punches and perceptual responses combat sports athletes. 11 male combat athletes aged 18-35 years and weighing between 70kg and 95kg were selected and submitted to an intermittent punch protocol consisting of three periods of 15 seconds, with interval of 45 seconds, where they were instructed to deliver the largest number of punches with the dominant member with the greatest possible force. Performance indicators (number of punches and maximum strength and average of punches) were collected, besides subjective measures of physical and mental readiness and perception of effort. After a familiarization session and on different days, participants underwent the same protocol in two conditions, in a randomized and double-blinded fashion: 60 minutes after the ingestion of a solution containing caffeine (5 mg / kg) or placebo (flavored water) . There were no differences in the number of punches delivered in each series ($p = 0.4562$) or in the total number of punches ($p = 0.99$), as well as on the maximum force ($p = 0.4534$) and mean force of the punches ($p = 0.7044$). In addition, there were no differences in physical ($p = 0.4235$) or mental ($p = 0.99$) readiness to invest in effort and subjective perception of exertion between placebo and caffeine conditions ($p = 0.2826$). We can conclude that the intake of 5mg / kg of caffeine was not able to change the performance of fighters' punches when we evaluated the frequency of blows, medium and maximum strength, PSE and mental and physical readiness to invest in the effort.

Keywords: caffeine, sport performance, combat sports, martial arts.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	15
3 METODOLOGIA	16
3.1 AMOSTRA.....	16
3.2 PROCEDIMENTOS.....	16
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	18
4 RESULTADOS	19
5 DISCUSSÃO	22
6 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

Complementar a dieta nos nossos dias pode se fazer necessário. A utilização de suplementos ocorre para complementar a dieta podendo oferecer mais macronutrientes, micronutrientes que estejam em deficiência na dieta ou em situações específicas como para saúde, melhora do desempenho físico, cognitivo ou estético. A utilização deve ser feita sempre com acompanhamento de um profissional capacitado com formação específica para a prescrição do mesmo.

O uso de suplementos tem se tornado uma forma comum e crescente para os praticantes de atividades físicas que buscam um melhor desempenho, saúde e até mesmo por motivação estética (HASKELL; KIERNAN, 2000). Dentre estes suplementos, a cafeína destaca-se como um dos mais utilizados (SOUZA et al, 2017). A cafeína está presente no café, chás, cacau, guaraná, chocolates e outros alimentos. Na forma de suplemento ergogênico nutricional, tem sido utilizada por atletas e praticantes de atividades físicas que buscam uma melhora no desempenho físico, além de ter sido alvo de diversos estudos acadêmico-científicos que avaliaram seu efeito sobre o desempenho físico, especialmente a partir da década de 70 (BRAGA et al, 2000; SOUZA et al, 2017; WARREN, 2010).

Bioquimicamente, a cafeína (1,3,7- trimetilxantina) é um dos alcalóides pertencentes do grupo das metilxantinas (paraxantina, teobromina e teofilina) e

que exerce funções no organismo, tanto a nível central quanto periférico (MAGKOS, 2005). É uma substância lipossolúvel e aproximadamente 100% de sua ingestão oral é rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal, atingindo o pico de concentração plasmática após cerca de 60 minutos (SAWYNOK; YAKSH,1993). A cafeína parece alcançar praticamente todos os sistemas do organismo, mas, em níveis fisiológicos, seu efeito mais pronunciado parece ocorrer no sistema nervoso central (NANCY,2017). Efeitos relatados do consumo de doses de 2 a 9 mg/kg de peso corporal incluem o aumento do estado de vigília, diminuição da sonolência, alívio da fadiga, aumento da frequência respiratória, aumento na liberação de catecolaminas, aumento da frequência cardíaca, e aumento da diurese. (CONLEE, 1991). Estima-se que apenas com o consumo de alimentos diários com a cafeína em sua composição, um adulto americano consuma cerca de 4mg/kg de cafeína, já crianças e jovens americanos cerca de 1 mg/kg de cafeína (BARONE; ROBERTS, 1996). O Comitê Olímpico Internacional (COI) retirou a cafeína da lista de substâncias proibidas no ano de 2004 sendo, assim, um auxílio ergogênico legal de acordo com as regras da entidade. Atualmente a cafeína está inclusa no programa de monitoramento desde 2016 e não é considerada substância proibida (WADA, 2017).

Uma forma de avaliar o consumo de cafeína seria através de valores de referência acerca do conteúdo de cafeína presente nos alimentos, mas a divergência encontrada nas tabelas propostas, muito por conta da forma do método de análise de cafeína, ainda é muito grande. O quadro 1 apresenta algumas fontes de cafeína presente na dieta.

QUADRO 1- Fontes de cafeína

Alimento ou Bebida	Porção	Cafeína (mg)
Café instantâneo	150 ml	60
Café Torrado e moído	150 ml	85
Café Descafeinado	150 ml	3
Chá	250 ml	27
Chá Gelado	600 ml	20
Frappucino	375 ml	90
Chocolate Quente	250 ml	10
Chocolate ao Leite	60 g	15
Chocolate Amargo	60 g	50
Coca-cola	375 ml	49
Pepsi-cola	375 ml	40
Red Bull	250 ml	80
GU gel esportivo	32g	20
Muscle Fuel (Pré-treino)	1 dose	70
Fure Pro energetics (Pré treino)	100ml	32
Assault (Pré-treino)	14,5g	250

Adaptado de Altimari (2006), Burke (2010).

Quanto aos seus mecanismos de ação, acredita-se estarem relacionados a ações centrais e periféricas (SPRIET, 1995; STEPHENSON, 1977). Sua ação central parece estar relacionada ao antagonismo dos receptores de adenosina no sistema nervoso central, atuando assim como um inibidor não seletivo da adenosina. A cafeína possui características tanto hidrofílicas quanto lipofílicas, tendo a capacidade de se distribuir pelo plasma e atravessar a barreira hematoencefálica, por difusão simples e ligar-se aos receptores de adenosina (McCALL et al, 1982). Através de tal inibição, a cafeína pode, indiretamente, estimular a liberação de noradrenalina, dopamina, acetilcolina e ácido gama-aminobutírico (GABA), que são potentes neurotransmissores (DALY, 2007).

Como resultado, a ingestão de cafeína, através deste mecanismo, resulta em redução da percepção dolorosa, aumento do estado de vigília e da atividade locomotora espontânea, bem como aumento da taxa de disparo das unidades motoras nos músculos ativos e atenuação da fadiga (SAWYNOK, 1998; McCALL et al, 1982).

A metabolização da cafeína apresenta 5 vias principais em adultos. Das 5 vias, 3 são reguladas pela enzima hepática citocromo P-450, que representa a maior parte da degradação da cafeína através de reações de desmetilação (95% das reações) (KOT; DANIEL, 2008; ECHEVERRI et al., 2010). Dessas reações, são gerados como subprodutos a paraxantina (85%), teobromina (10%) e teofilina (5%). Estes metabólitos possuem papel em sinérgico à cafeína no organismo como um forte estimulante psicoativo (MINERS; BIRKETT, 1996), resultando em vasodilatação, com conseqüente aumento do fluxo sanguíneo para músculos e cérebro (MINERS; BIRKETT, 1996; YONEDA et al., 2017). As duas vias restantes da metabolização da cafeína geram a formação de uracil (2% da cafeína ingerida), e a excreção renal de cafeína na sua forma intacta (3%) (GRANT et al, 1983).

Como muitos outros recursos ergogênicos, a cafeína apresenta uma variação entre indivíduos em relação ao aumento da concentração plasmática após sua ingestão. Essas variações podem ser atribuídas ao gênero, peso, polimorfismos genéticos, indução ou inibição do Citocromo P-450 (CYP) e também da presença de alterações no metabolismo hepático (MINERS; BIRKETT, 1996).

Efeitos da cafeína diretamente no músculo esquelético também são relatados na literatura, incluindo: alteração de íons, particularmente sódio e potássio; inibição da enzima fosfodiesterase (PDE), possibilitando um aumento na concentração de adenosina monofosfato cíclica (AMPc); efeito direto sobre a regulação metabólica de enzimas como as fosforilases (PHOS); aumento na mobilização de cálcio do retículo sarcoplasmático, e atenuação da saída de K^+ das células musculares com aumento da atividade da Na^+-K^+ ATPase, o qual contribui para a potencialização da contração muscular (TARNOPOLSKY, 1994; SINCLAIR; GEIGER, 2000; LIDINGER et al, 1996). Outro possível mecanismo de ação é o aumento da oxidação das gorduras e redução da utilização de carboidratos, através de um aumento na mobilização dos ácidos graxos livres do tecido adiposo e/ou nos estoques intramusculares, e aumento da oxidação lipídica (Figura 1) (SINCLAIR; GEIGER, 2000).

A cafeína ganhou maior atenção como possível substância ergogênica a partir da década de 1970, quando foi demonstrado que a ingestão de 330 mg de cafeína 1 hora antes de uma sessão de exercício em cicloergômetro a 80% do $VO_{2máx}$ até a exaustão. Foi constatado que os indivíduos suplementados com cafeína apresentaram um aumento de 19,2% no tempo até a exaustão, quando comparados ao grupo placebo (COSTILL et al, 1978). Em estudo posterior, diferentes dosagens de cafeína (5, 9 e 13 mg/kg) foram utilizadas e foi constatado uma melhora significativa no desempenho no cicloergômetro, aumento na concentração de ácidos graxos livres e glicerol circulantes para todas as dosagens de cafeína comparadas ao placebo. No entanto, nenhuma

diferença significativa foi encontrada entre as três dosagens de cafeína (PASMAN et al,1995).

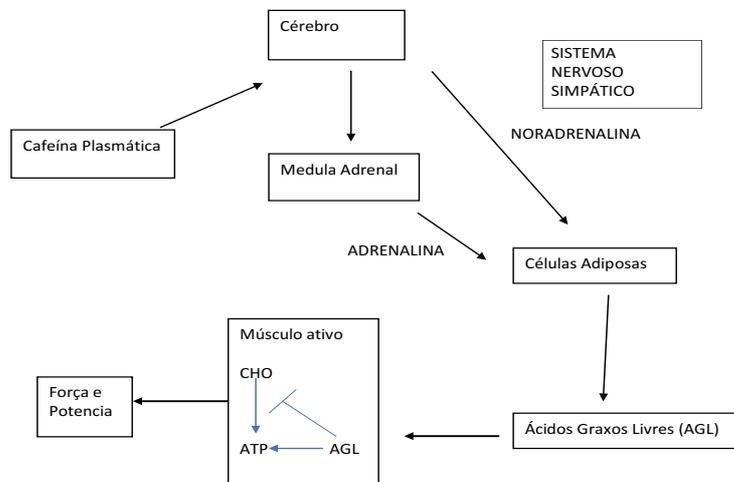


Figura 1: Uma visão geral de como a cafeína poderia influenciar o desempenho. Adaptado de de Brouns (2003).

Quanto a atividades de alta intensidade e curta duração, onde as vias anaeróbicas de produção de ATP são predominantes, o corpo de estudos é mais recente e também escasso. Em um estudo utilizando testes de força e potência, como salto vertical e arremesso de *medicine ball*, teste de 1 repetição máxima (RM) e de repetições máximas a 60% de 1RM nos exercícios agachamento e supino, seguido de análises de percepção subjetiva de esforço (PSE) e percepção de dor, foram encontrados melhoras no desempenho com a utilização de cafeína no arremesso de *medicine ball* e no teste de 1RM, além de redução da PSE (JOZO,2017). Em outro estudo, foram investigados os efeitos da

ingestão de 5 mg/kg de cafeína sobre o desempenho de força no exercício supino. Na condição cafeína, observou-se capacidade aumentada de realização repetições a 60% de 1 RM até a falha concêntrica, quando comparado ao grupo controle, além de menores níveis de percepção de fadiga e dor (DUNCAN; OXFORD, 2011). Apesar de haverem na literatura estudos demonstrando efeitos da ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho em atividades de força e potência, os resultados são controversos e sugerem que mais estudos sejam realizados e novas metodologias sejam empregadas para se comprovar sobre a efetividade da cafeína no desempenho anaeróbico (<5 min de esforço máximo ou exercícios intermitentes de alta intensidade) (SILVA et al, 2014; DAVIS; GREEN, 2009; ALTIMARI et al, 2006; BROWN et al, 2013).

Os resultados por vezes discrepantes observados na literatura quanto aos efeitos da ingestão de cafeína podem ser atribuídos às diferentes doses e protocolos utilizados, assim como características da amostra (consumo habitual de cafeína, nível de treinamento e responsividade).

Quanto a pesquisas acerca da utilização de cafeína e seu efeito no desempenho em esportes de combate, em nosso conhecimento poucos estudos foram realizados até então. Um estudo utilizou 10 atletas de Taekwondo e os submeteu em a dois tratamentos: soluções placebo e cafeína (5 mg/kg). Através de um delineamento cruzado, randomizado e com controle duplo-cego, buscaram avaliar o desempenho dos atletas, a contribuição dos sistemas energéticos durante o teste e a resposta do sistema parassimpático pós-exercício. Os testes consistiram de uma simulação de competição, com 3 *rounds*

de 2 minutos e 1 minuto de descanso passivo durante os *rounds*. Houveram mudanças na contribuição glicolítica estimada nas condições cafeína quando comparada ao placebo, apesar de não ter havido alterações significativas no desempenho e na resposta parassimpática (LOPES-SILVA et al, 2015).

Esportes de combate como caratê, boxe e *mixed martial arts* (MMA) possuem *rounds* que podem ser caracterizados por elevada frequência cardíaca, alto consumo de O₂ e elevação da concentração de lactato, caracterizando-se como uma atividade de alta intensidade e de predominância metabólica anaeróbica láctica (CESAR et al, 2002; McARDLE et al,1985). Estudos vêm demonstrando um bom desempenho quando atletas de caratê, por exemplo, são submetidos a testes de predominância anaeróbica e também o quanto essas atividades influenciam para um melhor desempenho na modalidade (RAVIER et al, 2009; ROSCHEL et al, 2009; LOTURCO et al, 2014).

Em recente estudo publicado por Arazi (2016) com atletas de caratê do sexo feminino foi verificado que diferentes doses de cafeína teriam diferentes efeitos ergogênicos, onde a dose de 5 mg/kg promoveu uma redução na percepção de esforço e dor, enquanto essa alteração não foi observada com uma dose menor (2 mg/kg). Neste estudo também foi avaliado outras valências musculares, tais como força, potência e resistência a força. Porém nenhuma das doses de cafeína apresentou aumento de performance. O efeito da ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho de séries repetidas de socos (força e frequência de socos), em nosso conhecimento, ainda não foi avaliado. Visto que a utilização de alguns suplementos em situações específicas podem auxiliar

melhorando a performance e no caso da cafeína ainda temos estudos controversos e muitas vezes com diferentes delineamentos, nossa pesquisa vem de encontro a essa situação para que atletas possam seguir as melhores recomendações para conseguirem os melhores resultados.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos da ingestão aguda de cafeína (5mg/kg de peso corporal) sobre o desempenho de soco e respostas perceptivas em atletas de esportes de combate.

3. METODOLOGIA

3.1. AMOSTRA

A amostra foi composta por 11 indivíduos do sexo masculino, atletas das modalidades de combate *mixed martial arts* (MMA; n=8) e caratê (n=3). Todos os participantes foram orientados a não consumirem nenhum suplemento alimentar e alimentos à base de cafeína em um período de 24 horas que antecedeu a aplicação dos testes.

3.2. PROCEDIMENTOS

Os testes foram aplicados nas academias dos atletas, nas cidades de Vitória e Vila Velha, no Espírito Santo, e em Brasília (DF). Primeiramente, o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi entregue aos participantes e os procedimentos, riscos e benefícios do estudo foram explicitados. Além disso, todas as eventuais dúvidas foram sanadas pelos pesquisadores. Em seguida, os atletas realizaram uma sessão de familiarização do protocolo de avaliação utilizado no estudo.

Após uma primeira sessão de familiarização e com intervalo de 48-72 horas entre as sessões, os indivíduos foram submetidos aos testes em duas outras ocasiões, onde foram submetidos às condições experimentais de forma randomizada e com controle duplo cego, com a ingestão de 5 mg/kg da massa

corporal de cafeína anidra diluída em 250ml de água aromatizada (condição cafeína), ou 250 ml de água aromatizada somente (condição placebo). A ingestão ocorreu 60 min antes da realização dos testes, pois este é o tempo necessário para a cafeína atingir o pico da concentração plasmática (GRAHAM, 2001).

Os indivíduos realizaram aquecimento específico da modalidade praticada. Em seguida, foi utilizado protocolo de socos repetidos adaptado de Donovan et al (2012). Neste protocolo, os atletas realizaram 3 séries de socos em uma placa acolchoada acoplada a um dinamômetro multifuncional com célula de carga de 200 kgf (CEFISE, São Paulo, Brasil). Cada série consistiu em um período de 15 segundos, com intervalo de recuperação de 45 segundos entre as séries. Em cada série, os atletas foram orientados a realizar uma sequência de socos frontais com o membro dominante, com a maior potência e velocidade. A força de cada soco e a frequência de socos durante os 3 períodos de 15 segundos foram coletadas para análise do desempenho, e a força média de soco foi calculada com base nesses valores. A prontidão física (EPF) e mental (EPM) para investir no esforço (*readiness to invest in physical effort* e *readiness to invest in mental effort*) foi acessada por meio de tabela graduada de 0 (representando nenhuma prontidão) a 10 (representando prontidão total) foi utilizada, conforme descrito em trabalhos anteriores (SILVA et al, 2015; DUNCAN et al, 2014) e como sugerido por Tenenbaum et al (2001; 2005). Além disso, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi utilizada após a realização das três séries através da escala de Borg graduada de 6 a 20 (sendo 6: mínimo esforço; e 20: esforço máximo). Tais procedimentos foram realizados nas condições placebo e cafeína,

conforme apresentado anteriormente. Todos os procedimentos aqui descritos foram aprovados pelo Comitê de Ética para Pesquisas em Humanos do Campus de Goiabeiras da Universidade Federal do Espírito Santo (registro CAAE número 55993816.6.0000.5542).

3.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão da média (EPM). As diferenças entre as médias nas diferentes condições (placebo e cafeína) foram avaliadas através do teste t de *Student* e Análise de Variância (ANOVA) de 1 ou 2 vias de medidas repetidas (3x2: fatores série e cafeína), quando apropriado. Para determinação das diferenças utilizamos $P < 0,05$. O programa estatístico GraphPad Prism v. 6.0 foi utilizado para todas as análises e construção dos gráficos.

4. RESULTADOS

A ingestão aguda de cafeína não resultou em modificação do número de socos desferidos em cada uma das três séries (Figura 2A), bem como no número total de socos desferidos (Figura 2B).

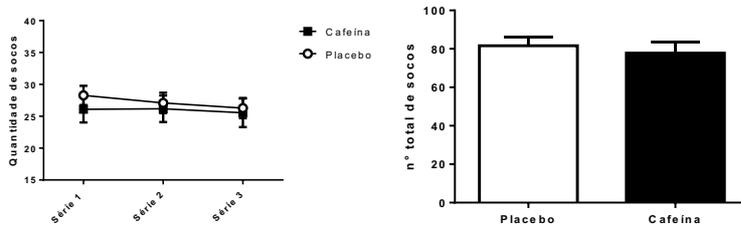


Figura 2: A) Número total de socos disferidos por série. Efeito principal da série: $P = 0,4562$. Efeito principal da cafeína: 0,2038. Interação: 0,2038. B) Número Total de socos realizados em todas as séries ($P = 0,99$).

A ingestão de cafeína também não resultou em melhora do desempenho mensurado como força média dos socos em cada série, quando comparada com a condição de ingestão de solução placebo (Figura 3).

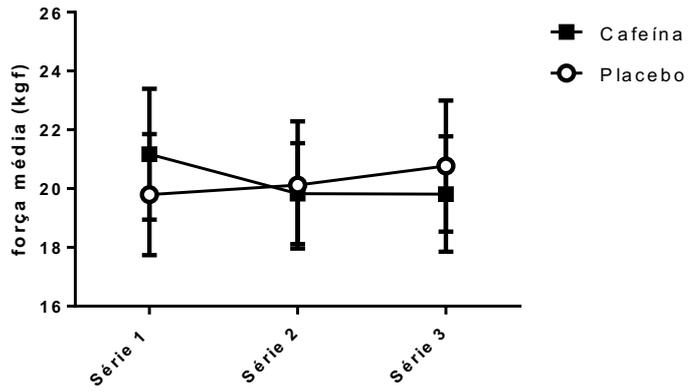


Figura 3: Força média dos socos em cada série. Efeito principal da série: $P = 0,7044$. Efeito principal da cafeína: $0,9532$. Interação: $0,1210$.

Em comparação com a condição placebo, a cafeína não resultou em aumento da força máxima de soco em cada uma das três séries (Figura 4).

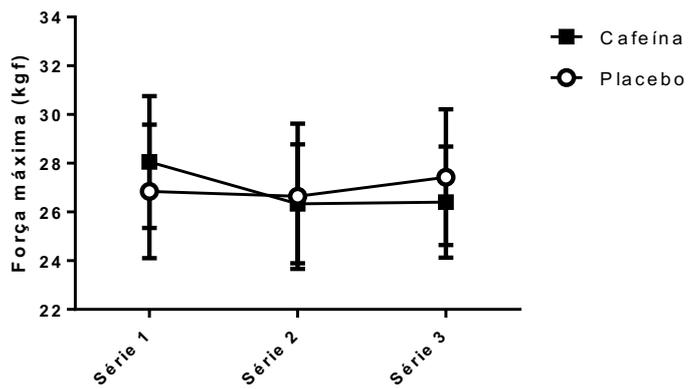


Figura 4: Força máxima de soco aferida em cada série. Efeito principal da série: $P = 0,4534$. Efeito principal da cafeína: $0,9737$. Interação: $0,3666$.

Além disso, a PSE não foi diferente entre as condições cafeína e placebo (Figura 5).

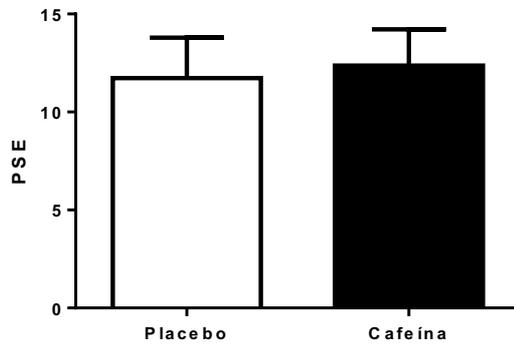


Figura 5: Percepção Subjetiva de Esforço. $P=0,2826$.

Também não houveram diferenças entre as condições cafeína e placebo para a prontidão física (Figura 6A) e mental (Figura 6B) acessadas imediatamente antes da realização do teste.

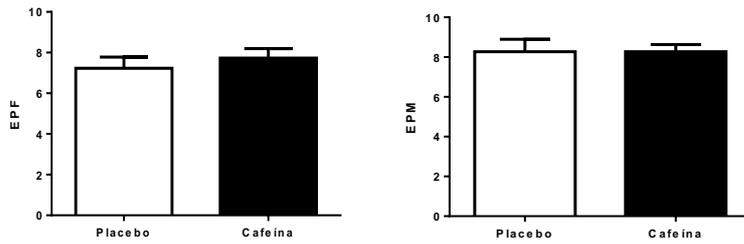


Figura 6: A) Prontidão física ($P = 0,4235$) e B) mental ($P = 0,9999$) para investir no esforço, acessadas imediatamente antes da realização do teste.

5. DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi verificar os efeitos da suplementação de cafeína em atletas de modalidades de combate no desempenho de socos e respostas cognitivas. Os resultados do estudo sugerem que a suplementação de cafeína não exerce papel ergogênico na modalidade estudada, uma vez que nenhuma diferença foi verificada entre as condições placebo e cafeína nas variáveis avaliadas: número de socos totais e por série, força média dos socos, força máxima dos socos, PSE, prontidão física e mental.

No presente estudo, o desempenho dos lutadores não foi melhorado em resposta à ingestão aguda de cafeína. Em nosso conhecimento, nenhum estudo avaliou o efeito da cafeína sobre o desempenho de socos em lutadores. Muitos estudos, desde os anos 1970, tem apontado para um efeito ergogênico da cafeína em atividades contínuas de longa duração (IVY et al, 1979; COSTILL et al, 1978), apesar de estudos mais recentes apontarem também para um efeito de melhoria de desempenho em atividades de força e intermitentes de alta intensidade (como *sprints* repetidos) (DOHERTY et al, 2004; COLLOMP et al, 1992). Entretanto, especialmente no que diz respeito às atividades de alta intensidade, os resultados são conflitantes, uma vez que muitos estudos falharam em demonstrar efeitos positivos da ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho.

Duncan e Oxford (2011) investigaram os efeitos da ingestão de cafeína (5 mg/kg) sobre o desempenho no exercício de força. O grupo suplementado apresentou uma capacidade aumentada de realizar repetições a 60% de 1 RM até a falha concêntrica no exercício supino horizontal, quando comparado ao grupo controle, além de menores níveis de percepção de fadiga e dor. No mesmo sentido, Silva et al (2014) demonstraram que a ingestão de cafeína (5 mg/kg) por indivíduos moderadamente treinados em força resultou na maior capacidade de realização de repetições até a falha concêntrica nos exercícios supino horizontal e *leg press* em séries consecutivas a 80% de 1RM.

Por outro lado, alguns estudos falharam em demonstrar efeitos da ingestão aguda de cafeína sobre o desempenho no treinamento de força. Hendrix e colaboradores (2010) demonstraram que a ingestão de um suplemento contendo cafeína (400 mg) não foi eficaz em melhorar o desempenho em 1 RM nos exercícios supino e *leg press*, ou mesmo no tempo até a exaustão em exercício no cicloergômetro em alta intensidade (80% do VO_2 máx). De forma similar, Green et al (2007) também não encontraram diferenças no teste de repetições máximas no supino e *leg press* em homens e mulheres após a ingestão de 6 mg/kg de cafeína, quando comparado à condição placebo. Revisões publicadas por Davis e Green (2009) e Silva et al (2014) corroboram a existência de resultados conflitantes nos estudos que avaliaram o efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho de exercícios de alta intensidade e curta duração, força, potência ou intermitentes de alta intensidade. Tais discrepâncias podem se dever a diferentes protocolos utilizados

(modalidade, intensidade e duração do esforço), assim como características dos participantes (grau de treinamento e respostas individuais à cafeína).

A utilização da cafeína como recurso ergogênico por lutadores de algumas modalidades de combate foi investigada. Por exemplo, Pereira et al (2010) investigaram o efeito da suplementação de cafeína (6 mg/kg) em atletas de judô utilizando teste específico que consiste na realização de um arremesso característico da modalidade de forma repetida, com a maior velocidade possível por um tempo pré-determinado (o *Special Judo Fitness Test: SJFT*). No estudo, a quantidade de arremessos em cada série, o número total de arremessos, frequência cardíaca foram avaliados, além de um índice que é calculado de acordo com a recuperação da frequência cardíaca após o teste. O número de arremessos totais e por série não diferiram entre as condições cafeína e placebo, assim como não houveram diferenças na frequência cardíaca e no índice específico no teste. Por sua vez, Arazi et al (2016) avaliaram 10 atletas adolescentes ($16,8 \pm 1,23$ anos de idade), do gênero feminino, de karate em força máxima, resistência de força a 60% de 1RM, potência de membros inferiores e *sprints* repetidos (*RAST test*) em três ocasiões, após a ingestão de placebo ou cafeína em duas dosagens (2 e 5 mg/kg). Os autores não encontraram efeitos positivos sobre o desempenho em nenhum dos testes físicos utilizados.

Em dois estudos distintos, Diaz-Lara et al (2016a; 2016b) avaliaram 14 lutadores de jiu-jitsu (em cada estudo) após a ingestão de cafeína (3 mg/kg) ou placebo em diferentes testes: prensão manual, salto contramovimento e testes

de força diversos. Os autores concluíram que a ingestão prévia de cafeína resultou no aumento da força muscular isométrica e dinâmica, resistência de força e potência. É válido ressaltar que, apesar das valências avaliadas pelos autores serem importantes para os lutadores de jiu-jitsu, o desempenho em atividade intermitente de alta intensidade não foi avaliado, o que difere do presente estudo e de Pereira et al (2010).

O estudo de Astley et al (2017) utilizou 18 lutadores jovens de judô (16,1 ± 1,4 anos) que foram submetidos ao protocolo de teste SJFT nas condições placebo ou cafeína (4 mg/kg). Na condição cafeína o número de arremessos aplicados foi superior na condição cafeína quando comparado à condição placebo (29,0 ± 2,6 e 22,1 ± 3,4, respectivamente), demonstrando efeito positivo da ingestão de cafeína sobre o desempenho de jovens lutadores de judô. Apesar do mesmo protocolo de teste utilizado, a amostra (adultos x jovens) foi diferente entre os estudos de Astley et al (2017) e Pereira et al (2010), o que torna difícil fazer comparações entre os resultados.

Devido ao escasso número de estudos que avaliaram o efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho de lutadores, bem como às numerosas diferenças entre os protocolos experimentais e amostra utilizada, ainda é difícil tecer conclusões acerca do potencial ergogênico da cafeína para atletas de artes marciais e esportes de combate.

Diversos mecanismos têm sido propostos para os efeitos ergogênicos da cafeína durante atividades intermitentes de alta intensidade, ou esforços

máximos de curta duração, tanto no sistema nervoso central (SNC) quanto em tecidos periféricos, como o músculo esquelético e o tecido adiposo (SPRIET, 1995; DAVIS et al, 2009).

Os primeiros estudos usando músculos esqueléticos incubados demonstraram que concentrações milimolares de cafeína induzem um efeito ergogenico devido maior mobilização de cálcio pelo retículo sarcoplasmático (LÜTTGAU;OETLIKER, 1968; ROUSSEAU et al. 1988). Esta concentração suprafsiológica pode ser tóxica em humanos (CAPUTO et al, 2012), e é improvável que a maior mobilização de cálcio seja responsável pelo aumento da contratilidade muscular induzida pela cafeína em estudos com humanos. A concentração sanguínea de cafeína em humanos aumenta de 10 para 70 μM após a ingestão de 3 a 9 mg/kg de cafeína (GRAHAM, 2001), sendo que concentrações acima de 500 μM são capazes de gerar efeitos colaterais graves, inclusive morte (FISIONE, 2004). Estudos mais recentes suscitaram novas discussões acerca do tema, uma vez que suportam a idéia de que concentrações micromolares de cafeína podem ocasionar pequeno, mas significativo aumento da potência (de 3 para 6%) na musculatura esquelética isolada (TALLIS et al. 2015). Contudo, o mecanismo na qual a concentração milimolar de cafeína aumenta a contratilidade muscular in vitro ainda não está clara.

Ainda na musculatura esquelética, a cafeína parece estimular a $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPase, regulando as concentrações de sódio e potássio. Além disso, tanto no músculo esquelético quanto no tecido adiposo, estudos também demonstraram que a cafeína é capaz de inibir a enzima fosfodiesterase, aumentando a

concentração de adenosina monofosfato cíclica (AMPc) e a atividade lipolítica (SPRIET, 1995; TARNOPOLSKY, 1994; SINCLAIR; GEIGER, 2000; LIDINGER et al, 1996, HARPAZ et al, 2017). De qualquer forma, estes efeitos também não são evidentes em concentrações fisiológicas (abaixo de 100 μ M) de cafeína (como discutido em GUIMARÃES-FERREIRA et al, 2017).

Costill et al, (1978) apontaram como possível mecanismo do efeito ergogênico da cafeína o aumento da utilização de ácidos graxos livres e a consequente poupança dos estoques corporais de glicogênio. Entretanto, esses dados são controversos, tendo alguns estudos encontrado esse efeito (VAN SOEREN et al, 1998; CHESLEY et al, 1998) enquanto outros não (GRAHAM et al, 1995; GRAHAM, 2001). E ainda, tal efeito, mesmo que presente, não parece explicar a ação ergogênica da cafeína em atividades de curta duração e alta intensidade, uma vez que nessas situações as vias predominantes de geração de energia são anaeróbicas e não utilizam lipídios como substrato energético.

Embora diversos mecanismos locais tenham sido propostos para o aumento do desempenho muscular em resposta a cafeína, como discutido até aqui, uma favorável hipótese envolve o efeito estimulante da mesma no sistema nervoso central (SNC), através dos antagonistas aos receptores de adenosina, particularmente os receptores A1 e A2a (HAWKINS et al, 1988). Este bloqueio resultaria numa diminuição dos efeitos da adenosina no SNC, fazendo com que o corpo tenha uma maior estimulação do estado de alerta e diminuição da percepção de dor, o que poderia resultar na melhoria do desempenho em atividades intensas (ASTORINO et al. 2012). Os efeitos da cafeína (em níveis

fisiológicos, ou seja, aqueles alcançados com a ingestão de doses de até 10 mg/kg) parecem ocorrer no sistema nervoso central (NANCY, 2017).

No presente estudo, a PSE não se mostrou alterada após o teste nas condições placebo e cafeína. A verificação da PSE é possivelmente o método mais utilizado para aferição da carga interna de esforço (resposta fisiológica aguda que ocorre no treinamento). Pode ser entendida como a junção de sinais periféricos e centrais, que quando processados pelo córtex sensorial, gera a percepção global ou de um local específico do esforço para realizar uma atividade (BORG, 1982). Essas alterações geradas pelo esforço geram ajustes fisiológicos que podem alterar a PSE. Podendo ser descrita como a forma através de escala numérica, onde o indivíduo quantifica o empenho realizado. A escala de PSE é aceita pelo Colégio Americano de Ciências do Esporte para monitorar e avaliar a resposta do indivíduo frente ao exercício proposto (ACSM, 2005).

Alguns estudos anteriores reportaram redução da PSE durante esforços de diferentes tipos em resposta à ingestão de cafeína (GRGIC et al, 2017; DUNCAN et al, 2009; DOHERTY et al, 2004), mas nem sempre tal efeito é acompanhado da melhoria do desempenho. Por exemplo, estudo realizado com atletas de judô após protocolo de redução de peso corporal e ingestão de cafeína (6 mg/kg) verificou aumento de cerca de 14,6% da PSE quando comparado à condição placebo. O desempenho do teste anaeróbico de judô, entretanto, não foi melhorado em resposta à cafeína (LOPES-SILVA et al, 2014). Em contrapartida, outros estudos, como o de Glaister et al (2008) e Schneiker et al

Comment [UdWI]: DIMINUIU

(2006) relatam aumento do desempenho sem, entretanto, alterar a PSE, sugerindo que a ingestão de cafeína poderia exercer uma ação de atenuação da percepção do esforço (mais esforço realizado para um mesmo nível de percepção). Portanto, também no tocante ao efeito da ingestão aguda de cafeína sobre a PSE são conflitantes e diferenças nos protocolos experimentais e respostas individuais da amostra podem ser responsáveis por tal fato.

A cafeína apresenta facilidade em atravessar a barreira hematoencefálica por difusão facilitada por suas características hidrofílicas e lipofílicas (McCALL et al, 1982), podendo, assim, alcançar facilmente o SNC. O mecanismo pelo qual a cafeína, sob condições fisiológicas, pode influenciar a PSE, como verificado em alguns estudos, é a inibição dos receptores de adenosina. A adenosina é uma purina com função geral de inibição da atividade neural, reduzindo atividade locomotora, aumentando a percepção de esforço, inibição na liberação de neurotransmissores e hormônios (FISONE et al, 2004). Uma vez que a cafeína atua como inibidor competitivo da adenosina, o aumento de sua concentração no SNC resulta na facilitação da liberação de noraepinefrina, dopamina, acetilcolina, serotonina e GABA, potentes neurotransmissores (DALY, 2007). O resultado é a redução da percepção dolorosa, aumento do estado de vigília e da atividade locomotora espontânea, aumento da taxa de disparo das unidades motoras nos músculos ativos e atenuação da fadiga (SAWYNOK, 1998; McCALL et al, 1982).

Além da PSE, a prontidão mental e prontidão física para o engajamento no exercício também foram utilizadas como ferramentas para mensurar a

resposta psicológica, como sugerido por Tenenbaum et al (2001; 2005). Estudos anteriores relatam que a ingestão de cafeína, na mesma dose utilizada no presente estudo, resultou em aumento da prontidão mental para o esforço, sem, entretanto, alterar a prontidão física. Por exemplo, Silva et al (2015) demonstraram que a ingestão de 5 mg/kg de cafeína 60 minutos antes da realização de séries repetidas de exercícios de força resultou no aumento da prontidão mental em 29%, quando comparado à condição placebo. Em idosos, o mesmo efeito foi observado com dose de cafeína de 3 mg/kg (DUNCAN et al, 2014). Uma diferença notável entre os estudos de Silva et al (2015) e Duncan et al (2014) e o presente diz respeito ao perfil da amostra, especificamente o nível de treinamento dos participantes. Enquanto naqueles os participantes não eram atletas de alto rendimento (indivíduos moderadamente treinados em força e idosos saudáveis, respectivamente), a amostra aqui utilizada foi composta por atletas de alto rendimento do MMA. É possível que isso explique a ausência de efeito da cafeína sobre a prontidão mental nos participantes, uma vez que atletas altamente treinados já apresentam níveis mais altos de excitação (*arousal*), motivação e alerta na prática esportiva (GRAHAM, 2001; LEBLANC et al, 1985; COLLOMP et al, 1992; GRAHAM, SPRIET, 1991).

É conhecido que a resposta à ingestão de cafeína é individual, e podem ocorrer variações na concentração de cafeína no sangue entre indivíduos por conta de variações de peso, sexo, polimorfismos genéticos, especificamente da enzima P-450 (família de proteínas responsável pela metabolização de diversos fármacos a nível hepático) e a presença de doença hepática (MINERS; BIRKETT, 1996). A variabilidade na resposta ao consumo de cafeína entre os

indivíduos, e que pode influenciar na discrepância entre os estudos, pode se dever, ao menos em parte, a polimorfismos no gene da P-450. Pode-se relacionar também ao ciclo circadiano, pois de acordo com Souissi et al (2012), a depender do horário ingerido, a cafeína pode apresentar diferentes efeitos, sendo que quando a ingestão é realizada pela manhã a cafeína parece apresentar efeito ergogênico superior em atletas que possuem hábito de ingerir cafeína. No presente estudo os testes foram realizados no período da tarde. Estudos adicionais serão importantes para compreender o real potencial ergogênico da cafeína para atletas de modalidades de combate.

6. CONCLUSÃO

A ingestão de 5mg/kg de peso de cafeína não foi capaz de alterar o desempenho de socos de atletas de MMA, quando avaliado a frequência de golpes, força média e máxima, PSE e prontidão mental e física para investir no esforço.

REFERÊNCIAS

- ARAZI, H.; HOSEINIHAJI, M.; EGHBALI, E. The effects of different doses of caffeine on performance, rating of perceived exertion and pain perception in teenagers female karate athletes. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 52, n. 4, p. 685-692, 2016.
- ASTLEY, C.; SOUZA, D.; POLITO, M. Acute Caffeine Ingestion on Performance in Young Judo Athletes. **Pediatric exercise science**, v. 29, n. 3, p. 336-340, 2017.
- ASTORINO, T. A.; ROBERSON, D. W. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: a systematic review. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 1, p. 257-265, 2010.
- ASTORINO, T. A. et al. Effect of acute caffeine ingestion on EPOC after intense resistance training. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 51, n. 1, p. 11-7, 2011.
- ALTIMARI, L. R. et al. Cafeína e performance em exercícios anaeróbios. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 17-27, Mar. 2006.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 8th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2010. p. 366.
- BARONE, J. J.; ROBERTS, H. R. Caffeine consumption. **Food and Chemical Toxicology**, v. 34, n. 1, p.119-129, 1996.
- BRAGA, L. C.; ALVES, Mariana Pace. A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de endurance. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 8, n. 3, p. 33-38, 2008.
- BROWN, S.J.; BROWN, J.; FOSKETT, A. The Effects of Caffeine on Repeated Sprint Performance in Team Sport Athletes—A Meta-Analysis. **Sport Science Reviews**, v. 22, n. 1-2, p. 25-32, 2013.
- BELL, D.G.; MCLELLAN, T.M. Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers. **Journal of Applied Physiology**, v.93, p.1227-1234, 2002.
- BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.
- BROUNS, Fred et al. **Essentials of sports nutrition**. John Wiley & Sons, 2003.

- BURKE, L. M. Caffeine and sports performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 33, n. 6, p. 1319-1334, 2008.
- BURKE, L. M. Practical issues in evidence-based use of performance supplements: supplement interactions, repeated use and individual responses. **Sports Medicine**, v. 47, n. 1, p. 79-100, 2017.
- CAPPELLETTI, S. et al. Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug?. **Current Neuropharmacology**, v. 13, n. 1, p. 71-88, 2015.
- CAPUTO, F. et al. Cafeína e desempenho anaeróbio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v.14, n5, p. 602-614, 2012.
- CESAR, M.C. et al. Avaliação da intensidade de esforço da luta de caratê por meio da monitorização da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 24, n.1, p. 73-81, 2002.
- COLLOMP, K. et al. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 64, n. 4, p. 377-380, 1992.
- CONLEE, R. K. Amphetamine, caffeine and cocaine. **Perspectives in exercise science and sports medicine**, v. 4, p. 285-328, 1991.
- COSTILL, D. L. et al. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. **Medicine and science in sports**, v. 10, n. 3, p. 155-158, 1978.
- COX, G. R. et al. Effect of different protocols of caffeine intake on metabolism and endurance performance. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 3, p. 990-999, 2002.
- DALY, J. W. Caffeine analogs: biomedical impact. **Cellular and molecular life sciences**, v. 64, n. 16, p. 2153-2169, 2007.
- DAVIS, J. K.; GREEN, J. Matt. Caffeine and anaerobic performance. **Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p.813-832, 2009.
- DIAZ-LARA, F. J. et al. A moderate dose of caffeine enhances high-intensity actions and physical performance during a simulated Brazilian jiu-jitsu competition. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, p. 2015-0686, 2015.
- DIAZ-LARA, F. J. et al. Caffeine improves muscular performance in elite Brazilian Jiu-jitsu athletes. **European journal of sport science**, v. 16, n. 8, p. 1079-1086, 2016.
- DOHERTY, M. et al. Caffeine lowers perceptual response and increases power output during high-intensity cycling. **Journal of sports sciences**, v. 22, n. 7, p. 637-643, 2004.

DONOVAN, T. et al. β -alanine improves punch force and frequency in amateur boxers during a simulated contest. **International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism**, v.22, n.5, p. 331-337, 2012.

DUNCAN, M.J.; LYONS, M.; HANKEY, J. Placebo effects of caffeine on short-term resistance exercise to failure. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 4, n. 2, p. 244-253, 2009.

DUNCAN, M. J.; OXFORD, S. W. The effect of caffeine ingestion on mood state and bench press performance to failure. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 178-185, 2011.

DUNCAN, M. J. et al. The effect of caffeine ingestion on functional performance in older adults. **The journal of nutrition, health & aging**, v. 18, n. 10, p. 883-887, 2014.

ECHEVERRI, D. et al. Caffeine's vascular mechanisms of action. **International journal of vascular medicine**, v. 2010, 2010.

FISONE, G.; BORGKVIST, A.; USIELLO, Alessandro. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. **Cellular and Molecular Life Sciences CMLS**, v. 61, n. 7-8, p. 857-872, 2004.

FOSKETT, A. et al. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. **International journal of sport nutrition**, v. 19, n. 4, p. 410, 2009.

FOSS, M. L.; KETEYIAN, S.J. **Fox: bases fisiológicas do exercício e do esporte**. Guanabara Koogan, 2000.

GLAISTER, M. et al. Caffeine supplementation and multiple sprint running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 40, n. 10, p. 1835-1840, 2008.

GODDARD, A. **The effects of caffeine on strength and power while on a low carbohydrate diet**. 2014. Tese de Doutorado. Oklahoma State University.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. **Journal of applied physiology**, v. 71, n. 6, p. 2292-2298, 1991.

GRAHAM, T. E. Caffeine and exercise. **Sports medicine**, v. 31, n. 11, p. 785-807, 2001.

GRANT, D. M. et al. Variability in caffeine metabolism. **Clinical Pharmacology & Therapeutics**, v. 33, n. 5, p. 591-602, 1983.

GRGIC, J.; MIKULIC, P. Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. **European Journal of Sport Science**, p. 1-8, 2017.

- GUIMARÃES-FERREIRA et al. **Role of Caffeine in Sports Nutrition**. In: BAGCHI, D. Sustained Energy for Enhanced Human Functions and Activity. London: Academic Press, 2017. 544 p.
- HAHN, C. J. et al. Acute Effects of a Caffeine-Containing Supplement on Anaerobic Power and Subjective Measurements of Fatigue in Recreationally Active Men. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 32, n. 4, p. 1029-1035, 2018.
- HARPAZ, E. et al. The effect of caffeine on energy balance. **Journal of basic and clinical physiology and pharmacology**, v. 28, n. 1, p. 1-10, 2017.
- HASKELL, W.L.; KIERNAN, M. Methodologic issues in measuring physical activity and physical fitness when evaluating the role of dietary supplements for physically active people. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, n. 2, p. 541-550, 2000.
- HAWKINS, M. et al. Effects of chronic administration of caffeine on adenosine A1 and A2 receptors in rat brain. **Brain research bulletin**, v. 21, n. 3, p. 479-482, 1988.
- HENDRIX, C.R. et al. Acute effects of a caffeine-containing supplement on bench press and leg extension strength and time to exhaustion during cycle ergometry. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.24, n.3, p.859-865, 2010.
- HIGDON, J. V.; FREI, B. Coffee and health: a review of recent human research. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 46, n. 2, p. 101-123, 2006.
- IVY, J. L. et al. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on endurance performance. **Pulse**, v. 1620, n. 16.18, p. 1693, 1979.
- JAMES, R. S.; WILSON, R. S.; ASKEW, G. N. Effects of caffeine on mouse skeletal muscle power output during recovery from fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 96, n. 2, p. 545-552, 2004.
- JAMES, R. S. et al. 70 μ M caffeine treatment enhances in vitro force and power output during cyclic activities in mouse extensor digitorum longus muscle. **European journal of applied physiology**, v. 95, n. 1, p. 74-82, 2005.
- KAMIMORI, Gary H. et al. The rate of absorption and relative bioavailability of caffeine administered in chewing gum versus capsules to normal healthy volunteers. **International journal of pharmaceuticals**, v. 234, n. 1-2, p. 159-167, 2002.
- KOT, M.; DANIEL, Wladyslawa A. Caffeine as a marker substrate for testing cytochrome P450 activity in human and rat. **Pharmacological reports**, v. 60, n. 6, p. 789, 2008.
- LEBLANC, JACQUES et al. Enhanced metabolic response to caffeine in exercise-trained human subjects. **Journal of Applied Physiology**, v. 59, n. 3, p. 832-837, 1985.

- LEE, C.; LIN, J.; CHENG, C. Effect of caffeine ingestion after creatine supplementation on intermittent high-intensity sprint performance. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 8, p. 1669-1677, 2011.
- LINDINGER, M.I.; WILLMETS, R.G.; HAWKE, T.J. Stimulation of Na⁺, K⁺-pump activity in skeletal muscle by methylxanthines: evidence and proposed mechanisms. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.156, n. 3, p. 347-353, 1996.
- LOPES-SILVA, J.P. et al. Caffeine ingestion after rapid weight loss in judo athletes reduces perceived effort and increases plasma lactate concentration without improving performance. **Nutrients**, v. 6, n. 7, p. 2931-2945, 2014.
- LOPES-SILVA, J.P. et al. Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. **PLoS one**, v. 10, n. 11, p. e0142078, 2015.
- LOTURCO, I. et al. Predicting punching acceleration from selected strength and power variables in elite karate athletes: a multiple regression analysis. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.28, n. 7, p. 1826-1832, 2014.
- LÜTTGAU, H. C.; OETLIKER, H. The action of caffeine on the activation of the contractile mechanism in striated muscle fibres. **The Journal of physiology**, v. 194, n. 1, p. 51-74, 1968.
- MAGKOS, F.; KAVOURAS, S.A. Caffeine use in sports, pharmacokinetics in man, and cellular mechanisms of action. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 45, n. 7-8, p. 535-562, 2005.
- MCARDLE, W.D.; KATCH, F.I.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 1985.
- MCCALL, A. L.; MILLINGTON, W. R.; WURTMAN, R. J. Blood-brain barrier transport of caffeine: dose-related restriction of adenine transport. **Life sciences**, v. 31, n. 24, p. 2709-2715, 1982.
- MINERS, J. O.; BIRKETT, D. J. The use of caffeine as a metabolic probe for human drug metabolizing enzymes. **General Pharmacology: The Vascular System**, v. 27, n. 2, p. 245-249, 1996.
- NANCY, Y. Yu et al. Acute doses of caffeine shift nervous system cell expression profiles toward promotion of neuronal projection growth. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 11458, 2017.
- O'DONNELL, Jemma May. **Effect of caffeine supplementation on metabolism and physical and cognitive function in female intermittent games players: a thesis presented in partial fulfilment for the requirements of a Master of Science in Human Nutrition at Massey University, Auckland, New Zealand**. 2012. Tese de Doutorado. Massey University.

- PASMAN, W. J. et al. The effect of different dosages of caffeine on endurance performance time. **International journal of sports medicine**, v. 16, n. 4, p. 225-230, 1995.
- PEREIRA, L. A. et al. A ingestão de cafeína não melhora o desempenho de atletas de judô. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 16, n. 3, p. 714-722, 2010.
- PUENTE, C. et al. Caffeine Improves Basketball Performance in Experienced Basketball Players. **Nutrients**, v. 9, n. 9, p. 1033, 2017.
- RAVIER, G. et al. Impressive anaerobic adaptations in elite karate athletes due to few intensive intermittent sessions added to regular karate training. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 19, n. 5, p. 687-694, 2009.
- RAVIER, G.; GRAPPE, F.; ROUILLON, J. D. Application of force-velocity cycle ergometer test and vertical jump tests in the functional assessment of karate competitor. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 44, n. 4, p. 349, 2004.
- RDC, Alimentos para Atletas, 2010. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/394219/RDC%2B18_2010.pdf/d6815465-e99a-477f-bb35-48b1432b380e> Acesso em 5 de março de 18.
- ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; UGRINOWITSCH, C. Treinamento físico: considerações práticas e científicas. **Revista Brasileira de Educação Física e esporte**, São Paulo, v. 25, n. spe, p. 53-65, Dez. 2011.
- SALDANHA, M. et al. Can Caffeine Intake Improve Neuromuscular and Technical-Tactical Performance During Judo Matches? **Journal of strength and conditioning research**, 2018.
- SAWYNOK, J.; YAKSH, T. L. Caffeine as an analgesic adjuvant: a review of pharmacology and mechanisms of action. **Pharmacological reviews**, v. 45, n. 1, p. 43-85, 1993.
- SAWYNOK, J. Adenosine receptor activation and nociception. **European journal of pharmacology**, v.347, n. 1, p. 1-11, 1998.
- SCHNEIKER, K. T. et al. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 38, n. 3, p. 578-585, 2006.
- SILVA, V. L. et al. Efeito da ingestão de cafeína sobre o desempenho no treinamento de força. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 8, n. 43, 2014.
- SILVA, V.L. et al. Effects of exercise intensity on perceived exertion during multiple sets of bench press to volitional failure. **Journal of Trainology**, v. 3, n. 2, p. 41-46, 2014.

SINCLAIR, C. J. D.; GEIGER, J. D. Caffeine use in sports: a pharmacological review. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 40, n. 1, p. 71, 2000.

SOUISSI, M. et al. Effects of time-of-day and caffeine ingestion on mood states, simple reaction time, and short-term maximal performance in elite judoists. **Biological rhythm research**, v. 44, n. 6, p. 897-907, 2013.

SOUZA, D. B. et al. Acute effects of caffeine-containing energy drinks on physical performance: a systematic review and meta-analysis. **European journal of nutrition**, p. 1-15, 2017.

SPRIET, L. L. Caffeine and performance. **International journal of sport nutrition**, v. 5, p. S84-S84, 1995.

SPRIET, L.L. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. **Sports medicine**, v. 44, n. 2, p. 175-184, 2014.

STEPHENSON, P. E. Physiologic and psychotropic effects of caffeine on man. **A review. Journal of the American Dietetic Association**, v. 71, n. 3, p. 240, 1977.

TALLIS, J.; DUNCAN, M. J.; JAMES, R. S. What can isolated skeletal muscle experiments tell us about the effects of caffeine on exercise performance?. **British journal of pharmacology**, v. 172, n. 15, p. 3703-3713, 2015.

TARNOPOLSKY, Mark A. Caffeine and endurance performance. **Sports medicine**, v. 18, n. 2, p. 109-125, 1994.

TENENBAUM, G. et al. Coping with physical exertion and negative feedback under competitive and self-standard conditions. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 31, n. 8, p. 1582-1626, 2001.

TENENBAUM, G. et al. Dispositional and task-specific social-cognitive determinants of physical effort perseverance. **The Journal of psychology**, v. 139, n. 2, p. 139-158, 2005.

TIRAPÉGUI, J, ROSSI, L. Aspectos Atuais Sobre Exercício Físico, Fadiga e Nutrição. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo, 13(1): 67-82, jan./jun. 1999

TREXLER, E.T. et al. Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. **European journal of sport science**, v. 16, n. 6, p. 702-710, 2016.

WADA: **Prohibited list**, 2016. Disponível em: <<https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/wada-2016-prohibited-list-en.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2017.

WARREN, G. L. et al. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: a meta-analysis. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 42, n. 7, p. 1375-1387, 2010.

WOOLF, K.; BIDWELL, W. K.; CARLSON, A. G. The effect of caffeine as an ergogenic aid in anaerobic exercise. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 18, n. 4, p. 412-429, 2008.

YONEDA, M. et al. Theobromine up-regulates cerebral brain-derived neurotrophic factor and facilitates motor learning in mice. **The Journal of nutritional biochemistry**, v. 39, p. 110-116, 2017.

ZBINDEN-FONCEA, H. et al. Effects of Caffeine on Countermovement Jump Performance Variables in Elite Male Volleyball Players. **International journal of sports physiology and performance**, p. 1-20, 2017.