



GUILHERME PEREIRA SABOROSA

**DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA
DE CAFEÍNA INTERFEREM EM PARÂMETROS
NEUROMUSCULARES DURANTE UM TESTE DE
RESISTÊNCIA MUSCULAR?**

**LAVRAS-MG
2023**

GUILHERME PEREIRA SABOROSA

**DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA
INTERFEREM EM PARÂMETROS NEUROMUSCULARES DURANTE UM TESTE
DE RESISTÊNCIA MUSCULAR?**

Dissertação em nutrição e saúde (PNS09)
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Nutrição
e Saúde, para a obtenção do título de
mestre.

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Saborosa, Guilherme Pereira.

Diferentes dosagens da suplementação aguda de
cafeína interferem em parâmetros neuromusculares durante
um teste de resistência muscular? / Guilherme Pereira

Saborosa. - 2023.

93 p.

Orientador(a): Sandro Fernandes da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade
Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Exercício Físico. 2. Nutrição. 3. Desempenho. I. da
Silva, Sandro Fernandes. II. Título.

GUILHERME PEREIRA SABOROSA

**DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA
INTERFEREM EM PARÂMETROS NEUROMUSCULARES DURANTE UM TESTE
DE RESISTÊNCIA MUSCULAR?**

**DO DIFFERENT ACUTE CAFFEINE SUPPLEMENTATION DOSAGES
INTERFERE IN NEUROMUSCULAR PARAMETERS DURING A MUSCULAR
RESISTANCE TEST?**

Dissertação em nutrição e saúde (PNS09)
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Nutrição
e Saúde, para a obtenção do título de
mestre.

APROVADA em 14 de abril de 2023.

Dr. Sandro Fernandes da Silva UFLA

Dr. Bruno Pereira Melo UNITOP

Dr. Francisco de Assis Manoel UFLA

Dr. Sandro Fernandes da Silva
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por este momento, sempre trilhando meu caminho e me dando forças para lutar por meus objetivos e conquistas.

Agradeço também a minha família, em especial ao meu pai e minha mãe (Antônio e Joana) que sempre me apoiaram, sustentaram e orientaram durante todo o mestrado, não me deixando fraquejar e desistir ao longo desse período, sendo minha base e inspiração para tudo, essa conquista é de vocês também. Agradeço, a minha tia Cássia, que sempre esteve me apoiando e me ajudando em todos os momentos durante todo o tempo, me motivando em todas as ocasiões.

Agradeço o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), permitindo a realização do presente trabalho. Agradeço a todo corpo docente que contribuiu para minha formação, com as disciplinas e discussões que me auxiliaram a chegar neste momento. Com uma atenção muito especial, agradeço imensamente ao professor Dr. Sandro Fernandes da Silva, por toda sua orientação, não apenas para as atividades desenvolvidas no mestrado, mas também para a vida. Toda sua paciência e ensinamentos me fizeram crescer muito, e contribuíram com todas as conquistas ao longo de toda a pós-graduação, assim como foi na graduação.

Aos meus queridos amigos, agradeço por sempre estarem presentes no meu dia a dia, sendo um apoio para os momentos bons e principalmente os difíceis. Dentre um deles, agradeço ao Raphael Dinalli, a quem caminhou juntamente a mim em todas as etapas do mestrado, me ajudando com as coletas de dados e com todas as outras atividades desenvolvidas.

Por fim, agradeço ao grupo GEPREN e todos os seus integrantes. Este grupo é uma parte especial de tudo que aconteceu ao longo desses dois anos. Todas as discussões, coletas, trabalhos desenvolvidos e brincadeiras que este grupo proporcionou me fizeram crescer e ser extremamente grato a vocês, obrigado GEPREN! UMA VEZ GEPREN, SEMPRE GEPREN!

EPIGRAFE

“Aprendi desde menino que tudo na vida a gente consegue com luta e dignidade: correr com as pernas, aguentar com o coração, vencer com a cabeça”

Vanderlei Cordeiro de Lima

RESUMO

Introdução: A cafeína é considerada um dos principais recursos ergogênicos nutricionais (REN) que partir de doses entre 3 – 6 mg.kg⁻¹ promovem diferentes ações, principalmente no sistema nervoso central, inibindo os receptores de adenosina, melhorando o desempenho físico, se tornando um auxílio importante promovendo a melhora de respostas neuromusculares em um exercício resistido, potencializando o desempenho e capacidade trabalho. **Objetivo:** Verificar os efeitos de diferentes doses (210 mg e 420 mg) da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho de resistência muscular, concentração de glicose, capacidade e ativação neuromuscular. **Metodologia:** A partir de um ensaio clínico randomizado e duplo-cego, participaram do estudo 11 participantes (25,7 ± 5,9 anos; 71,1 ± 11,0 Kg; 170,72 ± 6,6 cm; 12,49 ± 3,8 %G) do sexo masculino, com experiência prática no TR. Foram realizadas 6 visitas presenciais. A 1° visita foi dívida em: glicose pré, avaliação de medidas antropométricas, espessura muscular do Peitoral Maior (PM), Recordatório Alimentar 24horas (R24H), teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) identificando o pico da Eletromiografia (EMG) do PM na sua porção clavicular e esternal, além do teste de uma repetição Máxima (1RM), e a glicose pós-teste. Em todas as visitas analisou-se a glicose pré e pós-teste, a espessura muscular, o R24H e a EMG. Após 48horas foi realizado a 2° visita com o teste de resistência muscular no supino reto com 80% de 1RM. Todas as outras visitas foram idênticas. A 3°, 4°, 5° e 6° visita contaram com a suplementação cafeína e/ou placebo em cápsulas 60 minutos pré-teste de resistência muscular. A cafeína contava com uma dose baixa (CB) de 210 mg e uma alta (CA) com 420 mg, já o placebo baixo (PB) era de 230 mg e o alto (PA) de 460 mg. A 3° visita aconteceu 48horas após a 2°, já a 4°, 5° e a 6° ocorreram 7 dias após a anterior. Foi utilizada a estatística descritiva. A ANOVA Two-Way para a comparação entre as condições com um nível de significância de $p < 0,05$, a magnitude de variação e o delta de variação foram utilizados. O teste T pareado foi usado para comparar os grupos e os momentos pré e pós-teste. **Resultados:** O número de repetições mostrou um aumento em todas as condições comparados ao BA, sem diferenças significativas ($p > 0,05$). A CB e o PA alcançaram as maiores médias de repetições (CB: 12,09 ± 3,33 *reps*; PA: 12,27 ± 2,72 *reps*), onde o grupo Fibras tipo II mostrou uma maior sensibilidade à cafeína A espessura muscular foi maior ($p < 0,05$) em todas as condições no momento pós-teste. Já a resposta glicêmica mostrou uma redução significativa ($p < 0,05$) pós-teste para as condições BA, PB e PA. **Conclusão:** Conclui-se que a cafeína influenciou no desempenho do teste de resistência muscular. Os resultados mostraram que sua suplementação teve uma maior influência nas fibras tipo II, promovendo uma maior ativação. Pensando na prática do TR, a suplementação de cafeína se mostrou um suplemento atraente para o desempenho.

Palavras-chaves: Cafeína; Treinamento resistido; Eletromiografia; Resistência muscular.

ABSTRACT

Introduction: Caffeine is considered one of the main nutritional ergogenic resources (REN) that from doses between 3 – 6 mg.kg⁻¹ promote different actions, mainly in the central nervous system, inhibiting adenosine receptors, sports physical performance, becoming an important aid promoting the improvement of neuromuscular responses in a resistance exercise, enhancing performance and work capacity. **Objective:** To verify the effects of different doses (210 mg and 420 mg) of acute caffeine supplementation on muscular endurance performance, glucose concentration, capacity and neuromuscular activation. **Methodology:** Based on a randomized, double-blind clinical trial, 11 participants (25.7 ± 5.9 years; 71.1 ± 11.0 Kg; 170.72 ± 6.6 cm; $12.49 \pm 3.8\%$ F) male, with practical experience in RT. Six face-to-face visits were carried out. The 1st visit was due to: pre-glucose, assessment of anthropometric measurements, muscle thickness of the Pectoralis Major (PM), 24-hour Food Recall (R24H), Maximum Isometric Voluntary Contraction Test (CVIM) identifying the peak of the Electromyography (EMG) of PM in its clavicular and sternal portion, in addition to the one repetition Maximum test (1RM), and post-test glucose. In all visits, pre- and post-test glucose, muscle thickness, 24HR and EMG were analyzed. After 48 hours, the 2nd visit was performed with the muscular endurance test in the bench press with 80% of 1RM. All other visits were satisfied. The 3rd, 4th, 5th and 6th visit had caffeine supplementation and/or placebo in capsules 60 minutes pre-test of muscular endurance. Caffeine had a low dose (LC) of 210 mg and a high dose (CA) of 420 mg, whereas the low placebo (PB) was 230 mg and the high (PA) 460 mg. The 3rd visit known as Baseline (BA) took place 48 hours after the 2nd, while the 4th, 5th and 6th occurred 7 days after the previous one. Descriptive statistics were used. Two-Way ANOVA for comparison between conditions with a significance level of $p < 0.05$, magnitude of variation and delta of variation were used. The paired t-test was used to compare groups and pre- and post-test times. **Results:** The number of repetitions showed an increase in all conditions compared to BA, without significant differences ($p > 0.05$). The AC and PA reached the highest averages of repetitions (CB: 12.09 ± 3.33 reps; PA: 12.27 ± 2.72 reps), where the Fiber type II group showed a greater sensitivity to caffeine. was higher ($p < 0.05$) in all conditions at the post-test moment. The glycemic response showed a significant reduction ($p < 0.05$) after the test for conditions BA, PB and PA. **Conclusion:** It is concluded that caffeine influenced the performance of the muscular endurance test. The results liked that their supplementation had a greater influence on type II fibers, promoting greater activation. Thinking about the practice of RT, caffeine supplementation proved to be an attractive supplement for performance.

Keywords: Caffeine; Resistance training; Electromyography; Muscular endurance.

LISTA DE ABREVIACOES

REN – Recursos Ergogênicos Nutricionais

SNC – Sistema Nervoso Central

TR – Treinamento Resistido

UMs – Unidades Motoras

SR – Supino Reto

PM – Peitoral Maior

EMG – Eletromiografia

R24H – Recordatório Alimentar 24horas

Hz – Hertz

CVIM – Contrao Voluntária Isométrica Máxima

CTT – Carga Total de Trabalho

1RM – Uma Repetio Máxima

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Reps – Repetições

mm – milímetros

cm – centímetros

EMGcvm – Eletromiografia normalizada pela CVM

EMGhz – Frequência média de vibrações

mg – Miligramas

mg.kg⁻¹ – Miligramas por quilogramas de peso corporal

g/kg – Gramas por quilogramas

Ua – Unidades Arbitrárias

%G – Percentual de Gordura

Kg – Quilogramas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho experimental do estudo	21
Figura 2 – Procedimentos do teste de 1RM	33
ARTIGO 1	
Figura 1 – Desenho experimental	45
Figura 2 – Número de repetições do teste de resistência muscular	49
Figura 3 – Magnitude de variação do número de repetições	50
Figura 6 – Carga total de trabalho do teste de resistência muscular	51
Figura 7 – Espessura pré pós-teste de resistência muscular	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 (figura 2a) – N° de repetições geral do grupo.....	49
Gráfico 2 (figura 2b) – Fibras Tipo I	49
Gráfico 3 (figura 2c) – Fibras Tipo II	49
Gráfico 4 (figura 3a) – Magnitude de repetições geral	50
Gráfico 5 (figura 3b) – Fibras Tipo I	50
Gráfico 6 (figura 3c) – Fibras Tipo II	50
Gráfico 7 (figura 4a) – CTT geral do grupo	51
Gráfico 8 (figura 4b) – CTT Fibras Tipo I e Tipo II	51
Gráfico 9 (figura 5a) – Espessura pré e pós do grupo	52
Gráfico 10 (figura 5b) – Espessura pré e pós Fibras Tipo I	52
Gráfico 101 (figura 5c) – Espessura pré e pós Fibras Tipo II	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas antropométricas	20
ARTIGO 1	
Tabela 1 – Características dos participantes	44
Tabela 2 – Perfil alimentar	49
ARTIGO 2	
Tabela 1 – Consumo alimentar	68
Tabela 2 – Número de repetições	69
Tabela 3 – Delta de variação do número de repetições	69
Tabela 4 – Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção clavicular)	70
Tabela 5 – Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção esternal)	71
Tabela 6 – Delta de variação do peitoral maior (porção clavicular)	72
Tabela 7 – Delta de variação do peitoral maior (porção esternal)	72
Tabela 8 – Glicemia pré e pós-teste	73

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	19
2.1	Geral.....	19
2.2	Específicos.....	19
3	METODOLOGIA.....	19
3.1	Tipo de pesquisa.....	19
3.2	Comitê de Ética.....	20
3.3.1	Participantes.....	20
3.4	Delineamento experimental.....	21
3.4.3	Segunda visita:.....	24
3.4.4	Terceira visita:.....	24
3.4.5	Quarta visita:.....	25
3.4.6	Quinta visita:.....	25
3.4.7	Sexta Visita.....	26
3.5.3	Distribuição da suplementação:.....	27
3.6	Análise Estatística.....	34
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*.....	40
	ARTIGO I – EFEITOS DAS DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NAS RESPOSTAS NEUROMUSCULARES.....	41
1	INTRODUÇÃO.....	43
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
2.1	Amostra.....	44
2.2	Desenho experimental.....	44
2.3	Protocolos de procedimentos.....	45

2.3.1	Antropometria.....	45
2.3.2	Mensuração da espessura muscular.....	46
2.3.3	Recordatório alimentar 24 horas (R24H).....	46
2.3.4	Suplementação.....	46
2.3.5	Teste de uma repetição máxima (1RM).....	47
2.3.6	Teste de resistência muscular	47
2.3.7	Carga total de trabalho (CTT).....	48
2.3.8	Análise Estatística	48
3	RESULTADOS	48
3.1	Resistência Muscular	49
3.2	Magnitude de variação do número de repetições.....	49
3.3	Carga total de trabalho (CTT).....	50
3.4	Espessura muscular	51
4	DISCUSSÃO	52
5	CONCLUSÃO	56
	REFÊRENCIAS	57
	ARTIGO II - INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E NA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE DURANTE A PRÁTICA DO EXERCÍCIO RESISTIDO	60
1	INTRODUÇÃO	62
2	MATERIAIS E MÉTODOS	63
2.1	Amostra.....	63
2.2	Desenho experimental.....	64
2.3	Protocolos de procedimentos	64
2.3.1	Antropometria.....	64
2.3.2	Recordatório alimentar 24 horas (R24H).....	65
2.3.3	Suplementação.....	65

2.3.4	Teste de uma repetição máxima (1RM).....	65
2.3.5	Teste de resistência muscular	66
2.3.6	Eletromiografia (EMG).....	66
2.3.7	Glicemia	67
2.3.8	Análise Estatística	67
3	RESULTADOS	68
3.1	Teste de resistência muscular	68
3.2	Variáveis eletromiográficas.....	69
3.3	Glicose	72
4	DISCUSSÃO.....	73
5	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	79
	CONCLUSÃO GERAL DO ESTUDO	65
	APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	84
	ANEXO 1 – Questionário de avaliação dos efeitos colaterais apresentados pela suplementação.	87

PRIMEIRA PARTE

A primeira parte conta com a introdução, os objetivos e a metodologia completa do estudo, para que posteriormente os resultados possam ser apresentados em uma segunda parte.

1 INTRODUÇÃO

O desempenho de atividades esportivas ou simplesmente da prática de exercícios físicos podem ser influenciados a partir da utilização de recursos ergogênicos. O termo “ergogênico” significa: “visando a aumentar trabalho”, e no contexto esportivo, o auxílio ergogênico é considerado qualquer método farmacológico ou de treinamento, além de dispositivos mecânicos, práticas nutricionais e condutas psicológicas que buscam melhorar o desempenho de um exercício (KREIDER et al., 2010).

O uso de práticas nutricionais se tornou fundamental para otimizar os processos adaptativos promovidos pelo treinamento, mas também, por auxiliar na melhora dos resultados desportivos. Essas práticas são definidas como Recursos Ergogênicos Nutricionais (REN) e são encontradas, por exemplo, em alguns macronutrientes e estimulantes (KROWCHUK, 1989). A finalidade do REN se baseia em aumentar a eficiência mecânica, a força mental e a potência física, sendo capaz de manter por mais tempo a força e a resistência muscular durante um exercício físico (GONÇALVES RIBEIRO et al., 2017; LUZIA et al., 2017). Dentre os principais tipos de REN encontramos a cafeína, destacando-se como uma substância frequentemente consumida por atletas de alto rendimento e por praticantes de atividades físicas (DIAZ-LARA et al., 2016; GRGIC et al., 2019). Maughan et al (2018) descreveram que a cafeína é considerada um suplemento com determinante evidência na melhora do desempenho, apresentando-a como uma substância de alta comprovação científica.

A cafeína é altamente consumida por toda a população, podendo ser encontrada em diferentes tipos de alimentos, bebidas e na sua forma isolada (BURKE, 2008; HECKMAN; WEIL; DE MEJIA, 2010). Ela está presente em folhas, frutos e sementes de várias plantas, reconhecendo que a maior parte de seu consumo acontece através do café. Bebidas energéticas também apresentam altas concentrações de cafeína, estando presente nos padrões alimentares diários de diferentes pessoas, incluindo os atletas (BURKE, 2008; MCLELLAN; CALDWELL; LIEBERMAN, 2016). Conhecida quimicamente como 1,3,7-Tripmetilxantina, a cafeína é um alcaloide da metilxantina que apresenta uma alta ação estimulante nas funções cerebrais e psicomotores (COLLADO-MATEO et al., 2020).

Após sua ingestão, a cafeína é absorvida rapidamente pelo trato gastrointestinal através do intestino delgado e do estômago. A substância apresenta uma capacidade altamente

resistente ao efeito hepático de primeira passagem, onde o fígado parece não apresentar uma capacidade de inativar a substância na medida em que acontece a transição do intestino para a circulação geral. Essas reações são confirmadas pela semelhança da concentração plasmática quando a substância é administrada por via oral ou intravenosa (PICKERING; GRGIC, 2019b; SUVI et al., 2017), determinando uma biodisponibilidade de quase 100% na corrente sanguínea (BLANCHARD; SAWERS, 1983). Seu pico máximo de concentração na circulação sanguínea ocorre dentro de 30 a 120 minutos, levando em consideração a taxa de metabolismo e degradação da cafeína que se difere entre os indivíduos através de influências ambientais, genéticas e nutricionais (GUEST et al., 2021). Quando a cafeína está presente na corrente sanguínea e de imediato é distribuída por todo o corpo, ela apresenta uma alta capacidade de atravessar as diferentes barreiras biológicas dos tecidos alvos, em especial, a barreira hematoencefálica para exercer seus efeitos (ARGUEDAS-SOLEY et al., 2022).

A meia vida da cafeína após a sua ingestão dura cerca de 3 a 5 horas, interagindo com os tecidos alvos até a substância não ser capaz de produzir nenhum tipo de ação (MCLELLAN; CALDWELL; LIEBERMAN, 2016). O seu processo de metabolização ocorre diretamente no fígado, onde sua degradação é iniciada a partir da remoção dos grupos metil 1 e 7 através da ação do citocromo P450 1A2, resultando em três grupos de metilxantinas (Teofilina, Teobromina e Paraxantina). Considera-se que a Paraxantina tem a maior representação metabólica em humanos. O cérebro e os rins podem auxiliar o processo de metabolização de maneira indireta, a partir da sintetização do citocromo P450 1A2 (ALTERMANN et al., 2008). Quando a mesma é degradada na forma de coprodutos ela será excretada diretamente pela urina (ALTIMARI et al., 2001).

Para que ocorra benefícios potenciais no exercício físico a partir da cafeína, considera-se sua suplementação, através de diferentes formas, como: cápsulas, em pó, barras, goma de mascar e entre outros (TALLIS; GUIMARAES-FERREIRA; CLARKE, 2022). Porém, a quantidade da substância deve ser bem estabelecida para que não ocorra efeitos colaterais e negativos. As doses adequadas propostas atualmente para que ocorra efeitos positivos variam entre 3 – 6 mg.kg⁻¹, ou até mesmo doses maiores de 9 mg.kg⁻¹ dependendo do exercício, mas quase nunca utilizada (GUEST et al., 2021; MAUGHAN et al., 2018; PICKERING; GRGIC, 2019a).

Após realizar suplementação, a cafeína irá exercer ações centrais e periféricas. A atividade principal da cafeína ocorre no Sistema Nervoso Central (SNC), onde ela irá agir como um estimulante antagonista não seletivo dos receptores de adenosina centrais e periféricos (A1, A2A, A2B e A3), ou seja, bloqueando estes receptores e acelerando a atividade neural. A

caféina apresenta uma semelhança estrutural molecular com a adenosina, fazendo com que ela seja capaz de se ligar aos receptores de adenosina, bloqueando-os e permitindo uma maior liberação de alguns neurotransmissores que irão processar diferentes ações nos tecidos, como: acetilcolina, dopamina, adrenalina (epinefrina) e outros (GUEST et al., 2021). O SNC como alvo principal da caféina, sofrerá alteração no desempenho físico e mental, influenciando a taxa de disparos das Unidades Motoras (UMs) e a supressão da dor (BLACK; WADDELL; GONGLACH, 2015; GONGLACH et al., 2016).

Para os exercícios de *endurance* a ação da caféina já vem sendo bem estabelecida na literatura, demonstrando resultados positivos. Em uma revisão realizada por Guest et al (2021) é proposto que a suplementação de caféina com doses entre 3 a 6 mg.kg⁻¹ melhora cerca de 2% a 4% o desempenho em exercícios de *endurance*. Um dos motivos que explicam essa melhora de rendimento é a maior oxidação de ácidos graxos induzida pela adrenalina durante a realização do exercício, e conseqüentemente uma maior preservação de glicogênio muscular (CHESLEY et al., 1998; RUIZ-MORENO et al., 2021). Visando o Treinamento Resistido (TR) ainda existem poucas informações que mostram o benefício causado a partir da suplementação da caféina.

O TR é conceituado como um treinamento que caracteriza a aplicação de sobrecarga progressiva, envolvendo um ou mais segmentos corporais. Este tipo de treinamento engloba diferentes tipos de exercícios que podem ser realizados com a utilização de equipamentos, pesos livres e com o próprio peso corporal. A função do TR é propor uma resistência, fazendo com que o praticante trabalhe contra uma força oposta, determinando que a musculatura se movimente ou tente se movimentar (KRAEMER; FLECK, 2017). A utilização do TR tem como funções importantes, a redução do percentual de gordura (%G), a melhora do desempenho físico e principalmente o ganho de força muscular e o aumento dos níveis hipertróficos (KRZYSZTOFIK et al., 2019). Para a prática do TR a suplementação de caféina pode proporcionar efeitos benéficos, promovendo o aumento na força e prorrogando o período de contração do músculo esquelético (OLORUNSHOLA; ACHIE, 2011). Essa melhora pôde ser vista no estudo de Bowtell et al (2018) que demonstraram um aumento total do tempo durante as 5 séries de extensão de joelho unilateral até a falha concêntrica com a suplementação de caféina (6 mg.kg⁻¹), promovendo uma maior resistência muscular. Já no estudo (TREXLER et al., 2016) os autores encontraram aumentos significativos ($p < 0,05$) no número de repetições e na carga levantada, para exercícios de membros inferiores e superiores.

Algumas das ações da caféina que justificam esse efeito ergogênico na resistência e na força muscular, estariam ligados a maior liberação de acetilcolina, ao aumento da

disponibilidade de cálcio miofibrilar liberando seus íons para o sarcoplasma, na atividade da bomba sódio/potássio aumentando o acoplamento nos sarcômeros e sua influência no recrutamento das UMs, resultando em uma contração muscular mais eficiente (GRGIC et al., 2019; GUEST et al., 2021). A cafeína também pode promover o aumento da temperatura corporal, elevando os níveis de contratilidade muscular (RACINAIS et al., 2005).

Para analisar o desempenho de exercícios resistidos, são utilizados diferentes tipos de testes voltados para investigar a força e a resistência muscular. Estudos (DAHMANE et al., 2005; HALL et al., 2021; RUSU et al., 2013) vem utilizando testes indiretos, como, o teste de resistência muscular, para estimar indiretamente a proporção das fibras musculares, determinando a resistência do músculo esquelético. As fibras musculares podem ser divididas em fibras do tipo I que apresentam propriedades de contração lenta e são altamente resistentes a fadiga, além das fibras do tipo II que apresentam uma contração rápida e pouca resistência ao tempo de contração (HALL et al., 2021; LIEVENS et al., 2020). Sabe-se então, que as respostas neuromusculares provocadas pelo TR são individuais, podendo sofrer influência devido a heterogeneidade da composição das fibras musculares, interferindo diretamente no desempenho do exercício físico (AHMETOV; VINOGRADOVA; WILLIAMS, 2012).

Sendo assim, utilizar diferentes tipos de testes para analisar as características musculares se faz necessário. Avaliar a resistência muscular é de grande importância para que se possa prescrever o TR de maneira correta e identificar as diferentes respostas voltadas ao exercício. Muitos dos praticantes do TR fazem o uso da suplementação de cafeína para melhorar o desempenho e possivelmente alcançar seus objetivos (GRGIC et al., 2019). Mas, sabemos que a cafeína está bem descrita e utilizada em exercícios de longa duração, onde, para o TR, os possíveis benefícios e ações da substância ainda não são bem elucidados. Outro ponto em questão, é identificar como as diferentes doses podem influenciar o desempenho dos exercícios resistidos, colocando em pauta a diversidade das doses ingeridas pelos praticantes do TR. Portanto, como a cafeína estimula o SNC causando o aumento de força e resistência muscular, proporcionando assim a redução momentânea da fadiga, imagina-se que ação aguda pode ser capaz de interferir no aumento do número de repetições, ativação neuromuscular e respostas metabólicas em um teste de resistência muscular até a falha concêntrica, que pode ser usado para determinar indiretamente os tipos e a predominância de fibras musculares.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos de diferentes doses (210 mg e 420 mg) da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho de resistência muscular, concentração de glicose, capacidade e ativação neuromuscular.

2.2 Específicos

- Verificar se as diferentes doses da suplementação de cafeína ou placebo proposta em cada teste promovem o aumento do número de repetições em um teste indireto de resistência muscular.
- Avaliar e comparar a ativação Eletromiográfica do músculo peitoral maior (PM) na sua porção clavicular e esternal após a suplementação de cafeína ou placebo.
- Avaliar se o desempenho do teste de resistência muscular interfere na espessura aguda do músculo.
- Avaliar se a suplementação de cafeína é capaz de interferir na resposta glicêmica imediatamente após o teste de resistência muscular.

3 METODOLOGIA

A cafeína é capaz de promover melhoras na força e resistência muscular, influenciando diretamente o SNC o que irá refletir seus efeitos no potencial de ação e assim possivelmente alterar as respostas neuromusculares (ALTIMARI et al., 2006; KALMAR; CAFARELLI, 1999; OLORUNSHOLA; ACHIE, 2011). Sendo assim, a intenção deste estudo foi: demonstrar os efeitos da suplementação de cafeína como um REN na resistência, capacidade e ativação neuromuscular durante a realização de um teste de resistência muscular que tem como função, também, estimar indiretamente a proporção de fibras musculares. O atual estudo realizou e seguiu os seguintes métodos e etapas:

3.1 Tipo de pesquisa

O presente estudo quanto a sua abordagem é classificado como uma investigação quantitativa, experimental e de caráter descritivo. Sua intervenção trata-se de um ensaio clínico randomizado e duplo-cego, com procedimentos laboratoriais. Os métodos e meios de segurança, foram estabelecidos em todos os momentos para os participantes e avaliadores. Um pesquisador independente ficou responsável em realizar o cegamento das substâncias usadas. A partir do conhecimento dos resultados foi possível estabelecer e determinar como as diferentes doses de um recurso ergogênico pode ou não ter influenciado o desempenho de um teste.

3.2 Comitê de Ética

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética a partir de um projeto com o título de pesquisa em: Suplementos nutricionais e as respostas a distintos programas de atividade física (COEP, n°. CAAE 20221419.7.0000.5148), seguindo a declaração de Helsinque.

3.3 Amostra

3.3.1 Participantes

Fizeram parte do estudo 11 participantes do sexo masculino ($25,7 \pm 5,9$ anos) que apresentavam experiência prática no TR ($7,5 \pm 3,8$ anos). O poder da amostra apontou um resultado igual a 0,95, assegurando a probabilidade de se observar o efeito da intervenção utilizada no grupo. Os participantes que aceitaram fazer parte do estudo realizaram todas as etapas propostas, sem apresentar nenhum tipo de restrição e limitação quanto aos procedimentos. Os resultados antropométricos de toda a amostra do estudo estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Medidas antropométricas

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	VALOR
Peso (kg)	$71,1 \pm 11,0$
Estatura (cm)	$170,72 \pm 6,6$
%G (%)	$12,49 \pm 3,8$
Massa magra (kg)	$62,40 \pm 11,0$
Gordura livre (kg)	$8,75 \pm 2,4$
IMC	$24,36 \pm 2,2$

Legenda: %G - Percentual de gordura; Massa magra (Massa Magra = PESO - GORDURA LIVRE); Gordura livre (PESO(%G/100)); IMC - Índice de massa corporal.*

3.3.2 Critérios de inclusão

Para que pudéssemos apresentar uma amostra com características homogêneas, foram pré-determinados alguns critérios de inclusão aos participantes antes mesmo do início do estudo, como:

- Aqueles que tinham disponibilidade em realizar as visitas presenciais ao laboratório para as coletas, nas datas e nos horários determinados;
- Aqueles que apresentavam um período mínimo de 1 ano na prática do TR e que tinham uma frequência semanal mínima de treinos igual a 3 dias;
- Que apresentavam idade superior aos 18 anos;
- Aqueles que não apresentavam nenhum tipo de lesão musculoesquelética ou limitações para a realização do teste de resistência muscular, como: limitação de amplitude ou lesões em músculos e articulações que envolvem o movimento;

- Aqueles que estavam aptos a realizarem a suplementação de cafeína sem nenhum tipo de advertência ou risco quanto a saúde dos mesmos;
- Aqueles que não realizavam a suplementação crônica de cafeína (consideramos a cafeína isolada, utilizada como REN).

3.3.3 Critérios de exclusão

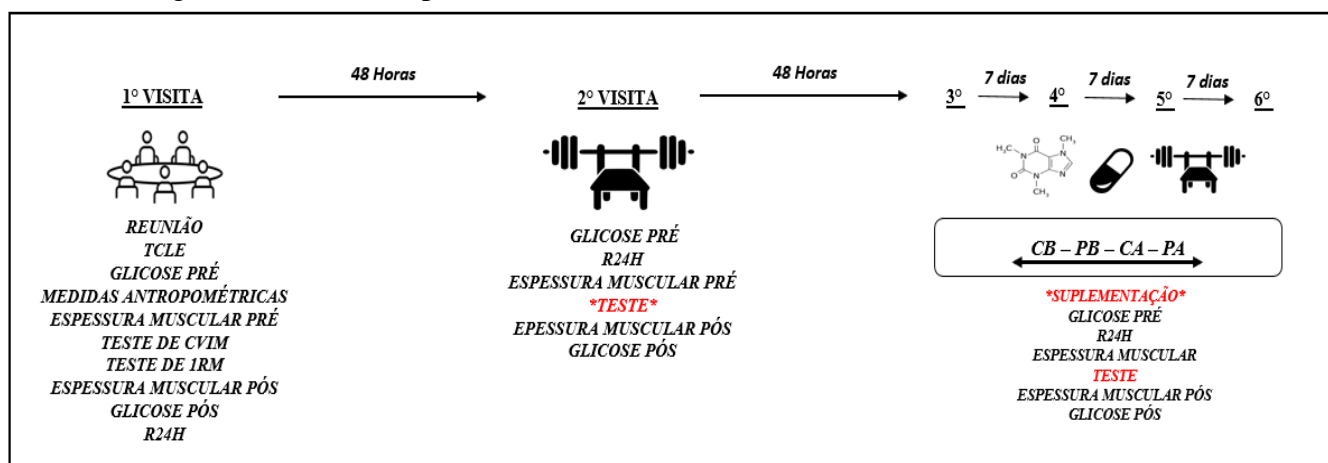
Foram estabelecidos também alguns critérios de exclusão anteriormente ao início da coleta, como:

- Aqueles participantes que não se apresentassem na data determinada da visita;
- Aqueles que não seguissem corretamente as exigências propostas durante o desenvolvimento do estudo, como: seguir as recomendações de acordo com Recordatório Alimentar 24 horas (R24H) e ficar isento de treinar membros superiores 24 horas pré-visita;
- Aqueles que não podiam realizar a suplementação de cafeína, por algum motivo maior;
- Aqueles que faziam o uso com frequência de suplementos estimulantes ou bebidas energéticas que apresentassem uma alta concentração de cafeína;
- Aqueles que fossem portadores de doenças crônicas não transmissíveis.

Lembrando que não consideramos a cafeína presente nos alimentos consumidos no dia a dia, e sim a suplementação de forma isolada e/ou algum tipo de estimulante que atuava de forma ergogênica semelhante à substância em estudo na melhora do desempenho de um exercício físico.

3.4 Delineamento experimental

Figura 1- Desenho experimental do estudo



Legenda: TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; Glicose pré - Glicose pré-teste de resistência muscular; Glicose pós - Glicose pós-teste de resistência muscular; Teste de CVIM - Teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima; Teste de IRM - Teste de uma repetição máxima; R24H - Recordatório Alimentar 24 horas; *Teste* - Teste de Resistência Muscular + EMG; *Suplementação* - Suplementação de Cafeína (210mg e 420mg) ou de Placebo (230mg ou 460mg); 48 horas - Intervalo entre uma visita a outra; 7 dias - intervalo entre uma visita a outra; 3º - Terceira visita; 4º - Quarta visita; 5º - Quinta visita; 6º - Sexta visita;

Os procedimentos do estudo foram realizados todos no laboratório LEMOH (Laboratório de Estudos do Movimento Humano) localizado no departamento de Educação Física da Universidade Federal de Lavras (DEF – UFLA). A escolha do laboratório como local para a realização dos métodos ocorreu devido à disponibilidade dos materiais necessários para fazer as avaliações e os testes. A temperatura ambiente também contou com suas devidas importâncias, pois, era um local fechado e contava com um ar-condicionado (PHILCO 9000Btus KOS 09FC 3LX) para a climatização do mesmo. Seguindo as recomendações da ANVISA (Resolução – RE n° 9, de 16 de janeiro de 2003), que estabelece uma temperatura ideal para ambientes fechados entre 20°C e 26°C de acordo com a estação do ano, a manutenção da temperatura ficou por volta de 23°C para o conforto de todos. Os horários das visitas foram sempre realizados de acordo com a primeira visita, para que as outras 5 acontecessem no mesmo horário (se o participante realizou a primeira visita as 8 horas da manhã, todas as outras seriam realizadas as 8 horas da manhã) respeitando o intervalo de uma visita a outra, lembrando que os horários eram aplicados particularmente e não de forma geral. Todas as visitas ocorreram individualmente, com apenas um 1 participante dentro do laboratório para que as etapas fossem melhor aplicadas e para que não ocasionasse aglomeração ao local, respeitando assim as medidas de segurança devido à pandemia da Covid-19. As etapas e procedimentos estão descritos a seguir para cada visita realizada.

3.4.1 Ajustes e estudo piloto

Antes do início de toda a metodologia foi realizada uma coleta considerada piloto, onde os dados não foram inseridos no atual estudo, servindo apenas para ajustar os detalhes de cada procedimento. Após este ajuste inicial, foram realizadas 6 visitas sempre de forma presencial. Sendo assim, as coletas se iniciaram apenas quando os participantes se disponibilizaram a fazer parte do estudo, estando em total conhecimento do que se tratava o objetivo e a proposta do mesmo. As etapas e procedimentos de cada visita foram as seguintes:

3.4.2 Primeira visita:

A primeira visita foi determinada como o primeiro contato de forma presencial que os avaliadores realizaram com os participantes, sendo identificada como visita de caracterização. Em um primeiro momento foi realizada uma breve reunião com todos. A reunião de uma forma sucinta e direcionada teve como objetivo a explicação de tudo aquilo que o estudo pretendia encontrar e realizar, desde os objetivos até os procedimentos de cada visita. Durante a reunião realizamos a entrega do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O termo já contava com aprovação do estudo no Comitê de Ética, assim como, todas as informações precisas do estudo para que eles pudessem ler e assinar, estando aptos a fazerem parte do

mesmo. Caso algum participante recusasse assinar o TCLE ele estaria excluído do estudo. Posteriormente ao primeiro momento da visita que se referiu a reunião com os participantes, foi realizado a coleta da glicose pré-teste, seguindo todas as etapas necessárias, como descrito no tópico 3.5.7. O resultado da glicose encontrada nesta visita não serviu de comparação para as outras, apenas como manutenção das etapas propôs e controle dos níveis glicêmicos dos participantes, caso ocorresse alguma complicação.

Prosseguindo com os procedimentos após a coleta da glicose sanguínea, foram realizadas as avaliações antropométricas para caracterizarmos a amostra. As medidas foram as seguintes: peso, estatura, percentual de gordura (%G) e mensuração da espessura muscular. Após a mensuração das medidas antropométricas, realizamos a familiarização dos participantes com o Supino Reto (SR), exercício este proposto para o teste de resistência muscular. Para a familiarização foi solicitado que eles fizessem 1 série de 15 movimentos do exercício sem carga, mantendo a amplitude correta do mesmo. Após a familiarização, foram posicionados os eletrodos na superfície da pele dos participantes como proposto no tópico 3.5.8, para que assim pudessemos dar início ao teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) no SR seguindo todos os procedimentos necessários (tópico 3.5.9). A utilização da CVIM foi necessária para que pudessemos estimar o pico do sinal eletromiográfico e realizar a calibração dos sinais de cada músculo analisado. Sabendo que na primeira visita ainda seria realizado o teste de uma Repetição Máxima (1RM), após a CVIM padronizamos um intervalo de 3 minutos aos participantes para que assim eles pudessem ter o tempo de recuperação necessário independentemente do número de tentativas do teste.

Ao término do tempo de pausa, iniciamos o teste de 1RM (descrito no tópico 3.5.10), caso na primeira visita não fosse possível encontrar a carga final do teste, devido à exceção do número de tentativas ou alguma outra implicação, o teste seria repetido 24 horas após o mesmo, aumentando o número de visitas finais do estudo. Em seguida ao término do teste de 1RM foi coletado novamente a glicose sanguínea e a espessura da massa muscular. A espessura da massa muscular nets visita também não foi considerada para as condições de comparação, apenas para seguir as etapas metodológicas.

De acordo com o término das avaliações, os participantes foram submetidos a responder o R24H, para que assim pudessemos padronizar individualmente a alimentação (tópico 3.5.4) e o consumo de cafeína (tópico 3.5.5) nas 24 horas antecedentes a visita. A coleta da glicose pré e pós-teste, o R24H e a mensuração da espessura muscular pré e pós foram repetidas em todas as outras visitas, sem exceção.

3.4.3 Segunda visita:

A segunda visita, identificada como Baseline (BA) ocorreu 48 horas após a primeira e foi composta por diferentes momentos. Inicialmente aconteceu a coleta da glicose pré-teste, a aplicação do R24H e a mensuração da espessura muscular. Após realizar todos estes procedimentos primários, iniciamos o momento principal da nossa visita, que foi a realização do teste de resistência muscular. Em todas as visitas que continha o teste, ele era realizado juntamente com a Eletromiografia (EMG), ou seja, antes de iniciarmos os procedimentos do teste, os eletrodos eram posicionados na superfície da pele no local das musculaturas analisadas, para que assim, quando iniciado o teste fosse possível analisar também a ativação neuromuscular. Portanto, antes de iniciar o teste de resistência muscular seguimos todas as recomendações para uma boa leitura dos sinais eletromiográficos (tópico 3.5.8). Após o posicionamento dos eletrodos e a verificação de que os sinais estavam sendo captados, propomos o início do teste de resistência muscular (tópico 3.5.11). O teste foi realizado no SR em um aparelho Smith com uma carga a 80% de 1RM. Após o aquecimento, os participantes se posicionavam no banco e ao comando dos avaliadores, eles realizavam o máximo possível de movimentos até a sua falha concêntrica. Ao fim do teste, o número de movimentos foi anotado para a comparação futura da quantidade de movimentos realizados em cada visita. A coleta da glicose pós-teste foi realizada logo em seguida ao término do teste, seguindo o mesmo protocolo com todos os participantes, assim como, a mensuração da espessura muscular pós-teste.

3.4.4 Terceira visita:

A terceira visita aconteceu 48 horas após a segunda e contou com o início da suplementação de cafeína ou placebo. Os procedimentos realizados durante a mesma, foram os seguintes: coleta da glicose pré-teste, aplicação do R24H, mensuração da espessura muscular pré, realização do teste de resistência muscular com a EMG, coleta da glicose pós-teste e por fim, a análise da espessura muscular pós. Os procedimentos realizados na terceira visita, são idênticos aqueles realizados na segunda. Como mencionado anteriormente, a partir da terceira visita, os participantes foram expostos à suplementação antes da realização do teste.

A suplementação ocorreu da seguinte maneira: 60 minutos antes do teste de resistência muscular, os participantes foram submetidos a ingestão das cápsulas de cafeína ou placebo. Portanto, assim que os participantes chegavam ao laboratório, eles recebiam o envelope com uma ou duas cápsulas e realizavam a sua ingestão. Para que nós avaliadores pudessemos controlar se os participantes estavam realmente ingerindo as cápsulas no tempo certo, em todas as visitas à ingestão das mesmas eram realizadas dentro do laboratório. Para que os participantes

não ficassem os 60 minutos apenas esperando, foram realizados os procedimentos previamente ao teste de resistência muscular. Lembrando que a partir do momento que os participantes ingerissem a cápsula, era imediatamente realizado a coleta da glicose pré-teste, para que não fosse possível acontecer uma suposta interferência aos valores glicêmicos devido à substância ingerida. Após a realização do teste de resistência muscular, a coleta da glicose pós-teste e a mensuração da espessura muscular, foi aplicado um questionário a cada um dos participantes (Anexo 1). Este questionário se referia aos possíveis efeitos colaterais promovidos pela suplementação de cafeína, o questionário contava com algumas questões sobre o que o participante sentiu após o uso da suplementação e se devido a esses sinais ele conseguia identificar qual substância e dose ele tinha ingerido (cafeína ou placebo). O questionário foi estruturado com questões que envolvem os efeitos que a cafeína pode provocar em doses baixas (210 mg) ou altas (420mg) de acordo com o que a literatura apresenta sobre o tema (ALTIMARI et al., 2001; GOLDSTEIN et al., 2010; GRAHAM; SPRIET, 1995; GUERRA; COELHO; GUTIÉRREZ, 2000; SPRIET, 2014). A partir da terceira visita todos os procedimentos ocorreram de maneira idêntica, alterando apenas as doses e as substâncias referentes a suplementação.

3.4.5 Quarta visita:

Após 7 dias da última visita, respeitando o período de Washout para que o organismo elimine toda a composição química da substância ingerida na visita anterior, realizamos a quarta visita presencial. Como mencionado no tópico anterior (3.4.5) todos os procedimentos desta visita foram idênticos aos procedimentos da terceira, desde a suplementação pré-teste até a aplicação do questionário relacionado aos efeitos colaterais promovidos pela suplementação. A única diferença quanto a visita anterior se referiu a suplementação, pois, as doses e/ou as substâncias eram alteradas. De acordo com as recomendações da distribuição de suplementação (tópico 3.5.3), se um participante recebesse uma dosagem de 210 mg de cafeína na visita anterior, na atual ele recebia uma dose de 420 mg de cafeína, ou uma de 230 mg de placebo ou de 460 mg da mesma, nunca repetindo as doses ou substâncias, lembrando que a ordem descrita é um exemplo e que a única determinação era que as doses e/ou a substância fossem alteradas.

3.4.6 Quinta visita:

A quinta visita aconteceu de maneira idêntica à quarta, respeitando todos os procedimentos realizados na anterior sem alterar nenhum método ou procedimento. O período de pausa entre as visitas (4º - 5º visita) continuou sendo os 7 dias e as doses ou as substâncias para a suplementação também continuou sofrendo as alterações necessárias para a realização do teste.

3.4.7 Sexta Visita

A sexta visita aconteceu de maneira idêntica à quinta, respeitando todos os procedimentos realizados na anterior sem alterar nenhum método ou protocolo. O período de pausa entre as visitas (5° - 6° visita) continuou sendo os 7 dias, as doses e/ou as substâncias para a suplementação também continuaram sofrendo as alterações necessárias para a realização do teste. Ao final da última visita todas as informações coletadas durante a metodologia foram repassadas aos participantes, como: medidas antropométricas, consumo alimentar, desempenho nos testes propostos e quais visitas eles tinham recebido as doses de cafeína ou placebo.

3.5 Procedimentos experimentais

Para a aplicação e realização dos procedimentos utilizados (Figura 1) levamos em consideração algumas informações, como:

3.5.1 Cafeína:

A suplementação de cafeína foi ministrada por meio de cápsulas de forma aguda 60 minutos antes do teste determinado. A entrega das cápsulas ocorria sempre no dia da visita referente a suplementação, elas eram entregues de forma individual dentro de um envelope higienizado. A opção pela escolha de cápsulas foi determinante para que não provocasse interferência quanto a suplementação de placebo. Como ambas as cápsulas eram idênticas, os participantes não foram influenciados devido às características visuais e sabores. A dose de cafeína baixa (CB) foi de 210 mg e a dose de cafeína alta (CA) de 420 mg, estimando algo em torno de 3 – 6 mg/kg⁻¹ respectivamente. A manipulação da cafeína foi padronizada em cápsulas de 210 mg. Para a suplementação da dose de 420 mg foram ofertadas duas cápsulas de 210 mg no mesmo momento. A disponibilidade de duas cápsulas de 210 mg ao contrário de apenas uma de 420 mg foi referente ao tamanho das mesmas, as cápsulas manipuladas com 420 mg de cafeína são maiores, o que poderia causar um desconforto no momento da ingestão. Consideramos que diferentes doses de cafeína são utilizadas e propostas na literatura, sendo assim, utilizamos doses adequadas que podem promover benefícios positivos ao desempenho físico, de acordo com as diretrizes gerais de recomendações propostas por Goldstein et al (2010) e Spriet (2014).

3.5.2 Placebo:

A ministração do placebo seguiu as mesmas características da cafeína (tópico 3.5.1) desde sua manipulação em cápsulas, até o tempo de ingestão previamente ao teste (60 minutos). O placebo se define como aquela substância química inativa que tem como objetivo não provocar nenhuma ação quanto ao desempenho de um exercício físico (AGUIAR et al., 2012). Para o presente estudo, utilizamos o Amido em cápsula como uma substância placebo.

Basicamente, o amido é um carboidrato de origem vegetal, podendo ser encontrado em raízes, tubérculos e sementes. Como utilizamos duas dosagens de cafeína, para o placebo também foram ministradas duas diferentes, como: placebo baixo (PB) 230 mg e placebo alto (PA) 460 mg. A oferta de duas cápsulas de placebo mesmo sendo uma substância inativa, teve uma importância prática em equilibrar as duas cápsulas da suplementação de cafeína. As cápsulas foram padronizadas em dosagens de 230 mg, sendo que, no momento da ingestão de 460 mg, eram ofertadas duas cápsulas para cada participante. A proposta em padronizar as doses tanto de cafeína quanto de placebo em apenas cápsulas menores, foi devido ao cegamento dos suplementos, para que não provocasse interferência visual aos participantes e que os mesmos não identificassem o que era cafeína ou placebo, além da proposta citada anteriormente (tópico 3.5.1), também para que cápsulas maiores não provocasse um desconforto no momento da ingestão. Mesmo sendo uma dose maior em comparação com a cafeína (230 mg – placebo / 210 mg – cafeína), os tamanhos das cápsulas eram idênticos.

3.5.3 Distribuição da suplementação:

A suplementação de cafeína e placebo foram ofertadas em doses diferentes de acordo com a visita determinada. O estudo foi caracterizado como duplo cego da 3^o até a última visita (6^o visita), fazendo com que os participantes não soubessem qual suplemento eles estavam recebendo e para que os avaliadores também não tinham conhecimento de qual estava sendo ofertado. Um pesquisador independente que não participou das coletas de forma direta ficou responsável em dividir as diferentes cápsulas e coloca-las em um envelope numerado, realizando a cegagem do estudo. Estes envelopes contavam com uma ou duas cápsulas de cafeína, ou placebo. Para que houvesse um controle da suplementação, a pessoa que ficou responsável em realizar o cegamento numerou os envelopes de 1 a 4. Os participantes tinham apenas o conhecimento de que receberiam diferentes doses de cafeína e de placebo (a informação foi transmitida no primeiro contato entre avaliadores e participantes). Ao todo foram realizadas 4 visitas com suplementação (3^o, 4^o, 5^o e 6^o visita), em duas eles receberam uma cápsula (210 mg de cafeína e 230 mg de placebo), e em outras duas eles receberam as doses maiores (420 mg de cafeína e 460 mg de placebo), necessariamente não precisava seguir esta ordem, e sim a divisão proposta pelo pesquisador que realizou a cegagem do estudo. Seguimos estas recomendações para que os participantes soubessem e entendessem o porquê de receber em determinadas visitas uma e em outras duas cápsulas. Como citado, todos sabiam que se tratavam de dosagens diferentes, mas por serem cápsulas iguais à identificação de qual suplemento estava sendo ingerindo era considerada nula.

3.5.4 Recordatório alimentar 24 horas (R24H):

Na atual metodologia utilizamos o R24H. Este tipo de protocolo consiste na obtenção de informações sobre a ingestão alimentar das últimas 24 horas anteriores ao teste, fornecendo os dados sobre os tipos de alimentos e bebidas que foram consumidos, incluindo todo o processo, como: preparação, peso e medidas (BUENO; CZEPIELEWSKI, 2010). Na primeira visita após a aplicação do primeiro R24H solicitamos aos participantes a manutenção de um padrão alimentar 24 horas antes do teste de acordo com aquele primeiro recordatório respondido, aproximando a quantidade, os tipos de alimentos e os horários das refeições. Para atentar os participantes sobre a necessidade de seguir a mesma alimentação 24 horas pré-teste de acordo com o primeiro R24H, 48 horas antes da visita os avaliadores ficavam responsáveis em enviar o formulário preenchido do primeiro R24H para cada participante, por meio de uma rede social, utilizando o WhatsApp. Mesmo seguindo todas estas etapas citadas anteriormente, foi essencial aplicar o recordatório em todas as visitas para identificar se os participantes estavam ou não seguindo as recomendações propostas, ou se o consumo se aproximava daquele primário. O intuito em solicitar a manutenção da alimentação nas 24 horas antes do teste de acordo com o primeiro recordatório, teve como função diminuir o máximo de interferência que poderia ser causado por algum diferente tipo de alimento e/ou bebida ingeridos antes da visita. Lembrando que a padronização do R24H foi individual e que não interferimos na dieta dos participantes.

3.5.5 Ingestão 24 horas pré-teste de Cafeína:

Após a primeira visita, onde identificamos a quantidade do consumo de cafeína das últimas 24 horas previamente ao teste, solicitamos individualmente aos participantes a manutenção do consumo para as outras visitas de acordo com o primeiro R24H. Por exemplo, se o participante consumiu 400 mg de cafeína até o momento da visita, foi determinado que ele permanecesse consumindo por volta de 400 mg dentro das 24 horas pré-teste, mantendo o consumo dos mesmos alimentos e/ou bebidas que lhe forneceram a quantidade calculada. Lembrando, que foi repassado a todos eles após a primeira visita quais alimentos ou bebidas forneceu a quantidade de cafeína apresentada. É importante ressaltar que o consumo habitual diário de alimentos que apresentam altas concentrações de cafeína com a suplementação da mesma pode afetar a capacidade pessoal de desempenho (GOLDSTEIN et al., 2010). Astorino, Rohmann e Firth, (2007) encontraram maiores sentimentos de energia, frequência cardíaca elevada, tremor e inquietação, naqueles participantes de sua amostra que consumiam uma baixa quantidade de cafeína diariamente. Seguindo esta linha de raciocínio, propomos que os participantes continuassem ingerindo a mesma quantidade de cafeína para que não ocorresse

interferência quanto a suplementação isolada da mesma. Para que os participantes não deixassem de seguir o consumo padronizado individualmente, a quantidade de cafeína estava destacada no R24H que lhes eram enviados (tópico 3.5.4).

3.5.6 Medidas Antropométricas:

A avaliação antropométrica dos participantes foi realizada seguindo todas as recomendações necessárias e exigentes, tanto de procedimentos, quanto de cuidados com processos invasivos. As medidas contaram como etapas as seguintes análises:

- A. **Composição corporal:** Para a avaliação da composição corporal utilizamos o ultrassom Bodymetrix® BX 2000 (IntelaMetrix, Inc., Livermore, CA) que apresenta uma alta precisão para mensurar o percentual de gordura (%G) e a espessura muscular (KANG et al., 2020). Seguindo as recomendações de utilização do equipamento, foi usado um gel condutor para ultrassonografia (Ultra-Gel., Multigel), fazendo com que todos os movimentos circulantes nos locais indicados das dobras fossem mais eficazes. Já para a mensuração da espessura muscular, o gel era espalhado por todo o local do músculo que seria analisado. No momento da ultrassonografia o ultrassom era deslizado em linha reta por todo o perímetro do músculo (origem até a inserção) de acordo com as determinações do software, mantendo o constante contato do equipamento com a superfície da pele. O protocolo de dobras usado foi o de Jackson e Pollock (JACKSON E POLLOCK, 1978), 3 dobras para homens (peito, abdômen e coxa), calculado pela equação de Siri (1961). A mensuração da espessura muscular foi realizada no peitoral, o local de contato do ultrassom foi a região lateral da musculatura, com origem na região próxima à axila deslizando o aparelho até o mamilo. Lembrando que o ultrassom teve seu momento pré e pós-teste;
- B. **Estatura:** Para a mensuração da estatura, utilizamos um estadiômetro fixo a parede de 210 cm com precisão de 1mm. Os procedimentos para a análise estão descritos no tópico a seguir (C – Peso corporal total).
- C. **Peso corporal total:** Por fim, para a análise do peso corporal total utilizamos uma balança digital da marca G-Tech (G-tech, Glass-10; CARMY ELETRONIC LTD, Zhongshan) devidamente calibrada. Os protocolos de coleta para a mensuração da estatura e do peso corporal, foram os seguintes: os participantes necessitavam estar descalços e se manter em posição anatômica correta, olhando para frente em um ponto fixo com a cabeça em linha reta ao corpo. Exclusivamente para a coleta do peso corporal, os participantes precisavam estar sem camisa e sem o uso de nenhum objeto que poderia interferir o peso, como relógios ou outros objetos.

3.5.7 Avaliação Glicêmica:

Para identificar o comportamento da glicose circulante, foram realizadas coletas sanguíneas antes e após a realização dos testes propostos em todas as visitas, caracterizando a glicose em momentos de pré e pós-teste. Foram coletados cerca de 1-2 µl (microlitros) de sangue capilar fresco do dedo da mão que o participante preferiu, lembrando que sempre a primeira gota foi descartada. A quantidade de sangue coletado seguiu as recomendações propostas pelo equipamento utilizado. A primeira gota de sangue era sempre descartada através da limpeza do local com algodão e álcool (Álcool líquido 70 INPM). Portanto, antes de cada coleta sanguínea realizávamos sempre a limpeza com álcool de onde seria realizado a punção, diminuindo a probabilidade de contaminação através do suor ou outra substância. O procedimento de coleta sanguínea foi feito a partir da punção realizada com lancetas descartáveis, necessariamente todos os avaliadores precisavam estar usando luvas que também seriam descartadas. Após a coleta, as tiras de glicose (Accu-Check® Active, Roche® São Paulo, Brasil) com o sangue coletado eram introduzidas no glicosímetro Accu-Chek® Active (Roche Diagnóstico Ltda., São Paulo, Brasil) para a análise da glicemia. Os valores demonstrados no glicosímetro eram expressos em mg/dl (miligramas por decilitros). O glicosímetro Accu-Chek® Active apresenta uma alta precisão e confiabilidade (DHATT et al., 2011). Os procedimentos de coleta foram os seguintes: era primeiramente inserida a Tira-teste no glicosímetro para que o mesmo pudesse ligar e estar preparado para a leitura da glicemia, após este procedimento era realizada a punção no dedo do participante onde o sangue era gotejado com a quantidade ideal na tira já inserida no aparelho, a leitura da glicemia durava aproximadamente cerca de 5 segundos, podendo assim obter os dados necessários.

3.5.8 Eletromiografia (EMG):

Para observar a ativação neuromuscular utilizamos a EMG que teve como objetivo analisar o impulso elétrico através dos eletrodos que foram posicionados na superfície da pele. Em todos os testes o posicionamento dos eletrodos seguiu a padronização e as recomendações propostas pela Surface Electromyography For the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM) como proposto por Hermens et al (2000). Os eletrodos eram posicionados nos músculos de interesse que realizavam trabalho durante a execução do movimento, um outro eletrodo de referência era posicionado no local onde o sinal não sofria interferência pela atividade elétrica, conhecido como eletrodo terra. O músculo avaliado foi o PM na sua porção clavicular e esternal, o eletrodo terra foi posicionado sobre a Crista Ilíaca. Durante a realização do SR, o músculo que recebe maior ênfase, recebendo uma maior ativação é o PM, tanto na sua porção clavicular, quanto a esternal (CAMPOS; SILVA, 2014; MELANI et al., 2019).

Para o presente estudo utilizamos o eletromiógrafo MioTool 400 (Miotec[®], Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) que contém 4 canais de entrada, 14 bits de resolução e uma taxa de aquisição por canal de 2000 amostras/s, com um sensor SDS-500 com ganho máximo de 1000 vezes. Seguindo os protocolos de higienização, realizamos a tricotomia dos pelos e a limpeza com álcool (Álcool líquido 70 INPM) do local, propondo todos os cuidados necessários. A higienização do local antes de posicionar os eletrodos na pele é importante para diminuir a impedância da pele com o eletrodo, para que os sinais elétricos fossem captados da melhor maneira possível. O posicionamento dos eletrodos seguiu a direção presumível das fibras musculares, com uma distância centro a centro de aproximadamente 2 cm. Todos os canais do eletromiógrafo foram devidamente calibrados antes da coleta utilizando a CVIM para os músculos analisados. As análises realizadas a partir do sinal eletromiográfico foram:

- A. **Eletromiografia normalizado pela CVM (EMG_{cvm}):** É a porcentagem (%) média dos sinais eletromiográficos de pico quando normalizados pela CVM, exemplificando, a média do pico alcançado foi 50% da CVM;
- B. **Frequência média de vibrações (EMG_{Hz}):** É o número total de vibrações alcançados pelo músculo durante a realização do movimento, seus valores são representados em Hertz (Hz).

Para que o sinal se tornasse limpo e não sofresse interferência dos sinais externos, eles foram filtrados com um filtro passa-banda *Butterworth* de 5^o ordem com atraso de fase zero. O corte de frequência para que os sinais trabalhassem dentro daqueles valores, foram entre 20 a 500 Hertz (Hz). Por fim, a amplitude foi calculada usando a raiz quadrada média (RMS) com uma janela móvel de 100 ms, estes cálculos eram realizados todos pelo próprio software utilizado (MiotecSuite 1.0).

3.5.9 Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM):

A CVIM é um método que determina a quantificação da força muscular durante um momento de isometria máxima estimando 100% da ativação voluntária de um determinado músculo, fornecendo os dados em unidades de quilogramas (Kg) ou Newtons de força (MELDRUM et al., 2007). No presente estudo, utilizamos a CVIM para determinar o máximo da ativação eletromiográfica dos músculos analisados (PM porção clavicular e esternal), normalizando os sinais eletromiográficos durante o exercício de SR. A normalização da EMG é essencial para analisar a ativação eletromiográfica dos músculos contraídos durante a execução de um determinado exercício, para que possa analisar se esses músculos estão sendo ativados de maneira eficaz.

Portanto, antes de iniciar a CVIM foram realizados alguns procedimentos necessários. Inicialmente foram posicionados os eletrodos nos determinados locais de análise da EMG (tópico 3.5.8), posteriormente, solicitamos aos participantes que deitassem em decúbito dorsal no banco reto e segurassem (pegada pronada) a barra do aparelho Smith (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) na posição de SR em que a barra estivesse direcionada sob o peito e com os cotovelos formando um ângulo de 90°. Com o ângulo de movimento correto, prendemos a barra reta do aparelho a uma corrente presa em uma célula de carga sem deixar com que a angulação (90° do cotovelo) fosse interferida. Foram fixadas 2 correntes nas extremidades da barra, as correntes foram presas a um mosquetão que estava fixado a uma célula de carga Miograph (Miotec®, Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) com capacidade de 250 Kgf (Quilogramas-Força). A célula de carga utilizada estava presa a um outro mosquetão fixo ao solo, fazendo com que a barra ficasse presa.

Após todos os ajustes necessários, o protocolo de coleta da CVIM foi realizado com o participante realizando o máximo de força possível contra a barra fixa a célula de carga na posição de SR, onde a barra não se movimentava. Após os participantes deitarem no banco e se manterem em posição, foi dado o comando para empurrar a barra durante 10 segundos sem realizar pequenos impulsos, tentando manter a força constante durante todo o tempo. Para uma melhor análise dos sinais obtidos durante o tempo de contração, analisamos apenas os 5 segundos mais estáveis de cada participante. As análises foram todas realizadas no software MiotecSuite 1.0, com os canais devidamente calibrados para a CVIM.

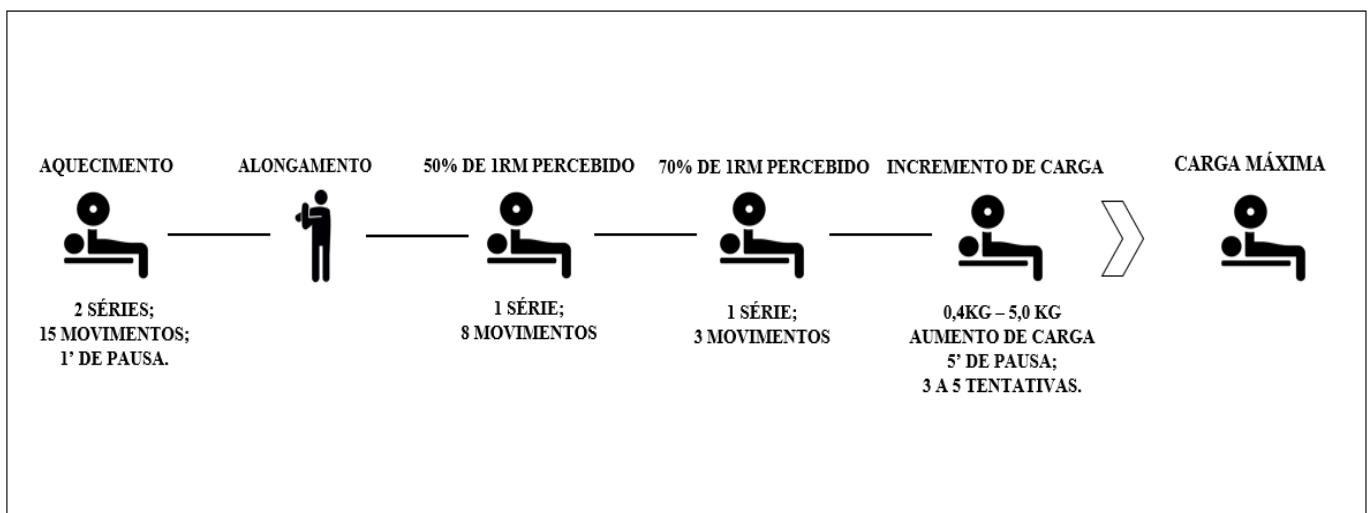
3.5.10 Teste de uma Repetição Máxima (1RM):

O teste de 1RM foi realizado semelhante à metodologia conduzida por Rodríguez-Ridao et al. (2020) com as devidas alterações. Segundo Grgic et al. (2020) o teste de 1RM apresenta uma grande confiabilidade para avaliar a força dinâmica máxima, independente da experiência no TR, do número de sessões de familiarização, do tipo de exercício, sexo ou idade dos participantes.

O teste (Figura 2) foi efetuado no aparelho Smith, conduzido da seguinte maneira: iniciamos com um aquecimento onde foram realizadas 2 séries de 15 movimentos sem carga e com uma pausa de 1 minuto entre as séries, promovendo assim adaptação ao exercício sem ocasionar uma fadiga acentuada. Após o aquecimento, solicitamos que os participantes realizassem 1 minuto de alongamento específico para a região do peitoral, os alongamentos foram prescritos pelos avaliadores. Enquanto o alongamento era realizado, inserimos uma carga de 50% de 1RM percebido na barra. A carga de 1RM percebido é aquela que o participante imagina ser de acordo com porcentagem determinada, por exemplo, 50% da carga máxima que

eles conseguem levantar no supino a determinada quantidade de repetições. Após o alongamento, os participantes foram submetidos a realizar uma série de 8 movimentos com 50% de 1RM percebido, seguido de mais uma série de 3 movimentos com 70% de 1RM percebido, o tempo de pausa foi realizado enquanto os avaliadores aumentavam a carga. Após 5 minutos de intervalo, iniciamos o incremento de carga para encontrar a carga máxima do exercício. Foram adicionados de 0,4KG a 5KG de carga por série de acordo com a percepção e o rendimento dos participantes durante os movimentos. A carga também poderia ser removida se em alguma série o valor de carga final ultrapassasse a carga máxima, fazendo com que os participantes não realizassem nenhuma repetição. Foram pré-determinadas de 3 a 5 tentativas finais com pausas de 5 minutos entre as séries. No momento em que se realiza apenas um movimento completo com determinada carga, ocorrendo no segundo movimento uma falha muscular concêntrica, essa carga é considerada como carga máxima.

Figura 2 - Procedimentos do teste de 1RM



Legenda: 1' - um minuto.

3.5.11 Teste de Resistência Muscular:

A realização do teste de resistência muscular aconteceu da 2ª visita em diante, sendo o teste principal do estudo. A finalidade do teste é avaliar a resistência muscular, determinando que o avaliado realize o número máximo de repetições possíveis em um exercício até sua falha concêntrica, com a carga estipulada a partir da porcentagem de 1RM. Karp (2001) cita que o número de repetições realizadas dentro de uma porcentagem de 1RM pode ser proposto também com a intenção de mensurar a predominância de fibras musculares. No presente estudo o teste foi realizado no exercício SR com a carga estipulada a 80% de 1RM individual, seguindo assim as recomendações propostas por Hall et al (2021) e Karp (2001). Como o teste aconteceu no aparelho Smith foi possível conduzir a amplitude completa do movimento sem provocar erros

intra- participantes, pelo aparelho trabalhar de forma guiada, trazendo também uma segurança maior a quem estava realizando o exercício.

O teste contou com as seguintes etapas: foi inicialmente realizado um aquecimento específico, onde foi determinado que os participantes realizassem uma série de 20 movimentos com 20% de 1RM, posteriormente ao aquecimento aconteceu o incremento de carga que fixado a 80% da carga máxima. Após a carga estabelecida, foi solicitado aos participantes que eles realizassem o máximo de repetições possíveis até sua falha concêntrica (HALL et al., 2021; KARP, 2001). No momento da falha concêntrica, os avaliadores podiam auxiliar os participantes a terminar de empurrar a barra, sendo este o único momento de ajuda. Caso os avaliadores ajudassem no último movimento, a repetição não era somada, contando até a última antes da falha. Se durante a realização do teste ocorresse algum problema, como: perda do sinal eletromiográfico ou por solicitação do participante devido algum desconforto, o teste era cancelado e após 3 minutos de pausa era reiniciado para uma nova tentativa. O protocolo contou com apenas uma série até a falha, após cada término do teste os avaliadores anotavam a quantidade final de movimentos realizados por cada participante. A distribuição dos grupos de acordo com a mensuração das fibras musculares aconteceu na segunda visita (Baseline), onde, aqueles que alcançaram 11 repetições para mais foram inseridos no grupo Fibras tipo I e os que alcançaram 10 repetições para menos foram inseridos no grupo Fibras tipo II, de acordo com as recomendações de Hall et al (2021).

3.6 Análise Estatística

A amostra do estudo foi do tipo conveniência, onde os participantes presentes foram selecionados por estarem prontamente disponíveis. Para o cálculo do poder da amostra foi utilizado o software G*Power. Os dados foram tabulados em uma planilha criada no Excel e analisados através do software estatístico SPSS® versão 20.0 (software IBM SPSS®, versão 20.0; Armonk, Nova York, 10504, EUA). Para a criação de todos os gráficos utilizamos o software GraphPad Prism® 8.0.2. A estatística descritiva com a determinação de média e desvio padrão foi utilizada para a análise de todas as variáveis do estudo. A normalidade e a homocedasticidade da amostra em relação às variáveis de estudos foram analisadas através do teste de Shapiro-Wilk, apresentando dados de distribuição normal ($p > 0,05$). A comparação de todas as variáveis analisadas em suas diferentes condições (BA, CB, PB, CA e PA) foram feitas pela ANOVA de medidas repetidas considerando o teste post hoc de Scheffe. Para as variáveis (espessura muscular e glicose) que comparamos os momentos pré e pós-teste em cada condição foi comparada pelo teste T pareado. Quando comparados o mesmo momento para os grupos Fibras tipo I *versus* Fibras tipo II em uma mesma condição, também foi usado o Teste T

pareado. Para a comparação de cada variável ao longo das condições em que foi atribuído cada tipo de grupo (Geral x Fibras tipo I x Fibras tipo II), foi utilizada a ANOVA two-way de medidas repetidas, considerando também o teste post hock de Scheffe. O teste de Levene mostrou uma homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$) em todas as variáveis. O delta de variação (Δ) expresso em porcentagem (%) e a magnitude de variação foram também calculadas, mostrando a diferença entre duas condições, determinando uma manutenção, um aumento ou diminuição para a segunda condição analisada.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. A. DE et al. Efeito da ingestão de cafeína em diferentes tarefas de tempo de reação. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 34, n. 2, p. 465–476, jun. 2012.
- ALTERMANN, A. M. et al. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. p. 225–239, 2008.
- ALTIMARI, L. R. et al. Cafeína : ergogênico nutricional no esporte Caffeine : nutritional ergogenic in Sports Origem e descrição. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, n. 3, p. 57–64, 2001.
- 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.
- ARGUEDAS-SOLEY, A. et al. Acute caffeine supplementation and live match-play performance in team-sports: A systematic review (2000–2021). **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 7, p. 717–732, 2022.
- ASTORINO, T. A.; ROHMANN, R. L.; FIRTH, K. Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength. **European Journal of Applied Physiology**, v. 102, n. 2, p. 127–132, 15 nov. 2007.
- BLACK, C. D.; WADDELL, D. E.; GONGLACH, A. R. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 6, p. 1145–1158, jun. 2015.
- BLANCHARD, J.; SAWERS, S. J. A. The absolute bioavailability of caffeine in man. **European Journal of Clinical Pharmacology**, v. 24, n. 1, p. 93–98, 1983.
- BOWTELL, J. L. et al. Improved Exercise Tolerance with Caffeine Is Associated with Modulation of both Peripheral and Central Neural Processes in Human Participants. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, n. February, 12 fev. 2018.
- BUENO, A. L.; CZEPIELEWSKI, M. A. O recordatório de 24 horas como instrumento na avaliação do consumo alimentar de cálcio, fósforo e vitamina D em crianças e adolescentes de baixa estatura TT - The 24-hour recall for the assessment of dietary calcium, phosphorus and vitamin D intakes in . **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 1, p. 65–73, 2010.
- BURKE, L. M. Caffeine and sports performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 33, n. 6, p. 1319–1334, dez. 2008.
- CAMPOS, Y. D. A. C.; SILVA, S. F. DA. Comparison of electromyographic activity during the bench press and barbell pullover exercises. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 20, n. 2, p. 200–205, jun. 2014.
- CHESLEY, A. et al. Regulation of muscle glycogenolytic flux during intense aerobic exercise after caffeine ingestion. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 275, n. 2, p. R596–R603, 1 ago. 1998.
- COLLADO-MATEO, D. et al. Effect of Acute Caffeine Intake on the Fat Oxidation Rate during Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 3603, 24 nov. 2020.

DAHMANE, R. et al. Spatial fiber type distribution in normal human muscle. **Journal of Biomechanics**, v. 38, n. 12, p. 2451–2459, dez. 2005.

DHATT, G. S. et al. Performance of the Roche Accu-Chek Active Glucose Meter to Screen for Gestational Diabetes Mellitus Using Fasting Capillary Blood. **Diabetes Technology & Therapeutics**, v. 13, n. 12, p. 1229–1233, dez. 2011.

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, 16 nov. 2016.

GOLDSTEIN, E. R. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 5, 2 dez. 2010.

GONÇALVES RIBEIRO, B. et al. Acute effects of caffeine intake on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. **Revista chilena de nutrición**, v. 44, n. 3, p. 283–283, 2017.

GONGLACH, A. R. et al. Muscle Pain as a Regulator of Cycling Intensity. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 48, n. 2, p. 287–296, fev. 2016.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **Journal of Applied Physiology**, v. 78, n. 3, p. 867–874, 1 mar. 1995.

GRGIC, J. et al. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 17–30, 8 jan. 2019.

GRGIC, J. et al. Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, v. 6, n. 1, p. 31, 17 dez. 2020.

GUERRA, R. O.; COELHO, G. B.; GUTIÉRREZ, C. V. Archivos de Medicina del Deporte - Cafeína e esporte. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 6, p. 60–62, 2000.

GUEST, N. S. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1–37, 2 jan. 2021.

HALL, E. C. R. et al. Prediction of muscle fiber composition using multiple repetition testing. **Biology of Sport**, v. 38, n. 2, p. 277–283, 2021.

HECKMAN, M. A.; WEIL, J.; DE MEJIA, E. G. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in Foods: A Comprehensive Review on Consumption, Functionality, Safety, and Regulatory Matters. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. R77–R87, abr. 2010.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, out. 2000.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. **Journal of Applied Physiology**, v. 87, n. 2, p. 801–808, 1 ago. 1999.

KARP, J. R. Muscle Fiber Types and Training. **Strength and Conditioning Journal**, v. 23, n. 5, p. 21, out. 2001.

KREIDER, R. B. et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 7, 2 dez. 2010.

KROWCHUK, D. P. High School Athletes and the Use of Ergogenic Aids. **Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine**, v. 143, n. 4, p. 486, 1 abr. 1989.

KRZYSZTOFIK, M. et al. Maximizing muscle hypertrophy: A systematic review of advanced resistance training techniques and methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 24, 2019.

LIEVENS, E. et al. Muscle fiber typology substantially influences time to recover from high-intensity exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 128, n. 3, p. 648–659, 1 mar. 2020.

LUZIA, E. et al. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva: Utilização de recursos ergogênicos e suplementos alimentares por praticantes de musculação em academias. **Mar./Abril**, v. 11, n. 62, p. 219–231, 2017.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 7, p. 439–455, abr. 2018.

MCLELLAN, T. M.; CALDWELL, J. A.; LIEBERMAN, H. R. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 71, p. 294–312, dez. 2016.

MELANI, A. et al. Muscle Activation in Traditional and Experimental Barbell Bench Press Exercise: A Potential New Tool for Fitness Maintenance. **Sports**, v. 7, n. 10, p. 224, 17 out. 2019.

MELDRUM, D. et al. Maximum voluntary isometric contraction: Reference values and clinical application. **Amyotrophic Lateral Sclerosis**, v. 8, n. 1, p. 47–55, 10 jan. 2007.

OLORUNSHOLA, K. V.; ACHIE, L. N. Caffeine Alters Skeletal Muscle Contraction by Opening of Calcium Ion Channels. **Current Research Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 5, p. 521–525, 2011.

PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise: What Next? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 2019a.

PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise: What Next? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 11 jul. 2019b.

RACINAIS, S. et al. Time of Day Influences the Environmental Effects on Muscle Force and Contractility. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, n. 2, p. 256–261, fev. 2005.

RODRÍGUEZ-RIDAO, D. et al. Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 7339, 8 out. 2020.

RUIZ-MORENO, C. et al. Caffeine increases whole-body fat oxidation during 1 h of cycling at Fatmax. **European Journal of Nutrition**, v. 60, n. 4, p. 2077–2085, 6 jun. 2021.

RUSU, L. D. et al. Tensiomyography method used for neuromuscular assessment of muscle training. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, v. 10, n. 1, p. 67, 2013.

SPRIET, L. L. Exercise and Sport Performance with Low Doses of Caffeine. **Sports Medicine**, v. 44, n. S2, p. 175–184, 30 nov. 2014.

SUVI, S. et al. Effects of caffeine on endurance capacity and psychological state in young females and males exercising in the heat. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 42, n. 1, p. 68–76, jan. 2017.

TALLIS, J.; GUIMARAES-FERREIRA, L.; CLARKE, N. D. Not Another Caffeine Effect on Sports Performance Study—Nothing New or More to Do? **Nutrients**, v. 14, n. 21, p. 4696, 7 nov. 2022.

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, 17 ago. 2016.

SEGUNDA PARTE

A segunda parte da dissertação conta com os resultados encontrados a partir da metodologia realizada e com uma conclusão geral do estudo. Ao todo são dois artigos que apresentam estes resultados, intitulados em:

- ARTIGO I - EFEITOS DAS DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NAS RESPOSTAS NEUROMUSCULARES.
- ARTIGO II - INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E NA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE DURANTE A PRÁTICA DO EXERCÍCIO RESISTIDO.

ARTIGO I - EFEITOS DAS DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NAS RESPOSTAS NEUROMUSCULARES.

RESUMO

A cafeína contribui na melhora do desempenho físico a partir de doses entre 3 a 6 mg.kg⁻¹ proporcionando melhoras na força e resistência muscular, contudo, é preciso avaliar como as doses interferem no desempenho do Treinamento Resistido (TR) e seus efeitos. Sendo assim, o estudo teve como objetivo identificar se diferentes dosagens (210 mg e 420 mg) da suplementação aguda de cafeína pode influenciar nas respostas neuromusculares em um teste de resistência muscular. Fizeram parte do estudo 11 participantes (25,7 ± 5,9 anos) do sexo masculino. O estudo contou com 6 visitas presenciais, onde na primeira aconteceu a avaliação do R24H, as medidas antropométricas e o teste de 1RM no supino reto (SR). Na segunda visita (Baseline = BA), o R24H, a mensuração da massa muscular pré e pós-teste avaliada por um ultrassom portátil, o teste de resistência muscular onde os participantes realizavam o máximo de movimentos no SR com 80% de 1RM até a falha concêntrica, foram realizados. As outras 4 visitas foram realizadas de maneira idênticas a segunda. Portanto, a partir da terceira eram ofertadas as cápsulas de cafeína ou placebo, 60 minutos pré-teste de resistência muscular. As doses de cafeína baixa (CB) eram de 210 mg e a cafeína alta (CA) de 420 mg, já as de placebo baixo (PB) eram de 230 mg e 460 mg para placebo alto (PA). Em cada visita de intervenção, os participantes recebiam uma dose ou substância. A ordem das doses e das substâncias, foram realizadas de acordo com o cegamento do estudo. A 1° 2° e 3° contou com um intervalo de 48 horas entre elas, já a 4°, 5° e a 6° ocorreram 7 dias após a anterior. Foi utilizada a estatística descritiva, a ANOVA two-way para a comparação entre as condições com o nível de significância de $p < 0,05$, a magnitude de variação também foi calculada. O número de repetições e a CTT mostrou um aumento em todas as condições quando comparados ao BA, mas sem apresentar diferenças significativas ($p > 0,05$). A CB e o PA alcançaram os maiores valores de repetições (CB: 12,09 ± 3,33 reps; PA: 12,27 ± 2,72 reps). A espessura muscular foi maior em todas as condições no momento pós-teste, apresentando um aumento significativo ($p < 0,05$). Considera-se que a suplementação de cafeína com doses de 210 mg e 420 mg possa influenciar de uma forma moderada às respostas de um teste de resistência muscular, se mostrando um suplemento atraente para o TR.

Palavras-chave: Cafeína; Treinamento resistido; Resistência muscular.

ABSTRACT

Caffeine contributes to the improvement of physical performance from doses between 3 and 6 mg.kg⁻¹, providing improvements in muscle strength and endurance, however, it is necessary to evaluate how the doses interfere with the performance of Resistance Training (RT) and its effects. Therefore, the study aimed to identify whether different doses (210 mg and 420 mg) of acute caffeine supplementation can influence neuromuscular responses in a muscle endurance test. The study included 11 male participants (25.7 ± 5.9 years). The contour study with 6 face-to-face visits, where in the first one the evaluation of the R24H, the anthropometric measurements and the 1RM test in the bench press (SR) took place. On the second visit (Baseline = BA), the 24HR, the measurement of pre- and post-test muscle mass, evaluations by a portable ultrasound, the muscle endurance test where participants performed maximum movements in the SR with 80% of 1RM until the concentric failure, were performed. The other 4 visits were carried out indifferently to the second. Therefore, from the third, caffeine capsules or placebo were offered, 60 minutes of pre-test of muscular resistance. Low caffeine (LC) doses were 210 mg and high caffeine (CA) 420 mg, while low placebo (PB) doses were 230 mg and 460 mg for high placebo (PA). At each intervention visit, participants received a dose or substance. The order of doses and substances were carried out according to the blinding of the study. The 1st, 2nd and 3rd contours with an interval of 48 hours between them, while the 4th, 5th and 6th contours occurred 7 days after the previous one. Descriptive statistics and two-way ANOVA were used to compare conditions with a significance level of $p < 0.05$, the magnitude of variation was also continuous. The number of repetitions and CTT showed an increase in all conditions when compared to BA, but without differences ($p > 0.05$). The CB and the PA reached the highest values of repetitions (CB: 12.09 ± 3.33 reps; PA: 12.27 ± 2.72 reps). Muscle thickness was greater in all conditions at the post-test moment, showing a significant increase ($p < 0.05$). Consider that caffeine supplementation with doses of 210 mg and 420 mg can moderately influence the responses of a muscular endurance test, proving to be an attractive supplement for RT.

Keywords: Caffeine; Resistance training; Muscular endurance.

1 INTRODUÇÃO

A constante busca pela melhora do desempenho físico contribui consideravelmente com aumento do uso de recursos ergogênicos, como os diferentes tipos de suplementos presentes em práticas nutricionais (KREIDER et al., 2010). Entre os recursos ergogênicos nutricionais (REN), a cafeína apresenta determinante evidência na melhora do desempenho físico (MAUGHAN et al., 2018). Ela pode ser considerada um ergogênico natural por estar presentes em sementes e folhas de várias plantas, estando regularmente no consumo alimentar diário de diferentes pessoas (GOLDSTEIN et al., 2010; GUEST et al., 2021)

Para que ocorra benefícios potenciais durante a prática do exercício físico, são utilizados suplementos dietéticos, bebidas ou alimentos que apresentam concentrações adequadas de cafeína (COLLADO-MATEO et al., 2020). Entretanto, é necessário cuidado com a quantidade de cafeína que se encontra na composição desses alimentos ou na sua forma isolada. Doses muito altas ($> 9 \text{ mg.kg}^{-1}$) podem promover um aumento significativo em efeitos colaterais, como: nervosismo, problemas gastrointestinais e distúrbios do sono, principalmente em indivíduos que não apresentam o costume da sua ingestão de forma regular (DE SOUZA et al., 2022). As doses ideais propostas para que ocorra efeitos positivos variam entre $3 - 6 \text{ mg.kg}^{-1}$, não privando totalmente aquelas doses maiores (9 mg.kg^{-1}), que podem até ser usadas dependendo do exercício proposto (GUEST et al., 2021).

Alguns dos benefícios ergogênicos propostos a partir da sua ingestão aguda estão direcionados ao desempenho de atividades de *endurance*, resumindo no aumento da oxidação de ácidos graxos e preservação de glicogênio muscular (GRGIC et al., 2019). Para o Treinamento Resistido (TR), o uso da suplementação de cafeína com o objetivo de melhorar o desempenho podem estar ligados a diferentes benefícios (FERREIRA et al., 2022). O aumento da força, da resistência e da potência muscular, são algumas das vantagens provocadas pela ingestão de cafeína, proporcionando a melhora no desempenho do TR (TALLIS; GUIMARAES-FERREIRA; CLARKE, 2022). Os mecanismos que podem explicar esses efeitos, estão relacionados a sua influência nos receptores de adenosina, alterando a capacidade de liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático e do recrutamento de Unidades Motoras (UMs), resultando em uma contração muscular mais forte e resistente (BLACK; WADDELL; GONGLACH, 2015; FERREIRA et al., 2022; GRGIC et al., 2019). Um estudo recente (BERJISIAN et al., 2022) demonstrou que os participantes (treinados ou recreativamente ativos) suplementados com cafeína (6 mg.kg^{-1}) apresentaram melhoras na força, resistência e potência muscular, quando comparados com o grupo controle ou placebo.

Apesar da suplementação de cafeína ser comum em praticantes do TR, é preciso identificar como diferentes doses atuam na melhora no desempenho e quais são os efeitos provocados por elas durante um exercício resistido. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo identificar se diferentes dosagens (210 mg e 420 mg) da suplementação aguda de cafeína pode influenciar nas respostas neuromusculares em um teste de resistência muscular.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostra

Fizeram parte deste estudo 11 participantes ($25,7 \pm 5,9$ anos) do sexo masculino com experiência prática ($7,5 \pm 3,8$ anos) no TR. Praticantes que não realizavam a suplementação crônica de cafeína, que apresentavam um período mínimo de 1 ano na prática do TR e que se ausentavam de qualquer lesão músculo esquelética esteve presente no estudo, enquanto que, aqueles que não podiam fazer o uso da suplementação de cafeína estavam descartados. As características dos participantes selecionados estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características dos participantes

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS	VALOR
Peso (kg)	$71,1 \pm 11,0$
Estatura (cm)	$170,72 \pm 6,6$
%G (%)	$12,49 \pm 3,8$
Massa magra (kg)	$62,40 \pm 11,0$
Gordura livre (kg)	$8,75 \pm 2,4$
IMC	$24,36 \pm 2,2$

Legenda: Kg – Quilogramas; Cm – Centímetros; % - Porcentagem; IMC – Índice de massa corporal total; Massa magra = (peso corporal total – gordura livre); Gordura livre = (peso corporal total*(%G/100));

2.2 Desenho experimental

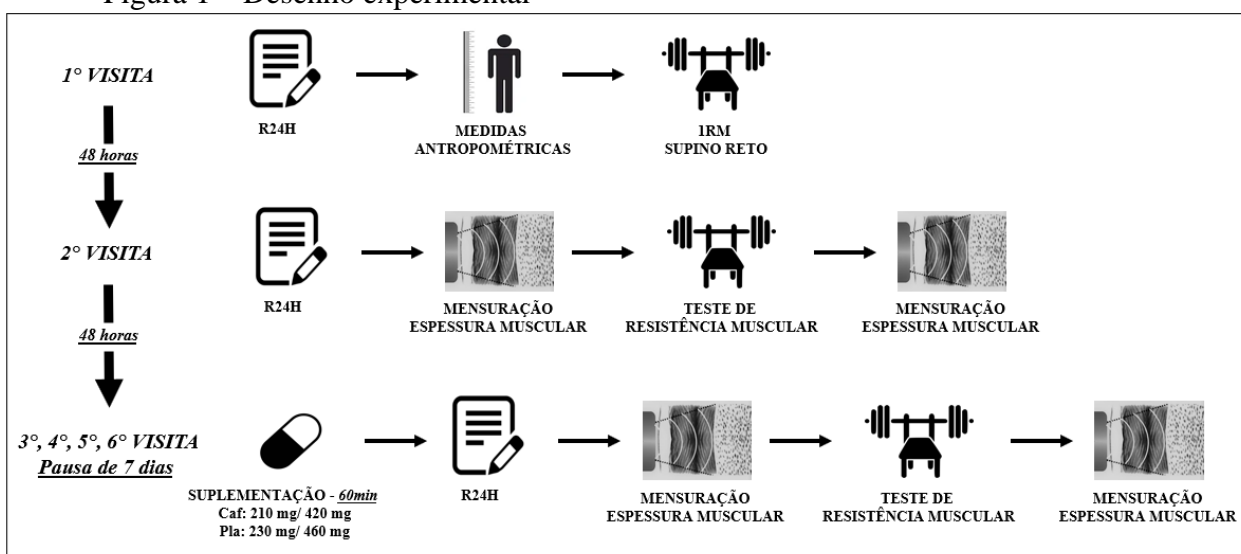
O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental quantitativa, tratando-se de um ensaio clínico randomizado e duplo-cego. Um pesquisador independente ficou responsável em realizar todo o procedimento de cegagem. Os participantes foram informados sobre os objetivos e procedimentos, e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética sobre pesquisa em seres humanos, a partir de um projeto com o título de pesquisa em: Suplementos nutricionais e as respostas a distintos programas de atividade física (COEP, n°. CAAE 20221419.7.0000.5148), seguindo a declaração de Helsinque.

A figura 1 apresenta o desenho experimental. Os participantes completaram uma sessão para a caracterização da amostra e 5 condições de teste: Baseline (BA), Cafeína baixa (CB), Placebo baixo (PB), Cafeína alta (CA) e Placebo alto (PA). Ao todo, o estudo contou com 6

visitas que aconteceram no mesmo horário de acordo com a primeira, e que foram realizadas em um laboratório (LEMOH) localizado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). O intervalo entre a primeira, segunda e terceira visita foi de 48 horas entre cada uma. Da terceira em diante (até a sexta visita), o período de intervalo foi padronizado por 7 dias entre elas.

A primeira visita (caracterização) contou com a avaliação antropométrica, familiarização dos voluntários com o supino reto, teste de uma Repetição Máxima (1RM) e por fim a aplicação do Recordatório Alimentar 24 horas (R24H). A partir da segunda (condição BA), os procedimentos eram realizados de forma idêntica, como: mensuração pré e pós-teste da massa muscular do peitoral, realização do teste de resistência muscular no supino reto e o R24H. Para a terceira visita em diante (intervenção), antes de qualquer procedimento foram ofertadas a suplementação, alterando apenas as doses e/ou suplementos (caféina ou placebo) ofertados (CB, PB, CA ou PA). Sempre ao final de cada intervenção foi monitorado os possíveis efeitos colaterais provocados pela substância a partir de um questionário com as reações provocadas pela caféina e qual dose ou substância eles acreditavam ter ingerido.

Figura 1 – Desenho experimental



Legenda: R24H - Recordatório alimentar 24 horas; 1RM - Teste de uma repetição máxima; 60min - 60 minutos pré-teste de resistência muscular; Caf - Caféina; Pla - Placebo.

2.3 Protocolos de procedimentos

2.3.1 Antropometria

O peso corporal total (KG) foi medido por meio de uma balança digital da marca G-Tech (G-tech, Glass-10; CARMY ELETRONIC LTD, Zhongshan), a estatura (cm) mensurada por um estadiômetro fixo a parede de 210 cm com precisão de 1mm e o percentual de gordura (%G) calculado pela equação de Siri (1961), utilizando o protocolo Jackson e Pollock, 3 dobras para homens (JACKSON E POLLOCK, 1978). Para aferir os pontos de referência do %G

(peitoral, abdominal e coxa) utilizamos o ultrassom portátil Bodymetrix® BX 2000 (IntelaMetrix, Inc., Livermore, CA).

2.3.2 Mensuração da espessura muscular

A mensuração da espessura muscular aconteceu pelo mesmo ultrassom portátil (Bodymetrix® BX 2000) usado para aferir o %G. O monitoramento da espessura aconteceu no peitoral direito do participante, o local de contato do ultrassom foi a região lateral da musculatura, com origem próxima à axila deslizando o aparelho até o mamilo com a ajuda de um gel condutor para ultrassonografia (Ultra-Gel., Multigel). A mensuração era realizada sempre no momento pré-teste (pré-teste de resistência muscular) e logo em seguida, pós-teste (pós-teste de resistência muscular). As espessuras dos músculos eram sempre fornecidas em milímetros (mm), segundo o software Bodyview®.

2.3.3 Recordatório alimentar 24 horas (R24H)

O R24H foi proposto em todas as visitas por um nutricionista experiente na aplicação e avaliação do questionário. As análises dos dados recolhidos foram feitas a partir do software WebDiet®. Todos os participantes foram orientados a consumir sua alimentação 24 horas antes de cada visita de acordo com primeiro recordatório coletado, para que não houvesse interferência de algum outro tipo de alimento e/ou bebida consumidos. A padronização alimentar aconteceu de forma individual, para que cada um pudesse seguir o seu primeiro R24H. Não houve interferência dos avaliadores na dieta dos participantes, e a coleta do recordatório ocorreu em todas as visitas para que fosse possível analisar se eles estavam seguindo as orientações propostas. A quantificação da ingestão de cafeína presente no R24H se propôs de acordo com os dados presentes na literatura (HECKMAN; WEIL; DE MEJIA, 2010). A ingestão de cafeína 24 horas pré-visita seguiu as mesmas recomendações propostas para o R24H.

2.3.4 Suplementação

A intervenção suplementar ocorreu por meio de cápsulas de cafeína ou placebo (amido) 60 minutos pré-teste de resistência muscular. Para a cafeína e para o placebo foram ofertadas duas doses distintas, definidas em: doses baixas ou doses altas. As cápsulas de Cafeína baixa (CB) eram compostas por doses de 210 miligramas (mg), para a Cafeína alta (CA) as doses eram de 420 mg. Para o Placebo baixo (PB) a dose ministrada foi de 230 mg, enquanto para o Placebo alto (PA) foi de 460 mg. As doses baixas eram ofertadas apenas em uma cápsula, enquanto para as doses altas eram disponibilizadas duas cápsulas. Os participantes tinham total conhecimento que em determinadas visitas eles iriam receber baixas doses (uma cápsula) e em outros momentos altas doses (duas cápsulas), entretanto, todas as cápsulas eram idênticas,

fazendo com que eles não identificassem qual substância estavam recebendo, apenas a quantidade. Para cada visita de intervenção os participantes recebiam uma dose e/ou suplemento de acordo com sua aleatorização, nunca sendo repetidos. Foram padronizados um intervalo de 7 dias entre cada visita, promovendo um período de Washout, evitando assim qualquer tipo de influência da suplementação anterior (FOGAÇA et al., 2019).

2.3.5 Teste de uma repetição máxima (1RM)

A carga máxima encontrada para o exercício de supino reto seguiu seu protocolo de maneira semelhante ao realizado por Rodríguez-Ridao et al (2020), com adaptações necessárias. O teste de 1RM contou com cinco etapas, sendo: um aquecimento de 1 série com 15 movimentos sem carga, 1 minuto de alongamento para membros superiores (prescrito pelos avaliadores), 1 série de 8 movimentos com 50% de 1RM percebido, 1 série de 3 movimentos a 70% de 1RM percebido e por fim, de 3 a 5 tentativas para encontrar a carga máxima. Para encontrar a carga final foi solicitado que os participantes realizassem dois movimentos completos em cada tentativa. O teste era finalizado se em alguma tentativa ocorresse uma falha concêntrica no segundo movimento, assim sendo, a carga encontrada naquele momento era entendida como a máxima. O intervalo entre cada tentativa foi padronizado em 5 minutos.

2.3.6 Teste de resistência muscular

O teste de resistência muscular tem como objetivo fazer com que os participantes realizem o máximo de movimentos de um determinado exercício até a falha concêntrica, a partir de uma carga determinada (KARP, 2001). Segundo Karp (2001), o teste é uma forma de estimar indiretamente a proporção de fibras musculares a partir do número de repetições alcançadas em uma certa porcentagem de 1RM, assim como proposto também por Hall et al (2021). Segundo os resultados encontrados no teste de resistência muscular na condição BA, a amostra foi dividida em: Fibras Tipo I para aqueles que alcançaram 11 repetições ou mais, e Fibras Tipo II para aqueles que alcançaram entre 5 a 10 repetições, seguindo as recomendações de Hall et al (2021). A carga utilizada foi padronizada em 80% de 1RM (HALL et al., 2021; SHIMANO et al., 2006) para todos os participantes. O exercício do teste foi o supino reto realizado em uma barra guiada (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas). O teste iniciou com um aquecimento de 20 movimentos a uma carga de 20% de 1RM, em seguida, após inserir a carga final (80% de 1RM) os participantes eram solicitados a realizarem o máximo de movimentos até a sua falha concêntrica. Os avaliadores não podiam auxiliar o movimento, no momento da falha se ocorre-se algum tipo de ajuda aquela repetição não poderia ser somada.

2.3.7 Carga total de trabalho (CTT)

A CTT refletiu em unidades arbitrárias o trabalho realizado durante o teste de resistência muscular para cada participante. Ela apresenta a relação que existe entre o volume (número de repetições) e a intensidade (carga utilizada) do exercício. O cálculo realizado para encontrar a CTT de trabalho é o número de repetições vezes a carga do exercício ($Ua = N^{\circ}$ repetições*Carga). Lembrando que a CTT foi calculada para todas as condições, com o intuito de identificar o trabalho realizado no teste.

2.3.8 Análise Estatística

Para a análise de todas as variáveis foi utilizada a estatística descritiva com resultados expressos em média \pm desvio padrão médio. A magnitude média das diferenças encontradas em cada condição também foi calculada. O teste de Shapiro-Wilk foi usado para determinar a normalidade e a homocedasticidade da amostra, apresentando dados de distribuição normal ($p > 0,05$). A comparação das variáveis analisadas (número de repetições, CTT e espessura muscular) em suas diferentes condições (BA, CB, PB, CA e PA) foram feitas pela ANOVA de medidas repetidas com o teste post hock de Scheffe. A espessura pré e pós-teste em cada condição foi comparada pelo teste T pareado. Para a comparação de cada variável ao longo das condições em que foi atribuído cada tipo de grupo (Fibras Tipo I x Fibras Tipo II), foi utilizada a ANOVA two-way de medidas repetidas, considerando o teste post hock de Scheffe comparando as condições. O teste de Levene mostrou uma homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$) em todas as variáveis. Todas as análises foram feitas através do software estatístico SPSS® versão 20.0 (software IBM SPSS®, versão 20.0; Armonk, Nova York, 10504, EUA), adotando um nível de significância de $\alpha = 5\%$ ($p < 0,05$) para todas as comparações. Para a criação dos gráficos foi utilizado o GraphPad Prism® 8.0.2.

3 RESULTADOS

Os valores da ingestão alimentar dos participantes conforme descritos no R24H estão apresentados na tabela 2. Foram considerados para a descrição do perfil alimentar da amostra, o consumo de carboidrato, lipídios e proteínas. O consumo médio de cafeína (tabela 2) também foi considerado a partir dos alimentos e bebidas consumidos diariamente.

Tabela 2 – Perfil alimentar

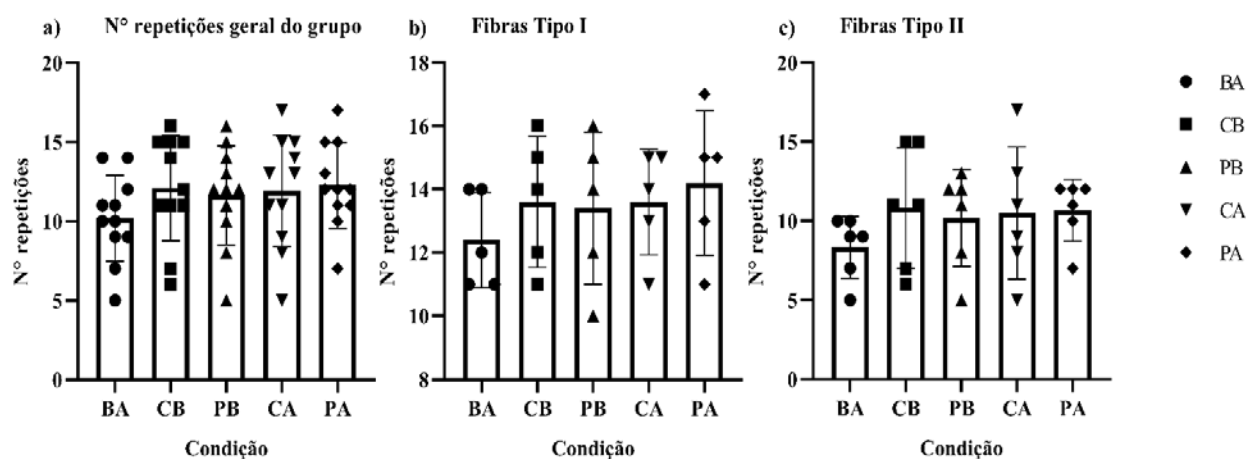
SUBSTRATOS E CAFEÍNA	QUANTIDADE
Carboidratos (g)	273,90 ± 60,54
Lipídios (g)	93,01 ± 24,41
Proteínas (g)	141,60 ± 36,21
Cafeína (mg)	86,05 ± 95,71
Cafeína (mg/kg)	1,22 ± 1,45

Legenda: g - Gramas; mg - Miligramas; mg/kg - Miligramas por quilogramas de peso corporal (mg/kg = gramas/peso corporal total).

3.1 Resistência Muscular

O número de repetições (*reps*) alcançadas nas diferentes condições para todo o grupo amostral (Figura 2a) mostrou um aumento em comparação ao BA, mas sem apresentar diferenças significativas ($p > 0,05$). As condições CB e PA foram as que alcançaram um maior número de movimentos (CB: $12,09 \pm 3,33$ reps; PA: $12,27 \pm 2,72$ reps). Quando os grupos foram divididos em fibras Tipo I (Figura 2b) e Tipo II (Figura 2c) não foram encontrados aumentos que se tornassem significativos ($p > 0,05$) dentro do mesmo grupo, mas mostrou-se também uma pequena melhora na resistência muscular em todas as condições comparados ao BA.

Figura 2 - Número de repetições do teste de resistência muscular



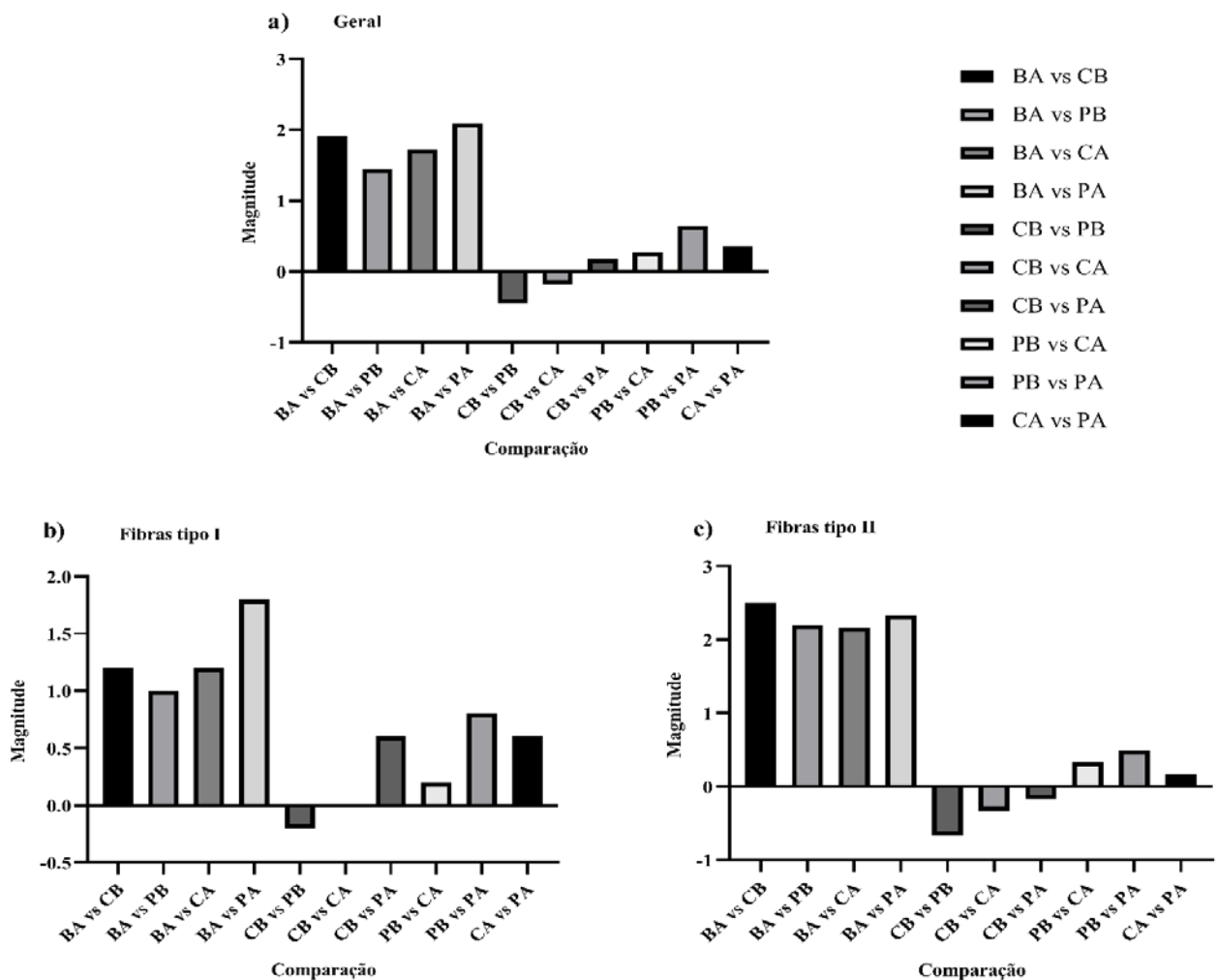
Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína alta; PA - Placebo alto.

3.2 Magnitude de variação do número de repetições

A magnitude de variação (Figura 3) apresenta a média da diferença entre as condições do número de repetições para cada grupo, geral (Figura 3a), Fibras Tipo I (Figura 3b) e Fibras Tipo II (Figura 3c). Os resultados positivos (> 0) determina que a segunda condição quando comparados apresentou uma média do número de repetições maior que a primeira condição. Já para os resultados negativos (< 0), a primeira condição é maior que a segunda, mostrando que

a primeira condição alcançou uma média de repetições maior que a segunda. Os resultados mostraram que para todos os grupos, as maiores diferenças ficaram para a comparação entre BA versus CB (Geral = 1,91; Fibras Tipo I = 1,20; Fibras Tipo II = 2,50 reps) e BA versus PA (Geral = 2,09; Fibras Tipo I = 1,80; Fibras Tipo II = 2,33 reps), demonstrando sempre um aumento nos números de repetições. A condição CA também mostrou aumentos quando comparados ao BA.

Figura 3 - Magnitude de variação do número de repetições



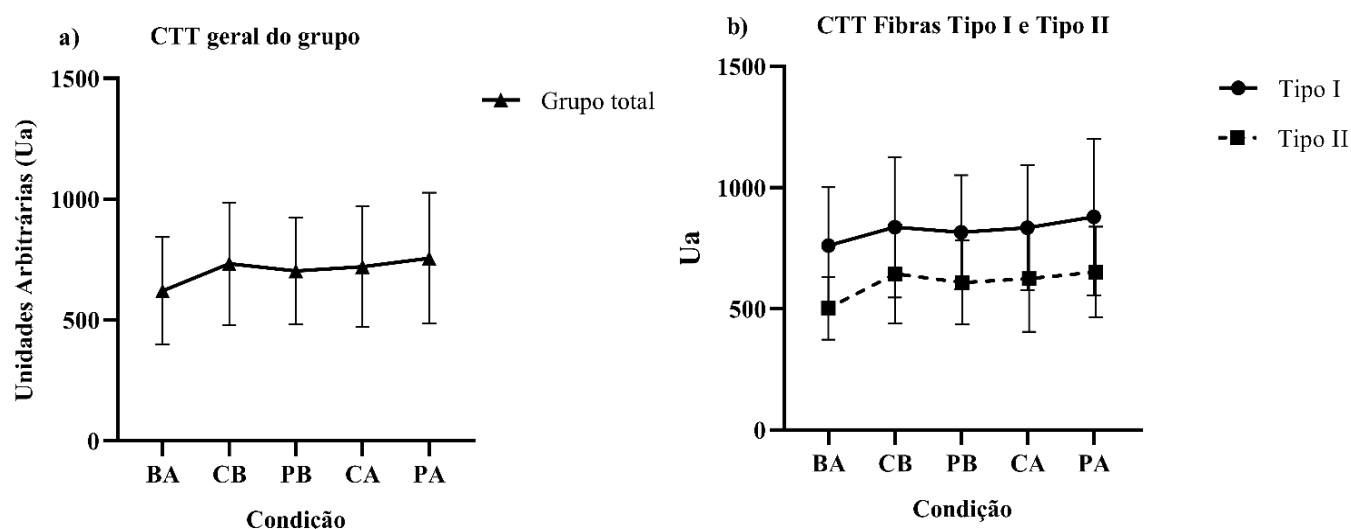
Legenda 1: BA vs CB - Baseline versus Cafeína baixa; BA vs PB - Baseline versus Placebo baixo; BA vs CA - Baseline versus Cafeína alta; BA vs PA - Baseline versus Placebo alto; CB vs PB - Cafeína baixa versus Placebo baixo; CB vs CA - Cafeína baixa versus Cafeína alta; CB vs PA - Cafeína baixa versus Placebo alto; PB vs CA - Placebo baixo versus Cafeína alta; PB vs PA - Placebo baixo versus Placebo alto; CA vs PA - Cafeína alta versus Placebo alto.

3.3 Carga total de trabalho (CTT)

Através da relação da carga do teste e do número de repetições, a CTT de trabalho foi encontrada para cada condição. Não foram encontradas nenhuma diferença significativa ($p > 0,05$) quando comparadas a CTT para cada condição, tanto para o grupo em geral (Figura 4a),

quanto para a comparação dentro de cada grupo (Figura 4b). Os dois grupos quando analisados individualmente (Figura 4b) mostraram que a condição CB e PA alcançaram um pequeno aumento no trabalho realizado (Fibras Tipo I: CB = $836,00 \pm 289,50$ Ua; PA = $878,40 \pm 323,06$ Ua; Fibras Tipo II: CB = $646,33 \pm 204,98$ Ua; PA = $626,67 \pm 220,20$ Ua).

Figura 4 – Carga total de trabalho do teste de resistência muscular

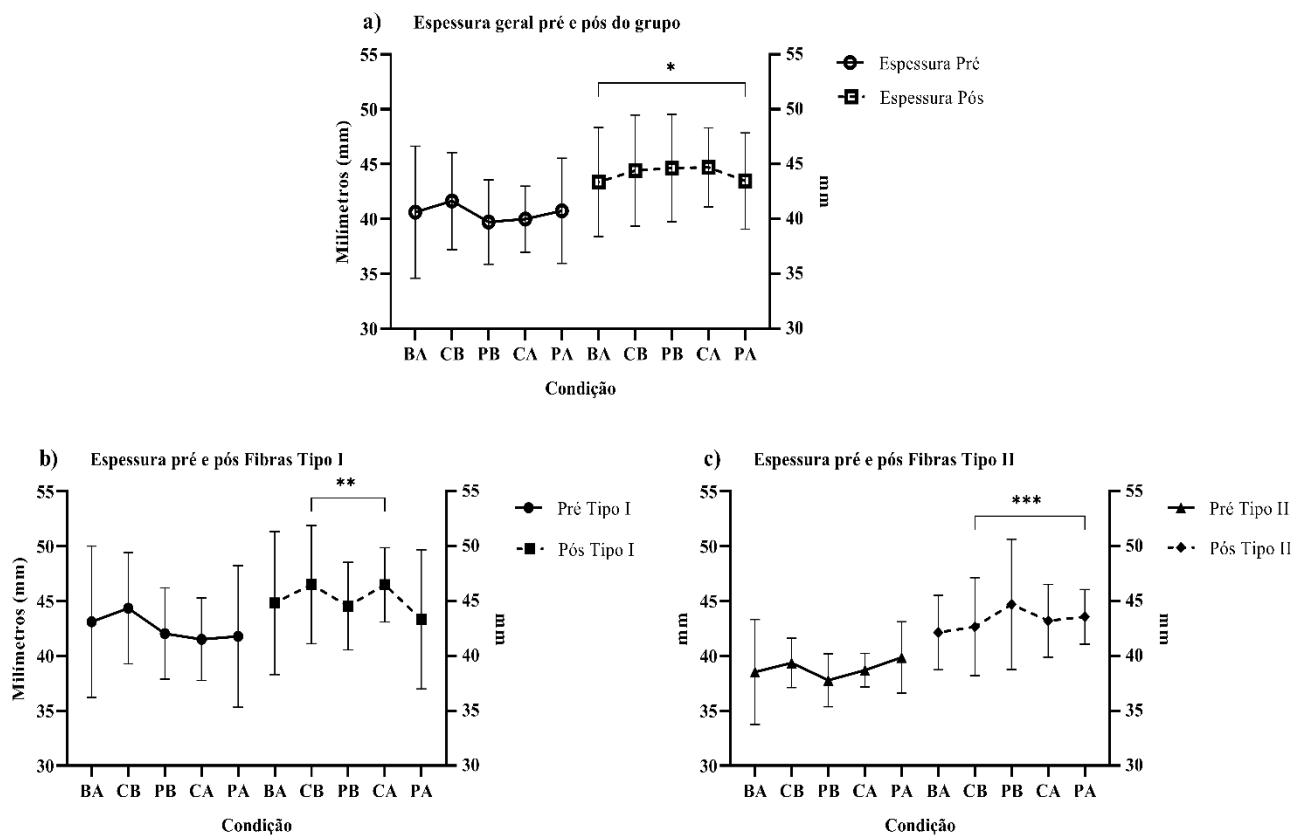


Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína alta; PA - Placebo alto

3.4 Espessura muscular

A espessura muscular em todas as condições mostrou um aumento significativo ($p < 0,05$) no seu momento pós-teste de resistência muscular para todo o grupo (Figura 5a) quando comparado com o momento pré-teste. A condição que mostrou uma maior espessura pós-teste ficou para CA ($44,69 \pm 3,61$ mm), que apresentou diferença significativa ($p = 0,00003$) quando comparado ao seu momento pré. A divisão dos grupos mostrou que quando comparados as condições no momento pré e pós-teste foram encontrados diferenças significativas ($p = 0,01$) para o grupo Fibra Tipo I (Figura 5b) nas condições CB, PB e CA. Já para o grupo Fibras Tipo II (Figura 5c) não foi encontrada diferença significativa apenas na condição BA ($p > 0,05$).

Figura 5 – Espessura pré e pós-teste de resistência muscular



Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína alta; PA - Placebo alto

* Diferenças significativas do momento pré e pós-teste para todas as condições: BA: $p = 0,02$; CB: $p = 0,002$; PB: $p = 0,005$; CA: $p = 0,00003$; PA: $p = 0,008$;

** Diferenças significativas do momento pré e pós-teste para as condições: CB: $p = 0,01$; PB: $p = 0,01$; CA: $p = 0,01$;

*** Diferenças significativas do momento pré e pós-teste para as condições: CB: $p = 0,03$; PB: $p = 0,02$; CA: $p = 0,002$; PA: $p = 0,02$.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo buscou avaliar o efeito de diferentes doses (210 mg e 420 mg) da suplementação aguda de cafeína sobre as respostas neuromusculares, a partir do desempenho de um teste de resistência muscular até a falha com 80% de 1RM. Sabe-se que a suplementação aguda de cafeína proporciona melhoras em vários aspectos do desempenho esportivo, incluindo a resistência e força muscular (GUEST et al., 2021). Nossos resultados mostraram que quando suplementados com cafeína, o grupo em geral (Figura 2a) apresentou uma magnitude de aumento (CB = 1,91 reps; CA = 1,73 reps) não significativa ($p > 0,05$) no número total de repetições quando comparados ao BA (BA versus CB e CA). Os estudos de Da Silva et al (2015), e também de Duncan e Oxford (2011), apresentaram um aumento significativo ($p < 0,05$) na resistência muscular durante a realização de um exercício resistido. Ambos os estudos utilizaram cápsulas com doses de $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ de cafeína, onde o primeiro (DA SILVA et al.,

2015) mostrou o aumento do número de repetições para exercícios de membros superiores (+11,60%) e inferiores (+19,10%), enquanto o segundo (DUNCAN; OXFORD, 2011), além de apresentar um aumento no número de repetições ($p = 0,03$), a força ($p = 0,02$) também foi aumentada no exercício de SR, mostrando a eficiência prática da cafeína.

Os grupos foram divididos em Fibras Tipo I e Tipo II (Figura 2a e 2b) de acordo com a quantidade de movimentos realizados no teste, seguindo as recomendações de Hall et al (2021). O grupo Fibras Tipo I foi composto por 5 participantes, já o grupo Fibras Tipo II foi formado por 6 participantes. Os resultados mostraram que mesmo não havendo diferenças que se tornassem significativas ($p > 0,05$), houve um aumento na magnitude (CB *versus* BA = Fibras Tipo I: 1,20 *reps*; Fibras Tipo II: 2,50 *reps*) em ambos os grupos no número de repetições quando suplementados com as doses baixas e altas (CA *versus* BA = Fibras Tipo I: 1,20 *reps*; Fibras Tipo II: 1,86 *reps*) de cafeína em comparação ao BA (Figura 3b e 3c). A ação da cafeína parece agir de maneira diferente nas fibras musculares do tipo I e II, visto que a sensibilidade da ação da cafeína tende a ser maior nas fibras musculares de contração lenta (tipo I) do que nas fibras rápidas (tipo II) (ALTIMARI et al., 2006; PAGALA; TAYLOR, 1998). Considerando nossos resultados, a suplementação de cafeína foi capaz de aumentar a resistência muscular das fibras tipo I e tipo II, mesmo sem apresentar diferenças significativas. É importante destacar que o grupo onde os participantes tinham uma maior proporção de fibras do tipo II apresentou uma maior sensibilidade a cafeína, responsável por um aumento maior na resistência em relação ao grupo Fibras Tipo I, diferentemente do que a literatura propõe.

Embora essa relação não tenha sido observada em humanos diretamente, alguns estudos mostraram que as fibras do tipo I foram mais sensíveis à suplementação de cafeína, esses achados estão ligados a análises feitas em ratos com a utilização de exercícios de *endurance* (IMAGAWA et al., 2009) e de exercícios que se basearam apenas na força isométrica desenvolvida pelos músculos alongados (ISAACSON; HINKES; TAYLOR, 1970; SHAH et al., 1988). O mecanismo de ação do cálcio induzido pela ação da cafeína parece ser o responsável na influência das fibras musculares tipo I (ALTIMARI et al., 2006). Portanto, a ação da cafeína promovendo um maior potencial de ação (GUEST et al., 2021) que traduz a um aumento da força muscular interferindo na resistência do músculo esquelético (GÜR et al., 2003) é fundamental para interpretar nossos resultados. Um aumento no potencial de ação irá promover um maior recrutamento das fibras tipo II, pois, a liberação da acetilcolina é maior nas fibras tipo II do que nas fibras tipo I, estimulando uma maior amplitude do potencial na placa motora (SCHIAFFINO; REGGIANI, 2011). O desempenho de testes com predominância de

exercícios resistidos parece também estar mais relacionado as fibras de contração rápidas (tipo II), beneficiando seu desempenho (DAVIS; GREEN, 2009; INBAR; KAISER; TESCH, 1981).

Para compreendermos a ação da cafeína nos exercícios resistidos de uma melhor maneira é preciso entender seus mecanismos de ação. Considera-se que o mecanismo principal que pode explicar a influência da cafeína no aumento da resistência muscular, é o seu efeito antagônico nos receptores de adenosina. Quando a cafeína é absorvida e ultrapassa a barreira hematoencefálica, a substância bloqueia a ligação da adenosina aos receptores A1 e A2a promovendo a liberação da acetilcolina, noradrenalina, dopamina, serotonina e de outros neurotransmissores. Dessa maneira, a cafeína pode estabelecer a melhora do desempenho por exercer efeitos no sistema nervoso central (SNC) e nas miofibrilas musculares, promovidas pela liberação e ação dos neurotransmissores, principalmente a acetilcolina (GRGIC et al., 2019; MCLELLAN; CALDWELL; LIEBERMAN, 2016). Quando este mensageiro químico é liberado e atua na junção neuromuscular, um potencial de ação é desencadeado promovendo a contração do músculo esquelético (BOTTINELLI; REGGIANI, 2000), além de que, a cafeína também aumenta a liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático, auxiliando no aumento da resistência muscular (ALLEN; LAMB; WESTERBLAD, 2008; GUEST et al., 2021).

Especificamente, a ingestão de cafeína antes do exercício físico vai permitir uma manutenção determinada na força, mesmo com a presença de alterações metabólicas no músculo em trabalho que apresenta certo nível de fadiga. Essa ação possibilita um maior desempenho, auxiliando a manutenção da resposta neural ainda com perturbações bioquímicas (BOWTELL et al., 2018). Essas características são sustentadas através do aumento do número de repetições alcançadas em um determinado exercício após a suplementação de cafeína, como mostram os estudos de Duncan et al (2013) que encontraram aumentos significativos ($p = 0,0001$) na resistência muscular para os exercícios propostos (levantamento terra, remada de braço e agachamento costas) e também para Spinelli et al (2022), onde os autores mostraram significativos ($p < 0,05$) aumentos nas repetições com 20% de 1RM e melhoras sensíveis para 25% e 30% da carga máxima no SR.

As respostas encontradas para a CTT (Figura 4a e 4b) sofreram alterações diretas de acordo com a quantidade de movimentos alcançados, por ser um reflexo do número de repetições pela carga levantada (80% 1RM). É importante destacar que quando as repetições aumentaram, a CTT também aumentou, mas este acréscimo não apresentou diferença significativa em nenhuma condição ($p > 0,05$). Para o grupo que naturalmente apresentava uma maior resistência muscular (Fibras Tipo I), a CTT de trabalho foi maior em todas as condições quando comparado ao outro grupo (Fibras Tipo II), portanto, não foi determinado o efeito

significativo para esta análise. Segundo, Krieger (2010), Schoenfeld et al (2019) e Terzis et al (2010) maiores volumes de esforço ou maior CTT são essenciais para maximizar as respostas em relações as adaptações musculares, como a hipertrofia muscular em diferentes populações. O fato da cafeína aumentar a resistência muscular, faz com que a quantidade de movimentos seja maior no TR (GRGIC; DEL COSO, 2021), isso irá influenciar na CTT final do exercício, como proposto no nosso estudo, que encontrou pequenos aumentos no número de repetições e diretamente na CTT após a suplementação das doses baixas e altas de cafeína (CB e CA).

Já a espessura muscular (Figura 5a), mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$) em todas as condições quando comparados os momentos pré e pós-teste para o grupo em geral. Este aumento está relacionado diretamente ao dano muscular e a tensão metabólica provocado pelo exercício físico, gerando um maior estresse mecânico e metabólico (FINK et al., 2018; PROSKE; ALLEN, 2005). Fridén e Lieber (2001), indicaram que o incremento de intensidade ou volume do exercício, induz o aumento do dano muscular, influenciando a espessura aguda e crônica do músculo esquelético. O consumo de cafeína promove uma melhor capacidade de trabalho, aumentando a tensão muscular e metabólica durante a realização do exercício, influenciando a espessura muscular (BAZZUCCHI et al., 2011). Estas conclusões podem explicar os achados do nosso estudo, possivelmente pelos participantes alcançarem um aumento na quantidade de repetições e na CTT nas diferentes condições em comparação ao BA.

Percebe-se para os estudos citados anteriormente (DA SILVA et al., 2015; DUNCAN et al., 2013; DUNCAN; OXFORD, 2011; SPINELI et al., 2022) que mostraram uma melhora no desempenho após a ingestão de cafeína, as doses suplementadas foram as consideradas ideais, entre 3 a 6 mg.kg^{-1} , onde apenas um (SPINELI et al., 2022) teve uma dosagem determinada em 350 mg. Pode ser estimado, a partir dos resultados encontrados, que a ação da cafeína no TR se torne mais eficiente utilizando as doses ideais (GUEST et al., 2021). Para o nosso estudo, as doses ministradas foram de 210 mg e 420 mg de cafeína, portanto, estes valores ficaram entre 3 a 6 mg.kg^{-1} da amostra presente no estudo.

É atribuído que as diferenças interindividuais quanto a resposta da cafeína no desempenho do exercício físico esteja ligado a variação genética associada ao metabolismo da substância, e as suas respostas físicas e psicológicas, assim como, a sua ingestão habitual (GUEST et al., 2021), levando em consideração diferentes fatores quando se utiliza a cafeína como um REN alterando o desempenho ou não. Por fim, a intervenção do placebo provocou pequenas melhoras não significativas ($p > 0,05$) no número total de repetições e na CTT em comparação ao BA. Estas respostas podem estar ligadas diretamente ao efeito psicológico

provocados durante o teste, permitindo uma alteração nos resultados (LINDE; FÄSSLER; MEISSNER, 2011).

5 CONCLUSÃO

Considera-se que a suplementação de cafeína com doses de 210 mg e 420 mg possa ser suficiente para influenciar mesmo que de uma maneira moderada, as respostas de um teste de resistência muscular. Pensando nos objetivos proposto pelo TR como o desenvolvimento da massa muscular, a cafeína mostrou-se com parcimônia um suplemento atraente, pois ao demonstrar discretos aumentos como na resistência muscular, provoca no músculo um aumento da tensão metabólica, essencial para o aumento da área de secção transversa como efeito crônico do exercício.

Existe a necessidade de mais estudos com o objetivo de analisar a suplementação de cafeína no desempenho de exercícios resistidos, e que possam também fazer o uso de diferentes dosagens com o intuito de mostrar a eficiência da substância nas diferentes concentrações. Como limitação deste estudo considera-se não ter sido possível analisar o nível de ingestão ou privação de cafeína dos participantes e também a utilização do teste de biópsia muscular, considerado padrão ouro para determinar os tipos de fibras musculares.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, D. G.; LAMB, G. D.; WESTERBLAD, H. Impaired calcium release during fatigue. **Journal of Applied Physiology**, v. 104, n. 1, p. 296–305, jan. 2008.
- 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.
- BAZZUCCHI, I. et al. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. **Muscle & Nerve**, v. 43, n. 6, p. 839–844, jun. 2011.
- BERJISIAN, E. et al. Are Caffeine's Effects on Resistance Exercise and Jumping Performance Moderated by Training Status? **Nutrients**, v. 14, n. 22, p. 4840, 16 nov. 2022.
- BLACK, C. D.; WADDELL, D. E.; GONGLACH, A. R. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 6, p. 1145–1158, jun. 2015.
- BOTTINELLI, R.; REGGIANI, C. Human skeletal muscle fibres: molecular and functional diversity. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v. 73, n. 2–4, p. 195–262, fev. 2000.
- BOWTELL, J. L. et al. Improved Exercise Tolerance with Caffeine Is Associated with Modulation of both Peripheral and Central Neural Processes in Human Participants. **Frontiers in Nutrition**, v. 5, n. February, 12 fev. 2018.
- COLLADO-MATEO, D. et al. Effect of Acute Caffeine Intake on the Fat Oxidation Rate during Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Nutrients**, v. 12, n. 12, p. 3603, 24 nov. 2020.
- DA SILVA, V. L. et al. Effects of acute caffeine ingestion on resistance training performance and perceptual responses during repeated sets to failure. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, n. 5, p. 383–9, maio 2015.
- DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and Anaerobic Performance. **Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p. 813–832, out. 2009.
- DE SOUZA, J. G. et al. Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: a systematic review. **European Journal of Nutrition**, v. 61, n. 8, p. 3823–3834, 5 dez. 2022.
- DUNCAN, M. J. et al. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. **European Journal of Sport Science**, v. 13, n. 4, p. 392–399, jul. 2013.
- DUNCAN, M. J.; OXFORD, S. W. The Effect of Caffeine Ingestion on Mood State and Bench Press Performance to Failure. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 178–185, jan. 2011.
- FERREIRA, L. H. B. et al. High Doses of Caffeine Increase Muscle Strength and Calcium Release in the Plasma of Recreationally Trained Men. **Nutrients**, v. 14, n. 22, p. 4921, 21 nov. 2022.
- FINK, J. et al. Effects of drop set resistance training on acute stress indicators and long-term muscle hypertrophy and strength. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v.

58, n. 5, p. 597–605, abr. 2018.

FRIDÉN, J.; LIEBER, R. L. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 3, p. 321–326, mar. 2001.

GOLDSTEIN, E. R. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 5, 2 dez. 2010.

GRGIC, J. et al. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 17–30, 8 jan. 2019.

GRGIC, J.; DEL COSO, J. Ergogenic Effects of Acute Caffeine Intake on Muscular Endurance and Muscular Strength in Women: A Meta-Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 11, p. 5773, 27 maio 2021.

GUEST, N. S. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1–37, 2 jan. 2021.

GÜR, H. et al. Relationship between in vivo muscle force at different speeds of isokinetic movements and myosin isoform expression in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 487–496, fev. 2003.

HALL, E. C. R. et al. Prediction of muscle fiber composition using multiple repetition testing. **Biology of Sport**, v. 38, n. 2, p. 277–283, 2021.

HECKMAN, M. A.; WEIL, J.; DE MEJIA, E. G. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in Foods: A Comprehensive Review on Consumption, Functionality, Safety, and Regulatory Matters. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. R77–R87, abr. 2010.

IMAGAWA, T. F. et al. Caffeine and Taurine Enhance Endurance Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 30, n. 07, p. 485–488, 19 jul. 2009.

INBAR***, O.; KAISER*, P.; TESCH**, P. Relationships between Leg Muscle Fiber Type Distribution and Leg Exercise Performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 02, n. 03, p. 154–159, 14 ago. 1981.

ISAACSON, A.; HINKES, M.; TAYLOR, S. Contracture and twitch potentiation of fast and slow muscles of the rat at 20 and 37 C. **American Journal of Physiology-Legacy Content**, v. 218, n. 1, p. 33–41, 1 jan. 1970.

KARP, J. R. Muscle Fiber Types and Training. **Strength and Conditioning Journal**, v. 23, n. 5, p. 21, out. 2001.

KREIDER, R. B. et al. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 7, 2 dez. 2010.

KRIEGER, J. W. Single Vs. Multiple Sets of Resistance. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 24, n. 4, p. 1150–1159, 2010.

LINDE, K.; FÄSSLER, M.; MEISSNER, K. Placebo interventions, placebo effects and clinical practice. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 366, n. 1572, p. 1905–1912, 27 jun. 2011.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **British Journal of Sports Medicine**, v. 52, n. 7, p. 439–455, abr. 2018.

MCLELLAN, T. M.; CALDWELL, J. A.; LIEBERMAN, H. R. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 71, p. 294–312, dez. 2016.

PAGALA, M. K. D.; TAYLOR, S. R. Imaging caffeine-induced Ca²⁺ transients in individual fast-twitch and slow-twitch rat skeletal muscle fibers. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 274, n. 3, p. C623–C632, 1 mar. 1998.

PROSKE, U.; ALLEN, T. J. Damage to Skeletal Muscle from Eccentric Exercise. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 33, n. 2, p. 98–104, abr. 2005.

RODRÍGUEZ-RIDAO, D. et al. Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 7339, 8 out. 2020.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. **Physiological Reviews**, v. 91, n. 4, p. 1447–1531, out. 2011.

SCHOENFELD, B. J. et al. Resistance Training Volume Enhances Muscle Hypertrophy but Not Strength in Trained Men. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 1, p. 94–103, 2019.

SHAH, A. J. et al. Effect of fiber types, fascicle size and halothane on caffeine contractures in rat muscles. **Journal of the Neurological Sciences**, v. 88, n. 1–3, p. 247–260, dez. 1988.

SHIMANO, T. et al. Relationship Between the Number of Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Free Weight Exercises in Trained and Untrained Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 819, 2006.

SPINELLI, H. et al. Caffeine intake improves muscular endurance and induces depletion of anaerobic work capacity in the bench press. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, 2022.

TALLIS, J.; GUIMARAES-FERREIRA, L.; CLARKE, N. D. Not Another Caffeine Effect on Sports Performance Study—Nothing New or More to Do? **Nutrients**, v. 14, n. 21, p. 4696, 7 nov. 2022.

TERZIS, G. et al. The degree of p70S6k and S6 phosphorylation in human skeletal muscle in response to resistance exercise depends on the training volume. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 4, p. 835–843, 2010.

ARTIGO II - INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA ATIVAÇÃO ELETROMIOGRÁFICA E NA CONCENTRAÇÃO DE GLICOSE DURANTE A PRÁTICA DO EXERCÍCIO RESISTIDO.

RESUMO

A suplementação de cafeína é capaz de influenciar o desempenho de diferentes atividades físicas, como as de *endurance*. Muitos dos benefícios propostos estão ligados a capacidade de trabalho, mas pouco ainda se sabe sobre sua ação na eficiência neuromuscular e metabólica, principalmente no Treinamento Resistido (TR). Com isso, objetivo do estudo foi analisar a influência da cafeína na concentração de glicose e na ativação neuromuscular a partir da sua ação eletromiográfica, durante a realização de um teste de resistência muscular. Tratando de um ensaio clínico randomizado e duplo-cego, 11 participantes ($25,7 \pm 5,9$ anos) do sexo masculino fizeram parte do estudo. Ao todo 6 visitas presenciais foram realizadas. Para a primeira aconteceu a avaliação do R24H, as medidas antropométricas, a CVIM com EMG e o teste de 1RM no supino reto (SR). A partir da segunda visita (Baseline = BA) todos os procedimentos foram iguais, como: o R24H, avaliação da glicose sanguínea pré e pós-teste e o teste de resistência muscular no SR com 80% de 1RM até a falha concêntrica junto com a EMG do PM na porção clavicular e esternal. A suplementação de cafeína ou placebo aconteceu a partir da terceira visita, 60 minutos pré-teste de resistência muscular. Duas doses de cada foram ofertadas: a cafeína baixa (CB) era de 210 mg e a cafeína alta (CA) de 420 mg, o placebo baixo (PB) era de 230 mg e 460 mg para placebo alto (PA). As substâncias foram distribuídas de acordo com o cegamento do estudo. A 1^o, 2^o e 3^o contou com um intervalo de 48 horas entre elas, para as outras ocorreram 7 dias de intervalo após a anterior. A estatística descritiva, a ANOVA two-way para a comparação entre as condições com um nível de significância de $p < 0,05$ e o delta de variação foram utilizados. O número de repetições mostrou pequenos aumentos em todas as condições comparados ao BA. O grupo Fibras tipo II estimado a partir do teste de resistência muscular mostrou uma maior sensibilidade à cafeína quando analisada a resistência e as respostas eletromiográficas. A resposta glicêmica apresentou uma diminuição significativa ($p < 0,05$) apenas no BA, PB e PA. Considera-se que a suplementação de cafeína proporcionou um aumento da tensão metabólica, e que sua influência nas fibras musculares tipo II parece ser maior durante a prática de exercícios resistidos.

Palavras-chave: Cafeína; Fibras musculares; Glicemia.

ABSTRACT

Caffeine supplementation is able to influence the performance of different physical activities, such as endurance. Many of the proposed benefits are linked to work capacity, but little is known about its action on neuromuscular and metabolic efficiency, especially in Resistance Training (RT). Thus, the aim of the study was to analyze the influence of caffeine on glucose concentration and neuromuscular activation from its electromyographic action, during the performance of a muscular endurance test. Dealing with a randomized and double-blind clinical trial, 11 male participants (25.7 ± 5.9 years) participated in the study. A total of 6 face-to-face visits were carried out. For the first one, the evaluation of the R24H, the anthropometric measurements, the MVIC with EMG and the 1RM test in the bench press (SR) took place. From the second visit on (Baseline = BA) all procedures were the same, such as: the 24HR, pre- and post-test blood glucose assessment and the muscle endurance test in the SR with 80% of 1RM until concentric failure along with the PM EMG in the clavicular and sternal portion. Caffeine or placebo supplementation took place from the third visit, 60 minutes before the muscular endurance test. Two doses of each were offered: low caffeine (CB) was 210 mg and high caffeine (CA) 420 mg, placebo low (PB) was 230 mg and placebo high (PA) 460 mg. The substances were distributed according to the blinding of the study. The 1st, 2nd and 3rd had an interval of 48 hours between them, for the others there were 7 days of interval after the previous one. Descriptive statistics, two-way ANOVA for the comparison between conditions with a significance level of $p < 0.05$ and the variation delta were used. The number of repetitions showed small increases in all conditions compared to BA. The type II fiber group estimated from the muscular endurance test showed greater sensitivity to caffeine when analyzing resistance and electromyographic responses. The glycemetic response showed a significant decrease ($p < 0.05$) only in BA, PB and PA. It is considered that caffeine supplementation provided an increase in metabolic tension, and that its influence on type II muscle fibers seems to be greater during the practice of resistance exercises.

Keywords: Caffeine; Muscle fibers; Glycemia.

1 INTRODUÇÃO

A constante busca na melhora do desempenho físico em diferentes atividades está ligado em muitos casos ao uso de substâncias que podem proporcionar algum tipo de benefício. Dentre os tipos se tem a cafeína, considerada uma das drogas estimulantes mais consumidas no mundo, ela comporta-se como uma substância psicoativa provocando alterações no estado de humor, alerta e vigília, além da sua função ergogênica no desempenho físico (GRGIC et al., 2019; GUEST et al., 2021). Após sua administração oral, a cafeína é absorvida rapidamente pelo trato gastrointestinal, podendo alcançar sua concentração máxima na corrente sanguínea dentro de 30 a 120 minutos (SPRIET, 2014). Ela tem uma grande capacidade de atuar nos tecidos centrais e periféricos a partir de diferentes mecanismos (SPINELI et al., 2022).

O papel principal da cafeína como Recurso Ergogênico Nutricional (REN) parece ser através de uma ação antagonista não seletiva dos receptores de adenosina centrais e periféricos, modulando respostas fisiológicas e metabólicas (GRGIC et al., 2019; LOPES; PLIÁSSOVA; CUNHA, 2019). Uma maior promoção de glicogenólise e um aumento da oxidação de ácidos graxos são reações também induzidas pela cafeína (SPINELI et al., 2022). A maioria desses benefícios são ligados ao exercício de *endurance*, pontuando menos para o Treinamento Resistido (TR).

A eficiência neuromuscular provocada pela cafeína pode auxiliar na melhora do desempenho de exercícios resistidos por sua influência no processo de contração do músculo esquelético, através de diferentes mecanismos, como: aumento da liberação intracelular de Cálcio (Ca^2) para o sarcoplasma (ALTERMANN et al., 2008; OLORUNSHOLA; ACHIE, 2011), uma melhora na sensibilidade das miofibrilas ao Ca^2 (MAGKOS; KAVOURAS, 2004), um maior recrutamento de Unidades Motoras (UMs) e da velocidade de condução das fibras musculares (BLACK; WADDELL; GONGLACH, 2015). Essas reações podem ser capazes de promover o aumento na força e potência muscular, além de prorrogar o período de contração do músculo esquelético (OLORUNSHOLA; ACHIE, 2011).

Duncan e Oxford (2011) mostraram que a capacidade de trabalho após ingestão de cafeína ($5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) em comparação com o placebo melhorou significativamente o número de repetições ($p = 0,03$) e o peso levantado ($p = 0,02$). No estudo de Bazzucchi et al (2011), os autores buscaram avaliar a influência da suplementação de cafeína na função neuromuscular a partir de repostas eletromiográficas, observando um aumento (+ 8,7%) na velocidade de condução das fibras musculares do bíceps braquial em comparação ao placebo. Esses achados fornecem informações de um parâmetro neuromuscular que envolve alterações nas

propriedades contrateis e na excitabilidade do sarcolema (BAZZUCCHI et al., 2011; SOLOMONOW et al., 1990), estimando uma possível resposta provocada pelo ergogênico. Alterações metabólicas também podem ser provocadas pelo uso da cafeína, como a concentração de glicose. A ingestão aguda de cafeína pode promover um aumento na tensão metabólica, devido ao metabolismo da glicose ser influenciado proporcionando um aumento na sua concentração (SHEARER; GRAHAM, 2014). Mesmo durante a realização do exercício físico estas reações podem ser percebidas, de acordo com Desbrow et al (2012) a suplementação de cafeína proporcionou um aumento nos níveis de glicose após um teste de ciclismo contra relógio, já o placebo mostrou uma diminuição.

Muitos dos benefícios propostos pela cafeína durante a prática do exercício físico estão ligados aos exercícios de características aeróbicas e sustentam as teorias propostas pela literatura a partir da capacidade de trabalho, mas pouco ainda se sabe sobre sua ação na eficiência neuromuscular e metabólica, principalmente no TR. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo analisar a influência da cafeína na concentração de glicose e na ativação neuromuscular a partir da sua ação eletromiográfica, durante a realização de um teste de resistência muscular. Vale ressaltar que foram usadas duas doses diferentes (210 mg e 420 mg) de cafeína para indicar se a quantidade interfere as variáveis analisadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostra

O presente estudo trata-se de uma pesquisa experimental quantitativa, considerada em um ensaio clínico randomizado e duplo-cego. Um pesquisador que não tinha contato direto com as coletas ficou responsável em realizar o cegamento e aleatorização dos suplementos. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) após serem informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo. O mesmo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa de seres humanos a partir de um projeto com o título de pesquisa em: Suplementos nutricionais e as respostas a distintos programas de atividade física (COEP, nº. CAAE 20221419.7.0000.5148), seguindo a declaração de Helsinque.

Participaram do estudo 11 homens praticantes do TR ($25,7 \pm 5,9$ anos; $71,10 \pm 11,0$ Kg; $170,72 \pm 6,6$ cm; $12,49 \pm 3,8$ %G) que apresentavam experiência prática ($7,5 \pm 3,8$ anos) no mínimo de um ano praticando o TR de forma interrupta. Como critérios de inclusão foram adotados: participantes maiores de 18 anos, que eram praticantes do TR com uma sequência semanal de no mínimo 3 treinos por semana, não apresentavam nenhuma lesão músculo esquelética e eram isentos da suplementação de cafeína. Participantes que não seguissem os

procedimentos metodológicos e que eram portadores de doenças crônicas não transmissíveis foram excluídos do estudo.

2.2 Desenho experimental

Os participantes compareceram 6 vezes ao laboratório, com um intervalo de 48 horas entre cada visita para as três primeiras, a partir da terceira em diante foi adotado um intervalo de 7 dias entre cada uma, respeitando assim o período de Washout. Todas as visitas foram realizadas sempre no mesmo horário de acordo com a primeira. Algumas recomendações 24 horas pré-visita foram determinadas, como: manter uma ingestão alimentar e de cafeína semelhante a que foi apontada no primeiro Recordatório Alimentar 24 horas (R24H), não realizar nenhum tipo de exercício físico para membros superiores e abster-se do uso de qualquer substância estimulante durante o estudo. A primeira visita determinou a caracterização da amostra, que contou com as seguintes etapas: avaliação antropométrica, familiarização dos voluntários com o supino reto (SR), teste de Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) e o de uma Repetição Máxima (1RM) e aplicação do R24H. A partir da segunda visita, todos os procedimentos foram realizados de forma idêntica, como: avaliação glicêmica pré-teste (teste de resistência muscular), aplicação do R24H, realização do teste de resistência muscular e avaliação glicêmica pós-teste (teste de resistência muscular). A suplementação aconteceu da terceira visita em diante, onde eram entregues para todos os participantes as cápsulas de suplementos 60 minutos antes do teste, alterando entre cada visita às doses e/ou suplementos ofertados. Após a primeira visita, as outras foram identificadas nas seguintes condições: Baseline (BA) para a segunda visita, Cafeína baixa (CB), Placebo baixo (PB), Cafeína alta (CA) e Placebo alto (PA) da terceira visita em diante de acordo com a aleatorização do estudo. Para cada visita de intervenção, os possíveis efeitos provocados pela cafeína foi monitorado a partir de um questionário, além de qual dose ou substância eles acreditavam ter ingerido.

2.3 Protocolos de procedimentos

2.3.1 Antropometria

A caracterização da amostra aconteceu por meio das medidas antropométricas, como: peso corporal total (KG) avaliado por meio de uma balança digital (G-tech, Glass-10; CARMY ELETRONIC LTD, Zhongshan), estatura (cm) utilizando um estadiômetro fixo a parede de 210 cm com precisão de 1mm e o percentual de gordura (%G) por meio do ultrassom portátil Bodymetrix® BX 2000 (IntelaMetrix, Inc., Livermore, CA). O %G foi mensurado pela equação de Siri (1961), através do protocolo Jackson e Pollock, 3 dobras para homens (JACKSON E POLLOCK, 1978). A leitura do %G foi feita pelo software Bodyview®.

2.3.2 Recordatório alimentar 24 horas (R24H)

A aplicação do R24H aconteceu em todas as visitas através de um nutricionista experiente na avaliação do questionário. Os dados coletados foram inseridos no software WebDiet® para que fosse possível analisar o consumo de carboidratos, lipídios e proteínas. Os avaliadores não influenciaram na dieta ou no consumo de cafeína dos participantes, mas, eles eram orientados a consumir sua alimentação 24 horas antes de cada visita de acordo com primeiro recordatório coletado. Essa proposta foi estabelecida para que não houvesse interferência de algum outro tipo de alimento e/ou bebida consumidos no período pré-visita. Todo esse procedimento foi realizado de forma individual, cada participante seguia o seu primeiro R24H. A quantificação da ingestão cafeína presente no R24H foi analisada de acordo com o estudo de Heckman, Weil e De Mejia (2010), já o seu consumo no período pré-visita seguiu as mesmas recomendações propostas para o R24H.

2.3.3 Suplementação

A suplementação aconteceu através de cápsulas que eram compostas por cafeína ou por placebo, manipulado com amido. O estudo contou com 4 visitas de intervenção para que os participantes pudessem receber todas as doses baixas de cafeína (CB) e de placebo (PB) e as doses altas de cafeína (CA) e de placebo (PA). As cápsulas foram padronizadas em doses de 210 miligramas (mg) para cafeína e 230 mg para o placebo, apresentando sempre a mesma característica para que os voluntários não pudessem distinguir qual substância estavam recebendo. As doses de CB eram compostas por 210 mg e o PB em doses de 230 mg, fazendo com que os participantes recebessem apenas uma cápsula de cada substância. Para as doses maiores, eram ofertadas duas capsulas de cada, ou seja, as doses de CA eram de 420 mg e as de PA eram de 460 mg. Foram informados aos participantes que em determinadas visitas eles iriam receber uma cápsula ou duas cápsulas, alterando a dosagem da cafeína ou do placebo, recebendo-os de acordo com sua aleatorização, nunca sendo repetidos. O período de intervalo foi de 7 dias entre cada visita de intervenção, promovendo o Washout para que pudesse evitar qualquer influência da suplementação anterior (FOGAÇA et al., 2019).

2.3.4 Teste de uma repetição máxima (1RM)

O teste de 1RM aconteceu para o exercício de SR realizado em uma barra guiada (Multi Exercícios com Barra Guiada – Smith – Master Line 4 polegadas) para todos os participantes. As etapas do teste (RODRÍGUEZ-RIDAO et al., 2020) não se limitaram a adaptações se necessário. O teste de 1RM foi conduzido da seguinte maneira:

- 1) Foi inicialmente conduzido um aquecimento para os participantes, onde eles realizavam uma série de 15 movimento sem carga, além de mais 1 minuto de alongamento voltado para o exercício em específico do teste.
- 2) Após o aquecimento, foram realizadas uma série de 8 movimentos com 50% de 1RM percebido e mais uma série de 3 movimentos a 70% de 1RM percebido.
- 3) A parte principal do teste para encontrar a carga máxima teve de 3 a 5 tentativas com pausas de 5 minutos entre cada uma. Para cada tentativa os participantes eram obrigados a realizar dois movimentos completos, se no segundo movimento ocorresse uma falha concêntrica, a carga proposta naquela série era definida como carga máxima, finalizando o teste.

2.3.5 Teste de resistência muscular

O teste de resistência muscular foi proposto por Karp (2001) com o objetivo de analisar a resistência muscular em um determinado exercício, além de estimar indiretamente a proporção de fibras musculares de acordo com o número de repetições alcançadas. Sendo assim, o teste tem como função fazer com que os participantes realizem o máximo de movimentos até a falha concêntrica, a partir de uma carga estabelecida. A carga utilizada no presente estudo era de 80% de 1RM (HALL et al., 2021; SHIMANO et al., 2006) para todos os participantes. O exercício do teste, SR, também aconteceu no mesmo equipamento do teste de 1RM (Tópico 2.3.4). O teste foi conduzido a partir de um aquecimento padronizado em 20 movimentos com a carga de 20% de 1RM. Após o aquecimento, a parte principal do teste contou com uma carga de 80% de 1RM para que todos os participantes realizassem o máximo de movimentos até a sua falha concêntrica. Não foi aceito auxílio dos avaliadores em nenhum movimento, apenas no momento da falha, entretanto, aquele último movimento não poderia ser somado. Para aqueles que alcançarem entre 5 a 10 repetições estima-se uma maior proporção de fibras do tipo II, já para os que alcançam 11 ou mais movimentos, caracteriza-se uma maior proporção de fibras do tipo I (HALL et al., 2021; KARP, 2001).

2.3.6 Eletromiografia (EMG)

A EMG foi adotada em todos os testes de resistência muscular, com o objetivo de analisar as seguintes respostas: Eletromiografia normalizado pela CVM (EMG_{cvm}) e a Frequência média de vibrações (EMG_{hz}). A EMG_{cvm} é o valor do pico expresso em porcentagem (%) quando normalizado pela CVM, exemplificando, o valor máximo de pico alcançado foi 100% da CVM do músculo. Já a EMG_{hz} é a média do número de vibrações alcançados pelo músculo durante a realização do exercício, seus valores são expressos em Hertz (Hz). Os músculos avaliados durante a realização do teste, foram: Peitoral Maior (PM) na sua

porção clavicular e esternal, além do eletrodo terra que foi posicionado sobre a Crista Ilíaca. O posicionamento dos eletrodos seguiu as recomendações da SENIAM (Surface Electromyography For the Non-Invasive Assessment of Muscles), assim como, proposto por Hermens et al (2000). Para a coleta dos sinais, foi utilizado o eletromiógrafo MioTool 400 (Miotec[®], Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) que contém 4 canais de entrada, 14 bits de resolução e uma taxa de aquisição por canal de 2000 amostras/s, com um sensor SDS-500 com ganho máximo de 1000 vezes. Os sinais eletromiográficos foram filtrados a partir de um filtro passa-banda *Butterworth* de 5^o ordem com atraso de fase zero. A frequência dos sinais ficou entre 20 a 500 Hz e a amplitude foi calculada usando a raiz quadrada média (RMS) com uma janela móvel de 100 ms, calculados pelo próprio software (MiotecSuite 1.0). Para verificar a calibração dos canais de leitura dos sinais, utilizou-se o teste de CVIM. A CVIM é um método que determina a quantificação da força muscular durante um momento de isometria máxima estimando 100% da ativação voluntária de um determinado músculo, fornecendo os dados em unidades de quilogramas (KG) ou Newtons de força (MELDRUM et al., 2007). O teste foi realizado no SR, onde a barra era presa a célula de carga Miograph (Miotec[®], Equipamentos Biomédicos Ltda, Porto Alegre, Brasil) fixa ao chão, solicitando que o participante empurrasse a barra durante 10 segundos, analisando os 5 segundos mais estáveis, lembrando que a barra não se movimentava.

2.3.7 Glicemia

As coletas sanguíneas para as análises glicêmicas foram feitas sempre antes e imediatamente após os testes propostos em cada visita. Elas eram feitas sempre em um dos dedos do participante, onde, foram coletados cerca de 1-2 µl (microlitros) de sangue capilar fresco e a primeira gota sempre era descartada. Após a limpeza com álcool do local que seriam introduzidas lancetas descartáveis, foi feita a punção gotejando o sangue nas tiras de glicose que eram introduzidas no glicosímetro (Accu-Chek[®] Active, Roche[®] São Paulo, Brasil) para a análise da glicemia. Os valores demonstrados no glicosímetro eram expressos em mg/dl (miligramas por decilitros). O equipamento usado (Accu-Chek[®] Active) apresenta uma alta precisão e confiabilidade (DHATT et al., 2011).

2.3.8 Análise Estatística

Para a análise de todas as variáveis foi utilizada a estatística descritiva com os resultados expressos em média \pm desvio padrão médio. O delta de variação (Δ) das diferenças encontradas em cada condição também foi calculado, expresso em porcentagem (%). O teste de Shapiro-Wilk foi usado para determinar a normalidade e a homocedasticidade da amostra, apresentando

dados de distribuição normal ($p > 0,05$). A comparação das variáveis analisadas (número de repetições, EMG_{cvm}, EMG_{ghz} e glicose) em suas diferentes condições (BA, CB, PB, CA e PA) foram feitas pela ANOVA de medidas repetidas com o teste post hoc de Scheffe. A glicose pré e pós-teste em cada condição foi comparada pelo teste T pareado, assim como, os grupos Fibras tipo I e tipo II. Para a comparação de cada variável ao longo das condições em que foi atribuído aos grupos (Geral, Fibras tipo I x Fibras tipo II), foi utilizada a ANOVA two-way de medidas repetidas, considerando o teste post-hoc de Scheffe comparando as condições. O teste de Levene mostrou uma homogeneidade das variâncias ($p > 0,05$) em todas as variáveis. Todas as análises foram feitas através do software estatístico SPSS® versão 20.0 (software IBM SPSS®, versão 20.0; Armonk, Nova York, 10504, EUA), adotando um nível de significância de $\alpha = 5\%$ ($p < 0,05$) para todas as comparações.

3 RESULTADOS

A descrição média do consumo alimentar e de cafeína dos participantes estão apresentados na Tabela 1 (Consumo alimentar). Os dados inseridos na tabela contam com as recomendações da ingestão diária de carboidratos (CHO), lipídios (LIP), proteínas (PRO) e cafeína para um programa de condicionamento físico geral segundo a Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva (ISSN), representado por Kerksick et al (2018).

Tabela 1 – Consumo alimentar

Substratos e cafeína	Quantidade	Quantidade (g/kg)	Quantidade Recomendada (ISSN)
CHO (g)	273,90 ± 60,54	3,91 ± 0,99	3 – 5 g/kg
LIP (g)	93,01 ± 24,41	1,31 ± 0,30	0,5 – 1,5 mg/kg
PRO (g)	141,60 ± 36,21	2,00 ± 0,48	0,8 – 1,0 mg/kg
Cafeína (mg)	86,05 ± 95,71	1,22 ± 1,45	3 – 6 mg/kg

Legenda: CHO - Carboidratos; LIP - Lipídios; PRO - Proteínas; g - Gramas; ISSN - Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva; g/kg - Gramas por quilogramas de peso corporal ($g/kg = gramas/peso\ corporal\ total$); mg - Miligramas; mg/kg - Miligramas por quilogramas de peso corporal ($mg/kg = miligramas/peso\ corporal\ total$).

3.1 Teste de resistência muscular

Para o número de repetições alcançadas, a tabela 2 (Número de repetições) fornece os resultados encontrados durante a realização dos testes nas diferentes condições (BA, CB, PB, CA e PA). Os valores são referentes ao grupo em geral e quando divididos pela proporção de fibras musculares (tipo I e tipo II) de acordo com a quantidade de movimentos alcançados. As condições CB e PA foram as que apresentaram maiores médias nos diferentes grupos, portanto, não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) quando comparadas as condições

dentro do mesmo grupo. A única comparação que mostrou uma diferença significativa ($p = 0,04$), foi para a condição BA quando comparados os grupos Fibras tipo I e Fibras tipo II.

Tabela 2 - Número de repetições

Condição	Repetições geral (reps)	Repetições (Fibras tipo I)	Repetições (Fibras tipo II)	Fibras tipo I versus tipo II (* = $p < 0,05$)
BA	10,18 ± 2,71	12,40 ± 1,52	8,33 ± 1,97	0,04*
CB	12,09 ± 3,33	13,60 ± 2,07	10,83 ± 3,82	0,35
PB	11,64 ± 3,14	13,40 ± 2,41	10,17 ± 3,06	0,17
CA	11,91 ± 3,53	13,60 ± 1,67	10,50 ± 4,18	0,18
PA	12,27 ± 2,72	14,20 ± 2,28	10,67 ± 1,97	0,08

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; reps - repetições; Teste T pareado = * - Diferença significativa ($p < 0,05$) em uma mesma condição comparando os grupos Fibra tipo I versus Fibra tipo II.

A tabela 3 (Delta de variação do número de repetições) apresenta o Δ das comparações entre cada condição, revelando a porcentagem (%) do quanto aumentou (+) ou diminuiu o número (-) de repetições na segunda condição. Para os três grupos, a CB e o PA foram os que apresentaram os maiores valores do Δ em comparação ao BA. A comparação que mostrou menor variação (Δ) foi para CB versus CA, em todos os grupos, principalmente para o grupo Fibra tipo I ($\Delta = 0\%$).

Tabela 3 – Delta de variação do número de repetições

Condição (Nº repetições)	Geral ($\Delta = \%$)	Fibra tipo I ($\Delta = \%$)	Fibra tipo II ($\Delta = \%$)
BA versus CB	+16%	+9%	+23%
BA versus PB	+13%	+7%	+18%
BA versus CA	+15%	+9%	+21%
BA versus PA	+17%	+13%	+22%
CB versus PB	-4%	-1%	-7%
CB versus CA	-2%	0%	-3%
CB versus PA	+1%	+4%	-2%
PB versus CA	+2%	+1%	+3%
PB versus PA	+5%	+6%	+5%
CA versus PA	+3%	+4%	+2%

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; versus - Comparação entre as condições propostas; (+) - segunda condição de comparação apresentou um aumento; (-) - primeira condição de comparação foi maior que a segunda; Delta de variação - ($\Delta = (\text{condição 1}/\text{condição 2}) - 1$).

3.2 Variáveis eletromiográficas

Os valores encontrados para a EMGcvm e para a EMGhz do músculo PM na sua porção clavicular é exibido na tabela 4 (Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção clavicular)), enquanto que, para a porção esternal os dados estão representados na tabela 5

(Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção esternal)). Os resultados estão de acordo com cada condição (BA, CB, PB, CA e PA) e com os grupos representados. A tabela tem uma divisão para os resultados da EMGcvm (parte superior) e para a EMGhz (parte inferior).

Para a porção clavicular (Tabela 4), os dados revelam que não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) em nenhuma comparação para ambas as variáveis (EMGcvm e EMGhz), e que em todos os grupos a condição BA mostrou menores valores na EMGcvm em relação as outras condições. Diferentemente, a EMGhz mostrou maiores valores no BA para o grupo em geral e para o grupo Fibras tipo I, exceto o grupo Fibras tipo II, que mostrou uma maior média ($102,90 \pm 9,26$ Hz) na condição PA.

Tabela 4 – Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção clavicular)

Condição	EMGcvm Geral (%)	EMGcvm Fibras tipo I (%)	EMGcvm Fibras tipo II (%)	Fibras tipo I versus tipo II (* = $p < 0,05$)
BA	123,39 ± 45,90	131,90 ± 69,33	116,31 ± 15,38	0,57
CB	171,55 ± 85,46	187,65 ± 113,74	158,12 ± 61,48	0,62
PB	160,92 ± 74,13	159,96 ± 100,49	161,72 ± 53,94	0,82
CA	156,54 ± 89,40	147,70 ± 94,05	163,90 ± 93,63	0,62
PA	152,53 ± 69,63	171,16 ± 102,83	137,00 ± 24,54	0,48
Condição	EMGhz Geral (Hz)	EMGhz Fibras tipo I (Hz)	EMGhz Fibras tipo II (Hz)	Fibras tipo I versus tipo II (* = $p < 0,05$)
BA	99,29 ± 10,80	103,84 ± 12,28	95,51 ± 8,64	0,29
CB	94,37 ± 10,55	90,75 ± 9,10	97,39 ± 11,50	0,44
PB	98,66 ± 14,59	100,20 ± 16,26	97,38 ± 14,49	0,75
CA	95,77 ± 14,33	97,52 ± 19,62	94,32 ± 9,85	0,90
PA	95,77 ± 14,03	87,22 ± 14,75	102,90 ± 9,26	0,10

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; Teste T pareado = * - Diferença significativa ($p < 0,05$) em uma mesma condição comparando os grupos Fibra tipo I versus Fibra tipo II.

Para a porção esternal (Tabela 5) as condições com suplementação de cafeína apresentaram os maiores valores para a EMGcvm no grupo geral (CB = $144,36 \pm 49,35\%$), grupo Fibras tipo I (CA = $159,31 \pm 72,42\%$) e grupo Fibras tipo II (CB = $133,77 \pm 32,97\%$). Os dados da EMGhz na porção esternal também mostrou os maiores valores para a condição BA no grupo em geral e Fibras tipo II, onde o grupo Fibras tipo I, mostrou uma maior média na condição PB ($85,41 \pm 5,02$ Hz).

Tabela 5 – Variáveis eletromiográficas do peitoral maior (porção esternal)

Condição	EMGcvm Geral (%)	EMGcvm Fibras tipo I (%)	EMGcvm Fibras tipo II (%)	Fibras tipo I versus tipo II (* = p < 0,05)
BA	134,97 ± 55,12	157,57 ± 74,20	116,14 ± 27,13	0,27
CB	144,36 ± 49,35	157,06 ± 66,02	133,77 ± 32,97	0,59
PB	128,23 ± 42,36	132,25 ± 44,96	124,87 ± 44,06	0,94
CA	143,01 ± 58,56	159,31 ± 72,42	129,42 ± 46,63	0,68
PA	130,70 ± 46,32	146,64 ± 56,93	117,41 ± 35,12	0,32
Condição	EMGhz Geral (Hz)	EMGhz Fibras tipo I (Hz)	EMGhz Fibras tipo II (Hz)	Fibras tipo I versus tipo II (* = p < 0,05)
BA	100,20 ± 44,16	84,40 ± 12,31	113,37 ± 57,63	0,31
CB	85,44 ± 9,04	80,98 ± 9,70	89,16 ± 7,19	0,18
PB	87,07 ± 5,90	85,41 ± 5,02	88,46 ± 6,67	0,61
CA	86,22 ± 9,69	83,99 ± 12,47	88,08 ± 7,36	0,62
PA	88,97 ± 11,61	85,05 ± 15,33	92,24 ± 7,32	0,37

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína alta; PA - Placebo alto; Hz - Hertz; Teste T pareado = * - Diferença significativa ($p < 0,05$) em uma mesma condição comparando os grupos Fibra tipo I versus Fibra tipo II.

As análises do Δ para as duas porções do PM (clavicular e esternal) são apresentadas na tabela 6 (Delta de variação do peitoral maior (porção clavicular) e na tabela 7 (Delta de variação do peitoral maior (porção esternal)) respectivamente. Para a porção clavicular (tabela 6) a EMGcvm mostrou que a CB teve uma maior variação em comparação ao BA (BA versus CB) em todos os grupos. Quando comparado o BA com a CB (BA versus CB) na EMGhz, os grupos geral e Fibras tipo I mostraram uma redução nos valores do Δ (Geral = -5%; Fibras tipo I = -14%).

Para Δ do PM na sua porção esternal (Tabela 7) percebemos que não houve variação (0%) quando comparados a condição BA com CB (BA versus CB) para a variável EMGcvm no grupo Fibras tipo I. A EMGhz apresentou um valor de 0% no Δ para as seguintes comparações e grupos: BA versus CA (Fibras tipo I), PB versus PA (Fibras tipo I) e PB versus CA (Fibras tipo II).

Tabela 6 – Delta de variação do peitoral maior (porção clavicular)

Condição	EMGcvm			EMGhz		
	Geral Δ = %	Fibras tipo I Δ = %	Fibras tipo II Δ = %	Geral Δ = %	Fibras tipo I Δ = %	Fibras tipo II Δ = %
BA versus CB	+28%	+30%	+26%	-5%	-14%	+2%
BA versus PB	+23%	+18%	+28%	-1%	-4%	+2%
BA versus CA	+21%	+11%	+29%	-4%	-6%	-1%
BA versus PA	+19%	+23%	+15%	-4%	-19%	+7%
CB versus PB	-7%	-17%	+2%	+4%	+9%	0%
CB versus CA	-10%	-27%	+4%	+1%	+7%	-3%
CB versus PA	-12%	-10%	-15%	+1%	-4%	+5%
PB versus CA	-3%	-8%	+1%	-3%	-3%	-3%
PB versus PA	-6%	+7%	-18%	-3%	-15%	+5%
CA versus PA	-3%	+14%	-20%	0%	-12%	+8%

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; Δ - Delta de variação; versus - Comparação entre as condições propostas; (+) - segunda condição de comparação apresentou um aumento; (-) - primeira condição de comparação foi maior que a segunda; Delta de variação - (Δ = (condição 1/condição 2) -1).

Tabela 7 – Delta de variação do peitoral maior (porção esternal)

Condição	EMGcvm			EMGhz		
	Geral Δ = %	Fibras tipo I Δ = %	Fibras tipo II Δ = %	Geral Δ = %	Fibras tipo I Δ = %	Fibras tipo II Δ = %
BA versus CB	-7%	0%	-13%	+17%	+4%	+27%
BA versus PB	+5%	+19%	-7%	+15%	-1%	+28%
BA versus CA	-6%	-1%	-10%	+16%	0%	+29%
BA versus PA	+3%	+7%	-1%	+13%	-1%	+23%
CB versus PB	+13%	+19%	+7%	-2%	-5%	+1%
CB versus CA	+1%	-1%	+3%	-1%	-4%	+1%
CB versus PA	+10%	+7%	+14%	-4%	-5%	-3%
PB versus CA	-10%	-17%	-4%	+1%	+2%	0%
PB versus PA	-2%	-10%	+6%	-2%	0%	-4%
CA versus PA	+9%	+9%	+10%	-3%	-1%	-5%

Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; Δ - Delta de variação; versus - Comparação entre as condições propostas; (+) - segunda condição de comparação apresentou um aumento; (-) - primeira condição de comparação foi maior que a segunda; Delta de variação - (Δ = (condição 1/condição 2) -1).

3.3 Glicose

Os valores da glicose sanguínea (Tabela 8) apresentaram sempre uma diminuição no momento pós-teste em comparação com o pré-teste em todos os grupos. Foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) quando comparados os momentos pré e pós-teste nas condições BA ($p = 0,04$), PB ($p = 0,04$) e PA ($p = 0,01$) para o grupo geral. O grupo Fibras tipo II também apresentou diferenças significativas quando comparados os momentos pré e pós-teste para as condições BA ($p = 0,03$) e PB ($p = 0,003$). Quando foram comparados Fibras tipo I versus Fibras tipo II, a condição BA no seu momento pré-teste apresentou diferenças significativas ($p = 0,05$), assim como, a CA no seu momento pós-teste ($p = 0,02$).

Tabela 8 – Glicemia pré e pós-teste

Condição	Momento pré/pós-teste	Glicose (mg/dl)	Glicose (Fibras tipo I)	Glicose (Fibras tipo II)	Fibras tipo I versus tipo II (* = p < 0,05)
BA	Pré	96,00 ± 14,91	87,00 ± 10,07	103,50 ± 14,65*	0,05
	Pós	84,09 ± 11,84**	86,60 ± 15,66	82,00 ± 8,51**	0,77
CB	Pré	95,00 ± 18,47	91,40 ± 18,68	98,00 ± 19,48	0,67
	Pós	91,18 ± 13,23	90,80 ± 14,82	91,50 ± 13,19	0,76
PB	Pré	99,27 ± 18,68	101,00 ± 27,37	97,83 ± 9,66	0,78
	Pós	88,36 ± 11,60**	93,80 ± 11,73	83,83 ± 10,23**	0,06
CA	Pré	91,18 ± 14,67	96,00 ± 16,73	87,17 ± 12,80	0,24
	Pós	86,00 ± 8,46	91,80 ± 8,93	81,17 ± 4,22*	0,02
PA	Pré	94,00 ± 13,02	95,80 ± 17,71	92,50 ± 9,07	0,48
	Pós	82,73 ± 14,58**	82,60 ± 17,05	82,83 ± 13,88	0,80
Teste T (**)		p < 0,05	p > 0,05	p < 0,05	

*Legenda: BA - Baseline; CB - Cafeína baixa; PB - Placebo baixo; CA - Cafeína altas; PA - Placebo alto; mg/dl - Miligramas por decilitros; Teste T pareado = * - Diferença significativa (p < 0,05) em uma mesma condição comparando os grupos Fibra tipo I versus Fibra tipo II; Teste T pareado = ** - Diferença significativa (p < 0,05) em uma mesma condição comparando os momentos pré-teste e pós-teste.*

4 DISCUSSÃO

O objetivo proposto para o presente estudo foi analisar a influência que a cafeína teve na concentração de glicose e na ativação neuromuscular a partir da sua ação eletromiográfica, durante a realização de um teste de resistência muscular. Para os valores glicêmicos foram considerados os momentos pré-teste e pós-teste, e para a EMG consideramos as respostas obtidas a partir da EMGcvm e a EMGhz. Duas doses de cafeína foram usadas (210 mg e 420 mg), podendo observar se a quantidade poderia ser um motivo de maior ou menor interferência nos resultados analisados.

As respostas à cafeína podem ser influenciadas por diferentes fatores, e um deles é o seu uso habitual (PICKERING; GRGIC, 2019). Em questão, o uso habitual da cafeína pode influenciar o efeito ergogênico da sua suplementação, sugerindo respondedores e não respondedores de forma eficiente à ingestão aguda da substância (BURKE, 2008; SÖKMEN et al., 2008). O consumo habitual de cafeína (Tabela 1) de acordo com o R24H dos participantes, ficou abaixo dos recomendados pela ISSN visando seus efeitos ergogênicos na melhora do desempenho físico, supondo ser uma amostra com baixo consumo. O consumo de CHO e LIP estão de acordo com uma dieta considerada normal, apenas a PRO está acima dos valores recomendados (KERKSICK et al., 2018).

Os resultados encontrados no teste de resistência muscular não apresentaram diferenças que se tornassem significativas ($p > 0,05$). Mas mesmo essa influência não sendo significativa, a substância proporcionou um pequeno aumento no número de repetições para o grupo em geral (Tabela 3) quando suplementados com as doses cafeína (Δ : CB = +16%; CA = +15%; $p > 0,05$) em comparação ao BA. Em um estudo de meta-análise (POLITO et al., 2016) foi possível identificar que a ingestão aguda de cafeína aumenta a resistência muscular (*Effect Size* = 0,29 a 0,48; $p < 0,01$) consideravelmente. A maior parte dos estudos usam doses entre 3 - 6mg.kg⁻¹, levando em consideração as recomendações da quantidade ideal para efeito ergogênico (GUEST et al., 2021; POLITO et al., 2016). No estudo de Williams et al (2008), os participantes foram submetidos a ingestão aguda de cafeína (300mg) para identificar seus efeitos na força, resistência e potência muscular. Foram encontrados aumentos em relação ao grupo controle, mas sem apresentar diferenças significativas nas variáveis analisadas, indo de encontro ao presente estudo, que não encontrou diferenças significativas.

Nossas doses estão de acordo com a indicada na literatura para um efeito ergogênico, pois, a quantidade usada ficou entre 3 – 6 mg.kg⁻¹ de acordo com os participantes. A absorção individual da cafeína pode justificar as variações encontradas entre alguns estudos. Mesmo que a substância apresente uma biodisponibilidade considerável (BLANCHARD; SAWERS, 1983; KAMIMORI et al., 2002), a velocidade de absorção individual da cafeína ocorre entre 30 a 120 minutos e depende de alguns fatores como, ambientais e genéticos, o fluxo sanguíneo esplâncnico também pode interferir a velocidade da taxa de absorção, principalmente em exercícios de intensidade moderada a elevada (GUEST et al., 2021; PICKERING; GRGIC, 2019).

O desempenho alcançado no teste de resistência muscular é influenciado diretamente pelas respostas neuromusculares. Seguindo as recomendações de Hall et al (2021) e Karp (2001), a amostra foi separada em grupos com maior proporção de fibras do tipo I (Grupo = Fibras tipo I) contendo 5 participantes, e com maior proporção de fibras do tipo II (Grupo = Fibras tipo II) com 6 participantes de acordo com o resultado na condição BA. O grupo Fibras tipo II apresentou um maior Δ para o número de repetições após a suplementação de cafeína (CB = 23%; CA = 21%) em relação ao grupo Fibras tipo I (CB = 9%; CA = 9%), quando comparados ao BA (Tabela 3). A ação da cafeína parece comporta-se diferentemente nas fibras musculares do tipo I e II, considerando que a sensibilidade da cafeína é maior nas fibras musculares de contração lenta (tipo I) do que nas fibras rápidas (tipo II) (ALTIMARI et al., 2006; PAGALA; TAYLOR, 1998). Portanto, essa ação parece ser relevante em atividades de

endurance, em exercícios com maior taxa de força muscular como no TR, o potencial de ação com maior amplitude gerado pela cafeína após a liberação da acetilcolina faz com que as fibras tipo II produzam mais força e respondem a melhores contrações, traduzindo no aumento da força e resistência muscular (GUEST et al., 2021). Segundo Schiaffino e Reggiani, (2011) a liberação de acetilcolina é maior nas fibras tipo II do que nas fibras tipo I, com a suplementação de cafeína estes efeitos tendem a se tornar maiores, podendo justificar nossos achados.

A ação direta da cafeína em maiores potenciais de ação nas fibras musculares do tipo II influenciou nas respostas da EMGhz, sendo que, para as duas porções (Tabela 4 e 5) do PM a EMGhz quando suplementada com cafeína se mostrou maior no grupo Fibras tipo II, mesmo não apresentando diferenças significativas. Esses achados vão de encontro com o que a literatura fornece, pois, a EMGhz determina a quantidade de vibrações alcançadas por segundo de cada músculo analisado, sendo a consequência da velocidade de condução dos potenciais de ação na fibra muscular (MERLO et al., 2005). A partir disso, diferentes estudos (BILODEAU et al., 2003; GOSWAMI; SADHUKHAN; GUPTA, 2001) indicaram que valores elevados da frequência média de vibrações estão relacionados com a maior proporção de fibras do tipo II. Já para as fibras do tipo I a velocidade de condução apresentada é inferior as do tipo II (LINSSEN et al., 1991). Os únicos valores que não foram de encontro aos citados anteriormente, onde a EMGhz se mostrou maior para o grupo Fibras tipo I após a suplementação de cafeína em comparação ao Fibras tipo II ($97,52 \pm 19,62$ versus $94,32 \pm 9,85$ Hz; $p = 0,90$), foi para a porção clavicular na condição CA.

Em relação a EMGcvm os valores mostraram que a intensidade dos sinais foi maior que o BA quando suplementados com as doses de cafeína, para ambas as porções (Tabela 4 e 5). San Juan et al (2019), encontraram uma melhora na eficiência neuromuscular de diferentes músculos analisados em boxeadores de nível olímpico após a suplementação de cafeína (6 mg.kg^{-1}). Uma ação eficaz que poderia explicar a elevação dos valores da EMGcvm principalmente para a porção clavicular do PM, seria o aumento da atividade da bomba sódio/potássio (Na^+/K^+) promovido pela cafeína. Esse aumento de atividade potencializa o acoplamento excitação-contração que ocorre no sarcômero, necessário para a contração muscular (GUEST et al., 2021). Esses mecanismos, e o aumento da liberação de acetilcolina promovida pela cafeína, influencia o recrutamento das UMs, sendo assim, a contração muscular após sua ingestão pode ser mais vigorosa (GRGIC et al., 2019). Porém, é preciso mencionar que para a porção esternal (Tabela 7) o grupo Fibras tipo I não apresentou nenhuma variação

($\Delta = 0\%$) quando comparados BA *versus* CB, estimando que a intensidade dos sinais foram iguais.

A cafeína também parece interferir diretamente nas respostas glicêmicas (Tabela 8) proporcionando uma manutenção ou uma baixa redução na concentração de acordo com seus valores iniciais, ou seja, pré-teste. Observando os valores encontrados no momento pós-teste para as médias do grupo em geral, percebemos que para as condições sem a suplementação de cafeína (BA, PB e PA) houve uma redução significativa ($p < 0,05$) da concentração de glicose, quando comparados os momentos pré e pós-teste. Durante a prática do exercício resistido, a contração muscular promove a translocação do GLUT4 para a membrana celular promovendo uma maior captação de glicose, conseqüentemente reduzindo sua concentração na corrente sanguínea (PACHECO et al., 2017). Segundo Monroe, Naugle e Naugle (2020), sessões de TR com alta (90% de 1RM) ou moderada intensidade (70% de 1RM) são capazes de diminuir significativamente ($p = 0,045$) de forma aguda os níveis de glicose sanguínea. No presente estudo, a intensidade utilizada no teste de resistência muscular (80%) até a falha muscular concêntrica com apenas uma única série foi suficiente para reduzir os níveis glicêmicos, quando os participantes não foram suplementados com a cafeína.

Um dos mecanismos que explicam uma redução atenuada de glicose durante a realização do exercício físico após a suplementação de cafeína, seria a sua maior eficiência em promover a oxidação de ácidos graxos induzida pela liberação de adrenalina, o que irá possibilitar uma maior lipólise (GUEST et al., 2021). Entretanto, estes benefícios são bem propostos para exercícios de *endurance*, como mostram e indicam alguns estudos (FRANÇA et al., 2015; GLAISTER; GISSANE, 2018; HODGSON; RANDELL; JEUKENDRUP, 2013; PETTERSEN et al., 2014). Uma meta-análise (SHI et al., 2016) demonstrou que a ingestão aguda de cafeína reduz a sensibilidade à insulina em indivíduos saudáveis, mudando a homeostase glicêmica em direção a hiperglicemia. Mas, segundo Rose e Richter (2005) a suplementação de cafeína pode modular a fosforilação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK) e uma maior translocação do GLUT4 (ARGUEDAS-SOLEY et al., 2022), promovendo uma melhora na captação de glicose sanguínea dependente de AMPK no músculo esquelético. A liberação Ca^{2+} como uma condição para a contração do músculo esquelético, pode também sinalizar um aumento da captação de glicose pelo músculo, melhorando o funcionamento do seu sistema (ROSE; RICHTER, 2005).

Percebemos que ainda existem contradições sobre os possíveis efeitos causados na concentração de glicose após a suplementação de cafeína, apresentando diferentes ações nos

tipos de exercícios. Vale lembrar, que os nossos resultados indicaram uma manutenção dos valores quando suplementados com as duas doses (CB e CA), indicando uma tensão metabólica. Para exercícios resistidos, o uso da cafeína pode refletir um aumento na tensão metabólica, permitindo uma maior concentração ou a preservação do metabólito na corrente sanguínea (DAVIS; GREEN, 2009; SHEARER; GRAHAM, 2014). Quando analisados os grupos representando os tipos de fibras, apenas o grupo Fibras tipo II apresentou uma redução significativa nas condições BA ($p = 0,03$) e PB ($p = 0,003$) comparando os momentos pré e pós-teste. As fibras do tipo II apresentam uma alta capacidade glicolítica, isso pode estimar a causa do grupo Fibras tipo II apresentar uma redução significativa nas condições citadas, além da comparação entre os grupos (Fibras tipo I e tipo II) onde o momento pós-teste para a condição CA ($p = 0,02$) mostrou uma menor concentração para o grupo Fibras tipo II.

Para o desempenho do teste e para as variáveis neuromusculares podemos perceber o efeito placebo nas respostas encontradas. Por exemplo, após a ingestão das doses de placebo percebe-se que o número de repetições em todos os grupos foi superior em comparação ao BA. Estes resultados sustentam a hipótese de um efeito psicológico causado, pois, segundo Stewart-Williams e Podd (2004) o efeito placebo é quando ocorre uma melhora a partir da administração de um placebo, representando um efeito genuinamente psicológico.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a suplementação de cafeína proporcionou melhoras na resistência muscular e alterações na ativação neuromuscular. A partir dos resultados encontrados, podemos estimar que para exercícios resistidos a suplementação de cafeína possa ter uma maior influência nas fibras do tipo II, promovendo uma maior ativação, se propondo como um REN importante para auxiliar o desempenho na prática do TR. A suplementação aguda de cafeína também foi capaz de promover um aumento da tensão metabólica, proporcionado por uma economia glicêmica. Estes achados são fundamentais para mostrar que a suplementação de cafeína é capaz de modular diferentes respostas auxiliando as adaptações crônicas do exercício resistido.

Pesquisas futuras com o objetivo de analisar a intervenção da cafeína nas respostas neuromusculares e metabólicas em exercícios resistidos são necessárias para agregar nossos resultados, compartilhando ainda mais com a eficiência da substância. É importante ressaltar que nosso estudo é um dos primeiros a analisar a influência da cafeína nas respostas eletromiográficas durante a realização de um teste de resistência muscular utilizando o exercício

resistido. Como limitação do estudo, pontua-se a não utilização de testes para determinar a adesão ou abstinência de cafeína para os participantes.

REFERÊNCIAS

- ALTERMANN, A. M. et al. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. p. 225–239, 2008.
- 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.
- ARGUEDAS-SOLEY, A. et al. Acute caffeine supplementation and live match-play performance in team-sports: A systematic review (2000–2021). **Journal of Sports Sciences**, v. 40, n. 7, p. 717–732, 2022.
- BAZZUCCHI, I. et al. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. **Muscle & Nerve**, v. 43, n. 6, p. 839–844, jun. 2011.
- BILODEAU, M. et al. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 1, p. 83–92, fev. 2003.
- BLACK, C. D.; WADDELL, D. E.; GONGLACH, A. R. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 6, p. 1145–1158, jun. 2015.
- BLANCHARD, J.; SAWERS, S. J. A. The absolute bioavailability of caffeine in man. **European Journal of Clinical Pharmacology**, v. 24, n. 1, p. 93–98, 1983.
- BURKE, L. M. Caffeine and sports performance. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 33, n. 6, p. 1319–1324, 2008.
- DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and Anaerobic Performance. **Sports Medicine**, v. 39, n. 10, p. 813–832, out. 2009.
- DESBROW, B. et al. The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance. **Journal of Sports Sciences**, v. 30, n. 2, p. 115–120, jan. 2012.
- DHATT, G. S. et al. Performance of the Roche Accu-Chek Active Glucose Meter to Screen for Gestational Diabetes Mellitus Using Fasting Capillary Blood. **Diabetes Technology & Therapeutics**, v. 13, n. 12, p. 1229–1233, dez. 2011.
- DUNCAN, M. J.; OXFORD, S. W. The Effect of Caffeine Ingestion on Mood State and Bench Press Performance to Failure. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 1, p. 178–185, jan. 2011.
- FRANÇA, V. F. et al. Efeito da suplementação aguda com cafeína na resposta bioquímica durante exercício de endurance em ratos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 21, n. 5, p. 372–375, out. 2015.
- GLAISTER, M.; GISSANE, C. Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 13, n. 4, p. 402–411, abr. 2018.
- GOSWAMI, A.; SADHUKHAN, A. K.; GUPTA, S. EMG characteristics and fibre composition: study on rectus femoris of sprinters and long distance runners. **Indian journal of physiology and pharmacology**, v. 45, n. 4, p. 497–501, out. 2001.

GRGIC, J. et al. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. **Sports Medicine**, v. 49, n. 1, p. 17–30, 8 jan. 2019.

GUEST, N. S. et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1–37, 2 jan. 2021.

HALL, E. C. R. et al. Prediction of muscle fiber composition using multiple repetition testing. **Biology of Sport**, v. 38, n. 2, p. 277–283, 2021.

HECKMAN, M. A.; WEIL, J.; DE MEJIA, E. G. Caffeine (1, 3, 7-trimethylxanthine) in Foods: A Comprehensive Review on Consumption, Functionality, Safety, and Regulatory Matters. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 3, p. R77–R87, abr. 2010.

HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 5, p. 361–374, out. 2000.

HODGSON, A. B.; RANDELL, R. K.; JEUKENDRUP, A. E. The Metabolic and Performance Effects of Caffeine Compared to Coffee during Endurance Exercise. **PLoS ONE**, v. 8, n. 4, p. e59561, 3 abr. 2013.

KAMIMORI, G. 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 Pharmaceutics**, v. 234, n. 1–2, p. 159–167, mar. 2002.

KARP, J. R. Muscle Fiber Types and Training. **Strength and Conditioning Journal**, v. 23, n. 5, p. 21, out. 2001.

KERKSICK, C. M. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 1 dez. 2018.

LINSSEN, W. H. J. P. et al. Fatigue in type I fiber predominance: A muscle force and surface EMG study on the relative role of type I and type II muscle fibers. **Muscle & Nerve**, v. 14, n. 9, p. 829–837, set. 1991.

LOPES, J. P.; PLIÁSSOVA, A.; CUNHA, R. A. The physiological effects of caffeine on synaptic transmission and plasticity in the mouse hippocampus selectively depend on adenosine A1 and A2A receptors. **Biochemical Pharmacology**, v. 166, n. April, p. 313–321, ago. 2019.

MAGKOS, F.; KAVOURAS, S. A. Caffeine and Ephedrine. **Sports Medicine**, v. 34, n. 13, p. 871–889, 2004.

MERLO, E. et al. Time–frequency analysis and estimation of muscle fiber conduction velocity from surface EMG signals during explosive dynamic contractions. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 142, n. 2, p. 267–274, mar. 2005.

MONROE, J. C.; NAUGLE, K. M.; NAUGLE, K. E. Effect of Acute Bouts of Volume-Matched High-Intensity Resistance Training Protocols on Blood Glucose Levels. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 34, n. 2, p. 445–450, fev. 2020.

OLORUNSHOLA, K. V.; ACHIE, L. N. Caffeine Alters Skeletal Muscle Contraction by Opening of Calcium Ion Channels. **Current Research Journal of Biological Sciences**, v. 3, n. 5, p. 521–525, 2011.

PACHECO, C. et al. REGULAÇÃO GÊNICA DA VIA AMPK PELO EXERCÍCIO FÍSICO: REVISÃO SISTEMÁTICA E ANÁLISE IN SILICO. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 4, p. 328–334, ago. 2017.

PAGALA, M. K. D.; TAYLOR, S. R. Imaging caffeine-induced Ca²⁺ transients in individual fast-twitch and slow-twitch rat skeletal muscle fibers. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 274, n. 3, p. C623–C632, 1 mar. 1998.

PETTERSEN, S. A. et al. Caffeine supplementation does not affect match activities and fatigue resistance during match play in young football players. **Journal of Sports Sciences**, v. 32, n. 20, p. 1958–1965, 14 dez. 2014.

PICKERING, C.; GRGIC, J. Caffeine and Exercise: What Next? **Sports Medicine**, v. 49, n. 7, p. 1007–1030, 2019.

POLITO, M. D. et al. Acute effect of caffeine consumption on isotonic muscular strength and endurance: A systematic review and meta-analysis. **Science & Sports**, v. 31, n. 3, p. 119–128, jun. 2016.

RODRÍGUEZ-RIDAO, D. et al. Effect of Five Bench Inclinations on the Electromyographic Activity of the Pectoralis Major, Anterior Deltoid, and Triceps Brachii during the Bench Press Exercise. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 19, p. 7339, 8 out. 2020.

ROSE, A. J.; RICHTER, E. A. Skeletal Muscle Glucose Uptake During Exercise: How is it Regulated? **Physiology**, v. 20, n. 4, p. 260–270, ago. 2005.

SAN JUAN, A. F. et al. Caffeine Supplementation Improves Anaerobic Performance and Neuromuscular Efficiency and Fatigue in Olympic-Level Boxers. **Nutrients**, v. 11, n. 9, p. 2120, 5 set. 2019.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Fiber Types in Mammalian Skeletal Muscles. **Physiological Reviews**, v. 91, n. 4, p. 1447–1531, out. 2011.

SHEARER, J.; GRAHAM, T. E. Performance effects and metabolic consequences of caffeine and caffeinated energy drink consumption on glucose disposal. **Nutrition Reviews**, v. 72, n. S1, p. 121–136, out. 2014.

SHI, X. et al. Acute caffeine ingestion reduces insulin sensitivity in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis. **Nutrition Journal**, v. 15, n. 1, p. 103, 28 dez. 2016.

SHIMANO, T. et al. Relationship Between the Number of Repetitions and Selected Percentages of One Repetition Maximum in Free Weight Exercises in Trained and Untrained Men. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 20, n. 4, p. 819, 2006.

SÖKMEN, B. et al. Caffeine Use in Sports: Considerations for the Athlete. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 3, p. 978–986, maio 2008.

SOLOMONOW, M. et al. Electromyogram power spectra frequencies associated with motor unit recruitment strategies. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, n. 3, p. 1177–1185, 1 mar. 1990.

SPINELLI, H. et al. Caffeine intake improves muscular endurance and induces depletion of anaerobic work capacity in the bench press. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 28, 2022.

SPRIET, L. L. Exercise and Sport Performance with Low Doses of Caffeine. **Sports Medicine**, v. 44, n. S2, p. 175–184, 30 nov. 2014.

STEWART-WILLIAMS, S.; PODD, J. The Placebo Effect: Dissolving the Expectancy Versus Conditioning Debate. **Psychological Bulletin**, v. 130, n. 2, p. 324–340, 2004.

WILLIAMS, A. D. et al. The Effect of Ephedra and Caffeine on Maximal Strength and Power in Resistance-Trained Athletes. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 22, n. 2, p. 464–470, mar. 2008.

CONCLUSÃO GERAL DO ESTUDO

Em virtude dos resultados encontrados, conclui-se que a suplementação de cafeína interfere no desempenho durante um teste de resistência muscular, sendo possível observar pequenos aumentos nos parâmetros que envolvem o teste, como o número de repetições, ativação neuromuscular e um aumento da tensão metabólica. É preciso destacar que estes pequenos aumentos são importantíssimos na prática do treinamento físico, tornando a cafeína um suplemento ainda mais atraente. Para a ativação neuromuscular, percebemos que as fibras do tipo II foram mais sensíveis a suplementação de cafeína, fazendo este um dos principais achados. Como nosso estudo é um dos primeiros a analisar a influência da cafeína nas respostas eletromiográficas durante o exercício resistido, existe a necessidade e possibilidade de mais estudos com o objetivo de analisar a suplementação de cafeína no desempenho do TR, principalmente a partir da sua ativação eletromiográfica e concentração de metabólitos.

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Prezado Senhor, você está sendo convidado a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Antes de concordar, é importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Será garantido todo o sigilo, privacidade e acesso aos resultados, durante todas as etapas da pesquisa.

I – DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Título: DIFERENTES DOSAGENS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA INTERFEREM EM PARÂMETROS NEUROMUSCULARES DURANTE UM TESTES DE RESISTÊNCIA MUSCULAR?

Pesquisador(es) responsável(is): Guilherme Pereira Saborosa e Sandro Fernandes da Silva.

Instituição/Departamento: Departamento de Nutrição e Departamento de Educação Física

Telefone para contato: (35) 99154-1702

Local da coleta de dados: Laboratório LEMOH – Localizado no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Lavras

Nome do Avaliado: _____

II - OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo verificar os efeitos de diferentes doses (210 mg e 420 mg) da suplementação de cafeína sobre o desempenho de resistência muscular, a capacidade e ativação neuromuscular.

III – JUSTIFICATIVA

A pesquisa tem como justificativa demonstrar que a utilização da cafeína pode alterar o rendimento em um teste de resistência muscular. A partir dessa análise poderemos entender que a utilização desse recurso ergogênico pode alterar o recrutamento determinante das fibras musculares naquele determinado momento. Portanto o presente estudo irá possuir uma alta aplicabilidade para treinadores e nutricionistas, no momento de prescrição do treinamento e para o planejamento nutricional utilizando a cafeína como um Recurso Ergogênico Nutricional.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Durante a realização da pesquisa, serão realizadas ao todo 6 visitas presenciais ao laboratório LEMOH, seguindo diferentes etapas, como: 1º visita – Medidas Antropométricas e Recordatório Alimentar 24horas (R24H); 2º visita – Lactato pré, mensuração da massa muscular, Teste de 1RM, Eletromiografia (EMG), Contração Voluntária Isométrica Máxima (CVIM) e lactato pós; 3º visita – Lactato Pré, R24H, DMIT, mensuração da massa muscular, teste de resistência muscular, EMG e Lactato pós; 4º, 5º e 6º visita - Lactato Pré, R24H, suplementação, DMIT, mensuração da massa muscular, teste de resistência muscular, EMG e Lactato pós. Tempo entre uma visita a outra: 1º visita – 2º visita = 24horas; 2º visita – 3º visita = 48horas, 3º visita – 4º visita = 48horas; 4º vista – 5º visita = 7 dias; 5º visita – 6º visita = 7 dias.

V - RISCOS ESPERADOS

Durante a realização da pesquisa, o participante pode apresentar alguma reação devido ao uso da cafeína, por isso antes mesmo de iniciarmos a pesquisa, estaremos cientes se o mesmo pode realizar a suplementação ou não. Pode

ocasionar também alguma lesão musculoesquelética proporcionada pela realização do teste, porém, tomaremos todos os cuidados necessários para que tais eventos não ocorram, com toda uma equipe preparada para desenvolver as etapas da melhor maneira possível. Lembrando que qualquer problema desenvolvido durante a pesquisa, será de responsabilidade dos avaliadores.

VI – BENEFÍCIOS

O desempenho durante o treinamento, ou até mesmo o rendimento em determinado exercício é importantíssimo para conseguirmos efetuar o mesmo da melhor maneira possível, alcançando assim nossos objetivos. Portanto, será importantíssimo identificar se o uso da cafeína provocará uma melhora no rendimento do participante, aumentando assim a resistência e a força muscular. Propondo, que para esses participantes, caso eles queiram buscar uma melhora do desempenho durante os treinos, caso a cafeína cause um efeito positivo, este recurso ergogênico nutricional pode ser um grande auxiliador.

VII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

Será suspensa ou encerrada a pesquisa, caso os participantes não seguirem os procedimentos propostos, desistirem de fazer parte dos grupos durante as etapas e apresentarem efeitos adversos (não se sentirem bem) após o uso da suplementação. Caso os participantes já fazem o uso da suplementação de cafeína, ou algum estimulante, eles serão automaticamente excluídos da pesquisa.

VIII – CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto a participação a minha no presente Projeto de Pesquisa.

Lavras _____ de _____ de 20____.

Nome legível/ RG

Assinatura

ATENÇÃO! Por sua participação, você: não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira; nem será ressarcido de despesas que ocorrerem (tais como gastos com transporte, que serão pagos pelos pesquisadores aos participantes ao início dos procedimentos); nem será indenizado em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa; tendo o direito de desistir a qualquer momento, retirando o consentimento, sem nenhuma penalidade e sem perder quaisquer benefícios. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da UFLA. Endereço – Campus Universitário da UFLA, Pró-reitoria de pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 3829-5182.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada

com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.

No caso de qualquer emergência entrar em contato com o pesquisador responsável do Programa de Pós-Graduação no Departamento de Nutrição e Saúde. Telefone de contato: 035 3829-9727.

ATENÇÃO: A sua participação na pesquisa é voluntária. Em caso de dúvidas, escreva para e-mail de um dos pesquisadores responsáveis: sandrosf@ufla.br, guisaborosa08@gmail.com

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DOS EFEITOS COLATERAIS APRESENTADOS PELA SUPLEMENTAÇÃO.

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE EFEITOS COLATERAIS

Descreva qualquer outro efeito colateral:

Nome: _____

Efeito	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Ansiedade				
Nervosismo				
Irritabilidade				
Tensão				
Tremor				
Bem acordado				
Alerta				
Agitação				
Contrações musculares				
Tremores musculares				
Coração acelerado				
Coração pulando batidas				
Dor torácica				
Queimação no peito				
Rosto corado				
Dor de cabeça				
Pensamentos e fala acelerados				
Náuseas				
Desconforto Gastrointestinal				

Qual suplemento você acredita ter ingerido?

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Cafeína				
Placebo				
Não sei				

Motivo Teste 1: _____

Motivo Teste 2: _____

Motivo Teste 3: _____

Motivo Teste 4: _____