



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DIEGO BRITO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA
SOBRE O DESEMPENHO MUSCULAR DURANTE A
EXTENSÃO DE JOELHOS UNILATERAL COM RESTRIÇÃO
DO FLUXO SANGUÍNEO**

Londrina
2016

DIEGO BRITO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA
SOBRE O DESEMPENHO MUSCULAR DURANTE A
EXTENSÃO DE JOELHOS UNILATERAL COM RESTRIÇÃO
DO FLUXO SANGUÍNEO**

Trabalho de dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação associado UEM/UEL em Educação física na linha de pesquisa de ajustes e respostas fisiológicas e metabólicas ao exercício físico como requisito para obtenção do título de Mestrado.

Orientador: Dr. Marcos Doederlein Polito.

Londrina
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S729i Souza, Diego Brito.
Influência da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho muscular durante a extensão de joelhos unilateral com restrição do fluxo sanguíneo / Diego Brito Souza. - Londrina, 2016.
38 f. : il.

Orientador: Marcos Doederlein Polito.
Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Cafeína - Tese. 2. Exercício com restrição de fluxo sanguíneo - Tese. 3. Treinamento resistido - Tese. I. Polito, Marcos Doederlein. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III.

CDU 796.091.2

DIEGO BRITO DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE CAFEÍNA SOBRE
O DESEMPENHO MUSCULAR DURANTE A EXTENSÃO DE
JOELHOS UNILATERAL COM RESTRIÇÃO DO FLUXO SANGUÍNEO**

Trabalho de dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação associado UEM/UEL em Educação física na linha de pesquisa de ajustes e respostas fisiológicas e metabólicas ao exercício físico como requisito para obtenção do título de Mestrado.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Dr. Marcos Doederlein Polito
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Rafael Deminice
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Cosme Buzzachera.
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

Londrina, 31 de Agosto, de 2016.

SOUZA, Diego Brito. **Influência da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho muscular durante a extensão de joelhos unilateral com restrição do fluxo sanguíneo.** 2016. 38 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

RESUMO

OBJETIVOS: O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho físico em três séries de extensão unilateral de joelho com restrição do fluxo sanguíneo. Como objetivos secundários, foram avaliados o efeito da suplementação de cafeína sobre as percepções subjetivas de esforço e dor; e o efeito da suplementação de cafeína sobre a concentração de lactato sanguíneo. **MÉTODOS:** Em um delineamento crossover duplo cego, 16 homens ($21,9 \pm 5,5$ anos; $76,6 \pm 6,1$ kg; $175,3 \pm 4,9$ cm) experientes em treinamento resistido por $2,3 \pm 1,4$ anos, ingeriram 6 mg/kg de cafeína ou placebo 1 hora antes de realizarem o exercício de extensão unilateral de joelho com restrição de fluxo sanguíneo até a falha concêntrica, com intervalo de um minuto entre as séries e com uma carga de 30% de 1RM. O valor de restrição de fluxo sanguíneo foi de 80% do valor de restrição total do fluxo sanguíneo. **RESULTADOS:** Não foi identificada diferença significativa entre o número de repetições realizadas nas condições de suplementação de cafeína e placebo na 1ª série ($27,9 \pm 6,6$ vs $25,6 \pm 4,8$; $p=0,10$), 2ª série ($9,8 \pm 3,5$ vs $9,6 \pm 3,4$; $p=0,89$) e 3ª série ($3,1 \pm 4,9$ vs $3,0 \pm 3,9$; $p=0,92$). Também não foi encontrada diferença significativa ($p=0,17$) entre os valores de lactato sanguíneo para a cafeína ($7,1 \pm 1,5$ mmol/L) e placebo ($6,4 \pm 1,3$ mmol/L). Da mesma forma, não foi verificado diferença significativa para os valores de percepção subjetiva de esforço entre cafeína e placebo, sendo ($6,5 \pm 1,67$ vs 6 ± 2 ; $p=0,23$) para a 1ª série; ($8,2 \pm 1$ vs $8,2 \pm 1,3$; $p=1,00$) para a 2ª série e ($9,3 \pm 0,7$ vs $9,3 \pm 0,8$; $p=1,00$) para a 3ª série. De forma similar, para percepção subjetiva de dor também não foi encontrado diferenças significativas, sendo ($5,2 \pm 2,4$ cm vs $6 \pm 2,2$ cm; $p=0,12$) para a 1ª série; ($7,6 \pm 1,4$ cm vs $8,2 \pm 1,3$ cm; $p=0,18$) para a 2ª série e ($8,9 \pm 0,9$ cm vs $9,3 \pm 0,8$ cm; $p=0,40$) para a 3ª série entre as condições cafeína e placebo respectivamente. **CONCLUSÃO:** A suplementação aguda de cafeína não foi capaz de alterar o desempenho físico, percepção subjetiva de esforço, percepção subjetiva de dor e lactato sanguíneo no exercício de extensão unilateral de joelhos com restrição de fluxo sanguíneo.

Palavras-Chave: Recurso ergogênico. Treinamento resistido. Restrição de fluxo sanguíneo.

SOUZA, Diego Brito. **Acute caffeine supplementation influence on muscle performance during unilateral knee extension with blood flow restriction.** 2016. 38p. Dissertation (Master degree of Physical Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

ABSTRACT

OBJECTIVES: The aim of this study was to investigate the effect of acute caffeine supplementation on physical performance in three knee unilateral extension series with blood flow restriction. As a secondary objective, we evaluated the effect of caffeine supplementation on perceived effort and pain; and the effect of caffeine supplementation on blood lactate concentration. **METHODS:** In a double-blind crossover design, 16 men (21.9 ± 5.5 years, 76.6 ± 6.1 kg; 175.3 ± 4.9 cm) resistance trained for 2.3 ± 1.4 years, ingested 6 mg / kg of caffeine or placebo one hour before engaging in exercise of knee unilateral extension with blood flow restriction to the concentric failure, with one-minute interval between sets and a 30% load 1RM. The restriction of blood flow value was 80% of the total amount of blood flow restriction. **RESULTS:** There was identified a significant difference between the number of repetitions performed in caffeine and placebo supplementation conditions in set 1 (27.9 ± 6.6 vs 25.6 ± 4.8 ; $p = 0.10$), set 2 (9.8 ± 3.5 vs 9.6 ± 3.4 ; $p = 0.89$) and set 3 (3.1 ± 4.9 vs 3.0 ± 3.9 ; $p = 0.92$). There was also no significant difference ($p = 0.17$) between the blood lactate values for caffeine (7.1 ± 1.5 mmol / L) and placebo (6.4 ± 1.3 mmol / L). Similarly, it was not verified significant difference to values of perceived effort between caffeine and placebo, and (6.5 ± 1.67 vs 6 ± 2 ; $p = 0.23$) for the 1st set; (8.2 ± 1 vs 8.2 ± 1.3 ; $p = 1.00$) for the 2nd set and (9.3 ± 0.7 vs 9.3 ± 0.8 ; $p = 1.00$) for the 3rd set. Similarly, for subjective perception of pain it was also not found significant differences and (5.2 ± 2.4 cm vs 2.2 cm, $p = 0.12$) for the 1st set; (7.6 ± 1.4 cm vs 8.2 ± 1.3 cm; $p = 0.18$) for the 2nd set and (8.9 ± 0.9 cm vs 9.3 ± 0.8 cm; $p = 0.40$) for the 3rd set between the conditions caffeine and placebo, respectively. **CONCLUSION:** Acute caffeine supplementation was not able to change the physical performance, perceived exertion, pain perception and blood lactate in the exercise of unilateral knee extension with blood flow restriction.

Keywords: Ergogenic aid. Resistance training. Blood flow restriction.

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1 - Características gerais dos estudos envolvendo cafeína e exercício resistido.....	14
Tabela 2 - Características da amostra (n=16).	21
Tabela 3 - Efeito da suplementação de cafeína sobre o número de repetições.....	21
Tabela 4 - Efeito da suplementação de cafeína sobre a percepção subjetiva de esforço (PSE) e percepção subjetiva de dor (PSD).	23
Figura 1 - Concentração de lactato sanguíneo.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVO GERAL	10
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.4	HIPÓTESES	10
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	CAFEÍNA.	11
2.2	CAFEÍNA E EXERCÍCIO RESISTIDO	11
2.3	EXERCÍCIO RESISTIDO DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO	15
3	MÉTODOS	18
3.1	AMOSTRA.....	18
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.3	TESTE DE FORÇA MÁXIMA.....	19
3.4	INGESTÃO DE CAFEÍNA.....	19
3.5	RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO	20
3.6	COLETA DE LACTATO SANGUÍNEO	20
3.7	TRATAMENTO ESTATÍSTICO	20
4	RESULTADOS	22
5	DISCUSSÃO	25
5.1	CONCLUSÃO	28
5.2	APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	28
6	REFERENCIAS	29

APENDICES	35
APÊNDICE A	36
ANEXOS	37
ANEXO A	38
ANEXO B	39

1 INTRODUÇÃO

A cafeína é uma substância frequentemente utilizada como recurso ergogênico em diferentes tipos de ações musculares, dentre os quais o exercício resistido (DAVIS; GREEN, 2009). Os mecanismos de ação da cafeína para aumentar o desempenho no exercício resistido parecem estar associados à estimulação do sistema nervoso central, além de inibir os efeitos da adenosina agindo sobre seus receptores, o que pode resultar em diminuição da fadiga (DAVIS et al 2003) e/ou diminuição da percepção subjetiva de esforço e percepção de dor tanto durante como após uma sessão de exercício resistido até a exaustão (DUNCAN; OXFORD, 2012; DUNCAN et al., 2013).

Nesse contexto, a literatura sugere que a cafeína pode agir positivamente sobre o desempenho da força muscular. Por exemplo, a meta análise de Warren et al. (2010) mostrou que a cafeína pode aumentar o desempenho físico em exercícios resistidos realizados em ações isométricas, isocinéticas ou isotônicas. No entanto, Warren et al. (2010) não compararam os diferentes tipos de força muscular, quais sejam máxima e de resistência; e o modelo matemático de análise foi aplicado nos resultados das pesquisas de ambos os tipos de ação. Tradicionalmente, a força máxima é definida como a maior carga que pode ser executada uma única vez em um movimento correto; e a força de resistência é a maior quantidade de repetições que se pode realizar corretamente com uma determinada carga submáxima. Reconhecidamente, as vias fisiológicas que influenciam os diferentes tipos de força também são diferentes (KNAPIK et al., 1983) e, por isso, o desempenho de ambas as forças deve ser analisado separadamente.

Além disso, a prescrição atual de exercícios resistidos proporciona uma variedade de modelos e métodos de treinamento, como por exemplo o exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo (RFS). Esse modelo de exercício resistido apresenta-se como uma alternativa para o aumento da força e massa magra (KUBO et al., 2006; LOENNEKE; WILSON; WILSON, 2010; TAKARADA et al., 2000a), porém com baixa sobrecarga sobre a articulação envolvida (KUBOTA et al., 2008). Trata-se de executar um exercício resistido com restrição de sangue à musculatura envolvida no esforço (MANINI; CLARK, 2009). A RFS determina um ambiente com elevado estresse metabólico, o que dificulta a mobilização de alta carga, mas que favorece a produção hormonal, produção de espécies reativas de oxigênio e estímulo à contração de fibras rápidas (PEARSON; HUSSAIN, 2015). Nesse

contexto, mesmo com cargas reduzidas, em longo prazo pode ocorrer um aumento da força e da massa magra mesmo em indivíduos treinados (TAKARADA; SATO; ISHII, 2002).

Como resposta ao ambiente metabólico induzido pela compressão da musculatura e dos vasos sanguíneos durante a RFS, esse tipo de exercício parece promover aumentos similares ao treino de alta intensidade sobre a concentração de lactato sanguíneo (POTON; POLITO, 2014). Adicionalmente, parece existir uma relação direta entre o aumento da pressão de restrição do fluxo sanguíneo e a concentração de lactato sanguíneo (LUNDBERG et al., 2002). Além disso, o aumento de lactato pode ser acompanhado pelo aumento da amplitude e frequência de disparos das unidades motoras compostas por fibras do tipo II em exercício com RFS (TAKARADA et al., 2000a). Da mesma forma, a ingestão da cafeína, pode aumentar a atividade contráctil da musculatura (GRAHAM, 2001), o que pode acelerar o processo de glicogenólise, elevando os níveis de lactato sanguíneo (ANSELME et al., 1992). Sugere-se que o aumento da concentração sanguínea de lactato apresenta-se como um estímulo inicial para o aumento do nível de circulação hormônio do crescimento (LASSARRE et al., 1974). Além disso, o ambiente metabólico na musculatura esquelética também pode promover aumentos na percepção subjetiva de esforço e percepção de dor (HOLLANDER et al., 2010; LOENNEKE et al., 2010).

Considerando que ação da cafeína pode estar associada à redução das percepções de esforço e dor (MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013), uma hipótese é que a cafeína reduza essas variáveis durante o exercício resistido com RFS.

1.1 JUSTIFICATIVA

O exercício resistido com RFS é atualmente recomendado para o aumento da força e da massa magra (FUJITA et al., 2007; LOENNEKE et al., 2012a). Contudo, esse modelo de exercício aumenta significativamente as percepções de esforço e dor em relação ao modelo tradicional de exercício resistido (HOLLANDER et al., 2010). Por outro lado, a cafeína possui ação fisiológica que pode reduzir as sensações de esforço e dor (MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013). Contudo, para o nosso conhecimento, ainda não foi testada a relação entre o consumo de cafeína e o desempenho/ percepções de esforço e dor durante o exercício resistido com RFS. Nesse contexto, nossa hipótese é que a suplementação aguda de cafeína melhore o desempenho e/ou reduza as percepções de esforço e dor durante o exercício resistido com RFS.

1.2 OBJETIVO GERAL

Considerando os aspectos previamente relatados, o objetivo geral do estudo foi verificar a influência da cafeína sobre o desempenho físico no exercício de extensão de joelho unilateral de baixa intensidade com RFS.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

De forma específica, pretende-se:

- a) Verificar o efeito da suplementação de cafeína nas percepções de esforço e dor durante o exercício resistido de baixa intensidade com RFS.
- b) Verificar o efeito da suplementação de cafeína nas respostas do lactato sanguíneo após o exercício resistido de baixa intensidade com RFS.

1.4 HIPÓTESES

Como hipóteses, têm-se:

- a) A suplementação de cafeína aumenta o desempenho físico em exercício resistido com RFS.
- b) A suplementação de cafeína diminui a percepção subjetiva de esforço durante o exercício com RFS.
- c) A suplementação de cafeína diminui a percepção subjetiva de dor durante o exercício com RFS.
- d) A suplementação de cafeína aumenta a concentração de lactato sanguíneo após o exercício com RFS.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CAFEÍNA

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é encontrada em diversos alimentos (cacau, chocolates, gomas de mascar, balas e doces), bebidas (cafés, refrigerantes, chás, bebidas energéticas), medicamentos (cápsulas, líquidos ou *sprays* nasal) e em suplementos esportivos e alimentares (pó, tabletes ou cápsulas), sendo uma das substâncias com ação psico-ativa mais consumida diariamente em diversas partes do mundo (MANDEL, 2002; NAWROT et al., 2003; SINCLAIR; GEIGER, 2000).

No corpo humano, após a ingestão, a cafeína é transportada pela corrente sanguínea e alcança diversos tecidos do corpo. Especula-se que seu principal efeito é sobre o sistema nervoso central, uma vez que ela possui uma composição química similar a adenosina, fazendo com que ela tenha alta afinidade com os receptores de adenosina A_1 , A_{2a} e A_3 Rs (SAWYNOK, 2015) inibindo a adenosina e aumentando a liberação de neurotransmissores adrenérgicos, diminuindo a percepção subjetiva de esforço e percepção de dor (DUNCAN; OXFORD, 2012; DUNCAN et al., 2013; MEEUSEN; ROELANDS; SPRIET, 2013).

Acredita-se que a cafeína possa ter efeito direto na musculatura esquelética sobre o aumento de força, através de uma maior liberação de cálcio no retículo sarcoplasmático. Nesse sentido, devido ao seu potencial ergogênico sobre o desempenho físico, o consumo dessa substância tem se tornado comum entre praticantes recreacionais e atletas (CHESTER; WOJEK, 2008).

2.2 CAFEÍNA E EXERCÍCIO RESISTIDO

A cafeína parece exercer tanto um efeito periférico (musculatura esquelética) como efeito central (sistema nervoso central), sendo capaz de aumentar a força contrátil em atividades submáximas, através da liberação de cálcio dos receptores de rianodina para o retículo sarcoplasmático (TARNOPOLSKY, 2008). Esse mecanismo estimula o sistema nervoso central através do bloqueio dos receptores de adenosina e pode alterar o recrutamento das unidades motoras (GRAHAM, 2001). Em função disso, a glicogenólise pode ser acelerada podendo contribuir para o aumento da concentração de

lactato sanguíneo (ANSELME et al., 1992).

Embora a cafeína se apresenta eficaz no aumento da performance em exercícios aeróbios (DAVIS; GREEN, 2009; GRAHAM, 2001), ainda se especula seus possíveis efeitos sobre exercícios resistidos. Sendo assim, nos últimos anos, alguns estudos têm sido realizados para verificar o efeito ergogênico da ingestão da cafeína sobre o exercício resistido (ASTORINO et al., 2010; BEHRENS et al., 2015; DAVIS; GREEN, 2009; WARREN et al., 2010).

Neste sentido, em uma amostra de indivíduos treinados (22 homens), após a ingestão de 6 mg.kg^{-1} não foi encontrada diferença significativa no teste de força (1RM) ou a 60% de 1RM (ASTORINO; ROHMANN; FIRTH, 2008). Por outro lado, em um estudo com uma amostra de 17 sujeitos (13 homens, 5 mulheres) que realizaram os exercícios de membros inferiores (*leg press*) e superiores (supino reto) após a ingestão de 6 mg.kg^{-1} em uma intensidade de 80% de 1RM, foi verificado um aumento significativo no número de repetições na terceira série do exercício de *leg press* (GREEN et al., 2007). Esses dados sugerem que o efeito da cafeína sobre o desempenho de exercício resistidos ainda não é consensual.

Independentemente disso, a cafeína também pode modificar os valores de percepção subjetiva de esforço e dor. Por exemplo, foi verificado que o número de repetições realizadas foi aumentado e os valores de percepção subjetiva de esforço e percepção subjetiva de dor durante o exercício foram reduzidos após uma sessão de exercícios até a exaustão em intensidade de 60% de 1RM (DUNCAN et al., 2013). A queda da percepção subjetiva de esforço vai ao encontro com outros estudos que utilizaram exercícios aeróbios (DOHERTY; SMITH, 2005; KILLEN et al., 2013), sprints (DUNCAN; TAYLOR; LYONS, 2012) e exercício resistido (DUNCAN; OXFORD, 2011). A diminuição das percepções de dor e esforço estão relacionadas com o efeito da cafeína sobre o bloqueio dos receptores periféricos de adenosina A2A e centrais A2B, alterando a sinalização central de dor (SAWYNOK, 1998), podendo exercer um efeito hipalgésico sobre a musculatura esquelética. No entanto, alguns estudos não verificaram a mesma diminuição, embora tenha-se verificado aumento no desempenho físico (COLE; COSTILL, 1996; DUNCAN; OXFORD, 2012; SILVA et al., 2015).

Desta forma, sugere-se que a ingestão de cafeína pode manter a percepção subjetiva de esforço em valores semelhantes a condição placebo enquanto se realiza um maior esforço. Ademais, a cafeína pode diminuir a dor sobre a musculatura esquelética, beneficiando a sustentação do esforço durante o exercício (MEEUSEN; ROELANDS;

SPRIET, 2013). Entretanto, Doherty e Smith (2005) afirmam que a percepção subjetiva de esforço pode explicar apenas 29% da variância na melhoria de desempenho com a ingestão da cafeína, ou seja, existem outros mecanismos atuando.

Sobre a dosagem da cafeína, a ingestão de 3-6 mg.kg⁻¹ de cafeína tem se mostrado eficiente para a melhora da performance em diferentes tipos de exercício e contrações musculares (GOLDSTEIN et al., 2010b). Doses maiores (por exemplo, 9 mg.kg⁻¹) não mostraram efeito em exercício de endurance (GRAHAM; SPRIET, 1995); e doses menores (por exemplo, 100 mg) parecem não melhorar a performance cognitiva e tempo de reação (LIEBERMAN et al., 2002). No entanto, o efeito de baixas doses sobre a performance ainda não são claros e, além disso, antes da prescrição nutricional da cafeína é importante considerar o tipo de desempenho físico que será realizado, a individualidade da amostra e o consumo habitual da cafeína (GOLDSTEIN et al., 2010b).

Em relação ao estado de treinamento, os estudos que utilizaram indivíduos não treinados obtiveram pouco ou nenhum efeito da cafeína, diferentemente dos estudos que utilizaram indivíduos treinados. Desta forma, a cafeína parece ser mais efetiva em indivíduos experientes no treinamento. Embora a razão destas diferenças não seja tão clara, a cafeína pode ser mais eficaz em exercícios de endurance que utilizam testes ou séries até a exaustão (DAVIS; GREEN, 2009; WARREN et al., 2010), o que pode desfavorecer indivíduos não treinados, considerando que adaptações neuromusculares específicas para determinadas tarefas são mais desenvolvidas em indivíduos treinados. Um outro fator que poderia interferir o efeito da suplementação de cafeína no desempenho físico é o hábito de ingerir cafeína. No entanto na revisão da literatura realizada por Davis e Green (2009), demonstra que a maioria dos estudos que procuraram investigar o efeito da suplementação da cafeína em consumidores habituais e não habituais de cafeína não encontraram diferenças sobre o desempenho físico. Para um melhor entendimento da presente revisão foi feito uma tabela resumo com os resultados dos estudos que verificaram o efeito da suplementação de cafeína sobre o desempenho em exercícios resistidos, os dados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características gerais dos estudos envolvendo cafeína e exercício resistido (adaptado de POLITO et al., 2016).

Referências	Amostra	Dosagem Cafeína	Forma de ingestão	Tempo de consumo	Exercícios	Testes de força ou fadiga	Desempenho físico
(ASTORINO; ROHMANN; FIRTH, 2008)	22 homens; 23.4±3.6 anos; 178±5 cm; 82.5±13.6 kg	6 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Supino reto, leg-press	Repetições até a falha e teste de 1 RM	Supino reto, ↔ leg-press ↔
(ASTORINO et al., 2011)	14 homens; 23.1±1.1 anos; 180±2 cm; 83.4±3.5 kg	6 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Supino reto, leg-press, remada, desenvolvimento.	Repetições até a falha	Supino reto ↔, leg-press ↔/↑ (↔ 3 e 4ª séries/↑ 1ª e 2ª series), remada ↔, desenvolvimento ↔.
(ASTORINO et al., 2013)	7 homens hipertensos (23.9±4.6 anos; 180±10 cm; 89±16.2 kg) e 7 homens normotensos (22.4±4 anos; 180±10 cm; 77.9±6.4 kg)	6 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Supino reto, leg-press, remada, desenvolvimento.	Repetições até a falha	Supino reto ↔, leg-press ↔, remada ↔, desenvolvimento ↔.
(COOK et al., 2012)	16 homens; 20.9±0.9 anos; 185±6 cm; 97±8 kg	4 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Supino reto, agachamento, remada.	Repetições até a falha	Supino reto ↑, agachamento ↑, remada ↑
(DUNCAN; OXFORD, 2011)	13 homens; 22.7±6 anos	5 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino reto	Repetições até a falha	Supino reto ↑
(DUNCAN; OXFORD, 2012)	18 homens; 20.4±1.9 anos; 175±8 cm; 80.8±17.9 kg	5 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino Reto	Repetições até a falha	Supino reto ↑
(DUNCAN et al., 2013)	9 homens; 2 mulheres; 26.4±4.6 anos; 172±10 cm; 79.1±17.1 kg	5 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino reto, agachamento terra, remada, agachamento	Repetições até a falha	Supino reto ↔, agachamento terra ↔, remada ↔, agachamento ↔ Soma de todos exercícios ↑.
(GOLDSTEIN et al., 2010a)	15 mulheres; 24.6±6.9 anos; 166.2±9 cm; 63.6±8.3 kg	6 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino reto	Repetições até a falha e teste de 1 RM	Supino reto até a falha ↔, Supino reto 1RM ↑.
(GREEN et al., 2007)	13 homens; 4 mulheres	6 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Supino reto, leg-press	Repetições até a falha	Supino reto ↔, leg-press ↑/↔ (↔ 1ª, 2ª série ↑ 3ª série).

Tabela 1 - Continuação

Referências	Amostra	Dosagem Cafeína	Forma de ingestão	Tempo de consumo	Exercícios	Testes de força ou fadiga	Desempenho físico
(HUDSON et al., 2008)	15 homens; 22±1.3 anos; 182±7.1 cm; 78.6±9.6 kg	6.2 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Extensão de joelhos, rosca bíceps	Repetições até a falha	Extensão de joelhos ↑/↔ (↑1ª série/↔ 2ª,3ª e 4ª série), rosca bíceps ↔.
(HURLEY; HATFIELD; RIEBE, 2013)	12 homens; 20±1 anos; 179.2±9.4 cm; 76.7±8.1 kg	5 mg.kg ⁻¹	Cápsula	60	Rosca bíceps	Repetições até a falha	Rosca bíceps ↑.
(JACOBS; PASTERNAK; BELL, 2003)	13 homens; 176±8 cm; 72±11 kg	4 mg.kg ⁻¹	Cápsula	90	Supino reto, leg-press	Repetições até a falha	Supino reto ↔, leg press ↔.
(MATERKO; SANTOS, 2011)	13 homens; 25.3±3.8 anos; 174±4.6 cm; 77±12.6 kg	250 mg	Cápsula	60	Supino reto, puxada frente, extensão de joelhos, flexão de joelhos,	Repetições até a falha (10 RM)	Supino reto ↔/↑ (↑ apenas para 10 RM), puxada frente ↔, extensão de joelhos ↔/↑ (↑ apenas para 10 RM), flexão de joelhos ↔.
(RUIZ et al., 2011)	8 homens; 23±3 anos; 180±2 cm; 77±11 kg	4 mg.kg ⁻¹	Cápsula	45	supino reto, leg press, puxada frente, extensão de joelhos, remada, flexão de joelhos	Repetições até a falha	supino reto ↔, leg press ↔, puxada frente ↔, extensão de joelhos ↔, remada ↔, flexão de joelhos ↔.
(ANDREW et al., 2008)	9 homens; 26.2±4.3 anos; 84.1±10.3 kg	300 mg	Cápsula	45	Supino reto, puxada frente	Teste de 1 RM	Supino reto ↔, puxada frente ↔.
(WOOLF; BIDWELL; CARLSON, 2008a)	18 homens; 24.1±5.8 anos; 183±7 cm; 88±9 kg	5 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino reto, leg press	Repetições até a falha	Supino reto ↑; Leg press ↔
(WOOLF; BIDWELL; CARLSON, 2008b)	17 homens; 20±2 anos; 185±5 cm; 100±15 kg	5 mg.kg ⁻¹	Líquido	60	Supino reto	Repetições até a falha	Supino reto ↔

↑ aumento significativo ($p < 0,05$); ↔ sem alteração significativa ($p > 0,05$).

2.3 EXERCÍCIO RESISTIDO DE BAIXA INTENSIDADE COM RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO.

O treinamento resistido é o principal aliado para aumentar os valores de força e massa muscular. As recomendações mais recentes sugerem que maiores aumentos de força e massa muscular podem ser encontradas em treinamentos com intensidades de 65-80% de 1RM (RATAMESS et al., 2009). No entanto, nos últimos anos, alguns pesquisadores investigaram uma nova técnica que combina o exercício resistido com a restrição de fluxo

sanguíneo (RFS), no qual os indivíduos realizaram o treinamento em intensidades de 20-50% de 1RM e encontraram resultados similares ao treinamento de força em intensidades altas (LOENNEKE et al., 2012a; MANINI; CLARK, 2009).

Também conhecida como “oclusão vascular” (KUBO et al., 2006; YAMADA; KUSAKA; TANAKA, 2004) e “KAATSU training” (NAKAJIMA; MORITA; SATO, 2011; NAKAJIMA et al., 2006), a RFS consiste em restringir o fluxo de sangue durante o exercício, por meio de equipamentos especializados ou manguitos de medida da pressão arterial. Na RFS, o fluxo de sangue nos vasos flui com restrição parcial enquanto na oclusão vascular o fluxo sanguíneo é totalmente interrompido.

Existem várias especulações em relação aos mecanismos atrelados ao aumento de força e massa muscular nesse tipo de exercício. O aumento da hipóxia aguda contribui para o aumento da concentração de metabólitos na musculatura podendo encadear uma série de reações (SLYSZ; STULTZ; BURR, 2015), como o aumento do hormônio de crescimento (GH). Em um estudo realizado com 6 indivíduos que realizaram cinco series de 14 repetições em uma intensidade de 20% de 1RM com oclusão vascular, o GH chegou a valores 290 vezes maior em relação ao repouso (TAKARADA et al., 2000b), alcançando valores similares ao treinamento de alta intensidade (KRAEMER et al., 1990). O GH pode potencializar o aumento da área de secção transversa, no entanto ainda é controverso o papel efetivo do GH na hipertrofia nesse tipo de exercício (FUJITA et al., 2007; TAKANO et al., 2005; TAKARADA et al., 2000b). Alguns autores também verificaram um aumento na ativação de fibras musculares do tipo II (TAKARADA et al., 2000b; YAMADA; KUSAKA; TANAKA, 2004). Este aumento está relacionado com o acúmulo de metabólito e a ativação de metaborreceptores e à estimulação da via simpática, o que contribui para a modificação no padrão de recrutamento muscular e também pela redução de disponibilidade de oxigênio e substratos energéticos. Isso exige maior necessidade de recrutamento de unidades motoras para compensar o déficit na sustentação da força muscular (MORITANI et al., 1992; TAKARADA et al., 2000a; YAMADA; KUSAKA; TANAKA, 2004).

Outras hipóteses estão relacionadas às alterações nos mecanismos de sinalização intracelular. Por exemplo, em um estudo com 29 homens fisicamente ativos, foi verificado aumento na área de secção transversa muscular de 6,3 % para o grupo que treinou em baixa intensidade com oclusão vascular. Esse aumento pode ser justificado pela diminuição da expressão gênica da miostatina (45%) e pelo aumento na expressão dos genes de seus antagonistas (SMAD-7, FLST-3 e GASP-1) (LAURENTINO et al., 2012).

Outros mecanismos celulares parecem apresentar um papel importante no

aumento da síntese proteica. Foi verificado que a ativação da via de sinalização mTOR pode ser aumentado no processo de recuperação do exercício resistido em baixa intensidade com RFS em concomitante aumento da fosforilação da S6K1/Akt. Esses podem também contribuir para uma maior resposta anabólica nesse tipo de exercício assim como em exercícios de alta intensidade (FUJITA et al., 2007).

As atuais recomendações para hipertrofia muscular para indivíduos saudáveis pelo American College of Sports Medicine é de que se realize o exercício resistido com uma intensidade média de 70% de 1RM (RATAMESS et al., 2009), o que limita algumas populações, como idosos frágeis, pacientes com doenças osteomioarticulares, e pacientes em processo de reabilitação. A inserção de novas estratégias que ofereçam menores sobrecargas mecânicas sobre as articulações e musculatura esquelética como o exercício de baixa intensidade com RFS podem ser adotadas.

No entanto, embora comprovada a eficiência deste tipo de exercício em relação ao ganho de força e massa muscular, esta técnica apresenta elevados níveis de dor, gerando desconforto o que pode comprometer a aderência do indivíduo ao exercício, limitando a prática somente para indivíduos motivados. Ainda assim, poucas estratégias podem ser utilizadas para amenizar esse problema. Uma alternativa para diminuição da dor e melhora do desempenho poderia ser a liberação da pressão do manguito nos intervalos de descanso. No entanto, se o acúmulo de metabólitos é importante para o ganho de força e hipertrofia, a liberação da pressão poderia interferir de forma negativa nesses processos (LAURENTINO et al., 2008). Uma outra alternativa é o tamanho do *cuff* ou manguito utilizado para a restrição do fluxo de sangue, quanto maior o manguito de pressão, maior é a compressão sobre os tecidos em determinadas pressões quando comparados com *cuffs* menores, o que deve ser levado em conta quando trabalhado com populações especiais (LOENNEKE et al., 2012b). Da mesma forma, a elevação do nível de pressão do manguito sobre a musculatura pode aumentar os níveis de dor. Já não se recomenda estabelecer um valor arbitrário de pressão para a RFS para todos indivíduos, pois os valores de oclusão podem variar entre indivíduos (LOENNEKE et al., 2013). Por último, e ainda não testado, seria a utilização de recursos farmacológicos/nutricionais, como a cafeína, que parece ser eficaz na diminuição das percepções subjetiva de esforço e dor e ao mesmo tempo pode melhorar o desempenho em exercícios resistidos (DUNCAN; OXFORD, 2012; DUNCAN et al., 2013).

3 MÉTODOS

3.1 AMOSTRA

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado considerando como três repetições a diferença entre duas médias e o desvio padrão esperado de 2, e potência estatística de 80% e nível de significância menor que 0,05. Esses dados mostraram que a amostra mínima deveria ter 16 sujeitos. Seguindo delineamento aleatorizado, duplo-cego e crossover, a amostra contou com 16 sujeitos treinados (Tabela 2). A quantidade de cafeína habitual consumida pelos participantes foi extraída através de um questionário construídos para o presente estudo, no qual foi apresentada uma lista com possíveis substâncias que continham cafeína (CA) (Apêndice 1). A mesma lista foi utilizada para orientar os indivíduos a não realizarem a ingestão das mesmas substâncias por 48 horas anteriores aos testes. Os indivíduos realizaram o exercício de extensão de joelhos unilateral com a perna dominante com RFS após a ingestão de uma cápsula de cafeína ou placebo, em dias diferentes. Como critérios de inclusão, os indivíduos deveriam ser não fumantes, sem problemas osteomioarticulares que pudessem interferir na realização do exercício, com índice de massa corporal inferior a 30 kg.m^{-2} e treinados em musculação. Os indivíduos foram orientados a não realizar nenhum esforço extenuante e não consumir bebidas alcoólicas no período de 72 horas antes dos testes de esforços até o final do experimento. Todos foram informados sobre os procedimentos do estudo e sobre os possíveis efeitos da CA e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa em seres humanos da Universidade Estadual de Londrina através do parecer de número 1.141.230.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os indivíduos realizaram um total de quatro visitas ao laboratório, com intervalo mínimo de 48 horas. A primeira visita foi para a realização das medidas antropométricas, teste de uma repetição máxima (1RM) na cadeira extensora e familiarização com as escalas que foram utilizadas para medir a percepção subjetiva de esforço (PSE) (LAGALLY; ROBERTSON, 2006) (escala Omni 0-10, Anexo 1) e dor (PSD) (BIJUR; SILVER; GALLAGHER, 2001) (*Visual Analog Scale*, Anexo 2). Na segunda visita, foi realizado o reteste de 1RM. As demais visitas foram destinadas às sessões experimentais em

um modelo crossover e a ingestão da cafeína ou placebo foi realizada da forma duplo-cego. Após 60 minutos da ingestão da cápsula (MANDEL, 2002), os indivíduos foram submetidos a sessão de exercício. Para ambas sessões, foram realizadas três séries até a falha concêntrica com intervalo de recuperação entre as séries de 1 minuto com uma intensidade de 30% de 1RM. Todos os indivíduos foram orientados e estimulados verbalmente para realizarem o máximo de repetições durante cada série. As repetições foram realizadas em uma cadência de 1,5 segundos (metrônomo digital) tanto para as contrações concêntricas quanto para as contrações excêntricas. As repetições completas foram contadas e registradas. Ao final de cada série foram aplicadas as escalas para PSE e PSD. Após o término do exercício, também foi coletado uma amostra de lactato sanguíneo.

3.3 TESTE DE FORÇA MÁXIMA

Foram realizados teste e reteste de 1RM com intervalo mínimo de 72 horas entre os mesmos. O exercício utilizado foi a cadeira extensora (TechnoGym®, Roma, Itália). Para evitar possíveis erros de execução, foi feita uma demonstração da execução correta do exercício antes da primeira tentativa. O aquecimento foi realizado com uma intensidade de carga < 50% da carga estimada para a primeira tentativa. Em ambos os testes, os indivíduos tiveram no máximo cinco tentativas para determinação da carga máxima com intervalo de recuperação de três a cinco minutos. Todos indivíduos foram orientados e encorajados verbalmente a realizarem duas repetições. Para os sujeitos que completaram duas repetições, a carga foi aumentada até que realizassem apenas uma repetição completa. Para os indivíduos que não conseguiram realizar uma repetição, a carga foi reduzida. O percentual de carga experimental foi estabelecido através do maior valor de 1RM encontrado nos testes. Caso os indivíduos não alcançassem o valor de 1RM em nenhum dos dois dias de teste, seria realizado um terceiro dia de teste. Contudo, não foi necessário a realização de um terceiro teste. Todos os testes foram acompanhados pelo mesmo avaliador.

3.4 INGESTÃO DE CAFEÍNA

Ambos os grupos foram orientados a ingerir uma cápsula contendo em média 6 mg de cafeína por quilogramas de peso corporal (kg) ou então uma cápsula placebo (dilucap) uma hora antes da sessão experimental. Para isso, foi adotado o procedimento

crossover, e a ingestão da cafeína foi realizada de forma duplo cego, e os grupos realizaram a ingestão das duas cápsulas em dias diferentes.

3.5 RESTRIÇÃO DE FLUXO SANGUÍNEO

Para promover a RFS, foi utilizado um manguito de coxa para adultos (18 cm de largura x 90 cm de comprimento) posicionado no terço proximal da coxa. Um *doppler* vascular (MARTEC DV600, São Paulo, Brasil) posicionado sobre a artéria tibial posterior auxiliou na identificação do som da passagem do fluxo sanguíneo. A partir da identificação do som, o esfigmomanômetro foi inflado até que o som fosse interrompido e neste momento foi registrado o valor de restrição. A pressão dos manguitos durante a sessão experimental foi mantida em 80% do valor de restrição total do fluxo sanguíneo, sendo liberada somente após o final da última série.

3.6 COLETA DE LACTATO SANGUÍNEO

Foram utilizadas luvas cirúrgicas durante todo o procedimento. O lactato plasmático foi obtido no momento de repouso da primeira visita ao laboratório e com intervalo de até um minuto após o término da última série de cada sessão experimental. Anteriormente à coleta da amostra sanguínea, foi realizada assepsia com álcool 70% na polpa digital do dedo médio da mão direita. A punção foi realizada utilizando-se de lancetas descartáveis, sendo aplicada à gota de sangue em suspensão sobre área específica da tira reativa *BM-lactate* que foi analisada por meio de lactímetro portátil (AccutrendPlus®, Roche, São Paulo, SP).

3.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para a verificação da distribuição dos dados das variáveis lactato, percepção subjetiva de esforço, percepção subjetiva de dor e número de repetições realizadas em cada uma das três séries. Considerando a distribuição normal dos dados, o teste t-Student para variáveis dependentes foi aplicado para a análise de lactato. Para as outras variáveis, foi utilizada a ANOVA para medidas repetidas. Foi utilizado o Post-hoc de Fisher LSD para identificar os resultados significativos. O nível de significância adotado foi de 5%. ($P < 0,05$). Também foi calculado o tamanho do efeito através da fórmula de Cohen (COHEN, 1992) para todas as variáveis. O pacote estatístico utilizado foi o Statistica 12.0 (Statsoft, Tulsa, OK, E.U.A.).

4 RESULTADOS

Tabela 2 - Características da amostra (n=16).

Idade (anos)	21,9 ± 5,5
Altura (cm)	175,3 ± 4,9
Peso (kg)	76,6 ± 6,1
Tempo de treinamento (anos)	2,3 ± 1,4
Nível de RFS durante o exercício (mmHg)	138,7 ± 24,9
Consumo de cafeína habitual (mg)	79,67 ± 107,8
1 RM (kg)	81,5 ± 7,4
30% de 1 RM (kg)	24,4 ± 2,36

Os valores são apresentados em média e desvio padrão. As características da amostra são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 3 - Efeito da suplementação de cafeína sobre o número de repetições.

Nº de repetições	1ª série	2ª série	3ª série
Cafeína	27,9 ± 6,6	9,8 ± 3,5*	3,1 ± 4*†
Placebo	25,6 ± 4,8	9,6 ± 3,4*	3,0 ± 3,9*†

*p<0,05 em relação a 1ª série; †p<0,05 em relação a 2ª série.

Os resultados apresentados na Tabela 3 demonstram os resultados sobre o número de repetições realizados nas três séries. Não foi encontrado efeito significativo para o número de repetições em nenhuma das 3 séries quando comparadas as duas substâncias (p>0,05). Foi verificado uma diminuição significativa da 2ª para a 1ª série e diminuições significativas da 3ª para a 1ª e 2ª séries (p<0,05) dentro das condições cafeína e placebo.

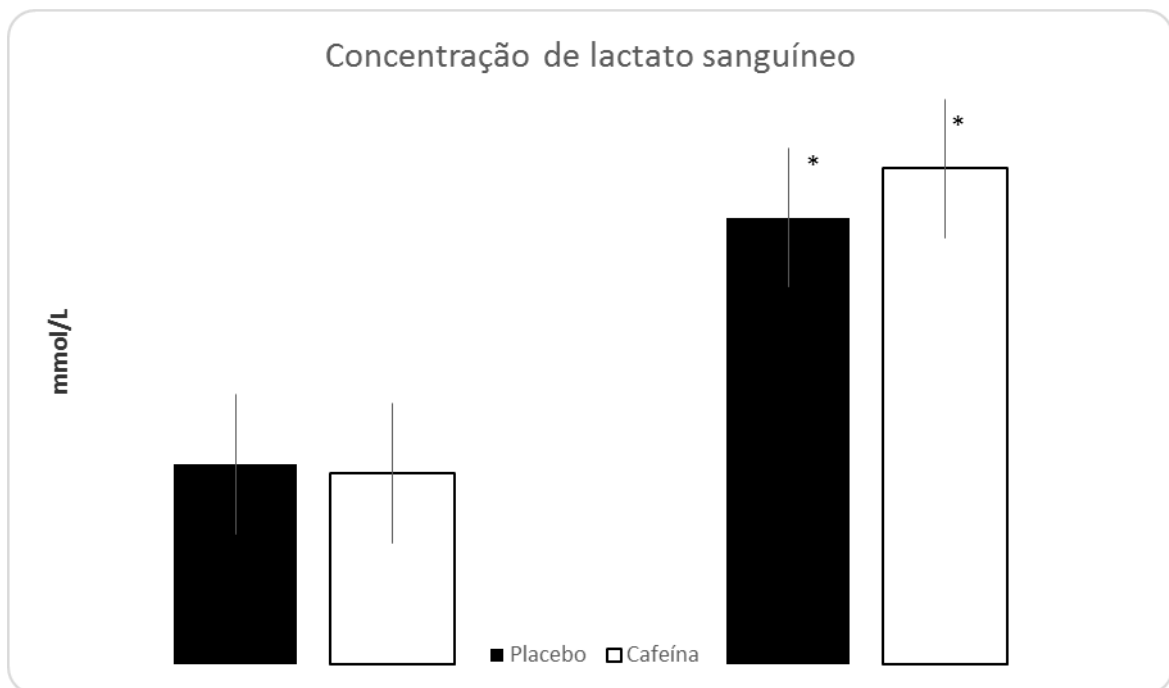
Tabela 4 - Efeito da suplementação de cafeína sobre a percepção subjetiva de esforço (PSE) e percepção subjetiva de dor (PSD).

	Cafeína	Placebo
PSE 1ª série	6,5 ± 1,67	6,0 ± 2,06
PSE 2ª série	8,25 ± 1,06*	8,25 ± 1,39*
PSE 3ª série	9,31 ± 0,7*†	9,31 ± 0,87*†
PSD 1ª série	5,29 ± 2,49	6,0 ± 2,26
PSD 2ª série	7,68 ± 1,45*	8,28 ± 1,38*
PSD 3ª série	8,93 ± 0,9*†	9,31 ± 0,83*†

*p<0,05 em relação a 1ª série; †p<0,05 em relação a 2ª série

Assim como foi descrito na Tabela 4, não foram encontradas diferenças significativas para os valores de PSE ($p>0,05$) e PSD ($p>0,05$) em nenhuma das três séries, quando verificado o efeito da suplementação entre as condições cafeína e placebo. Para a PSE, foi verificado aumento significativo da 1ª para a 2ª série, da 1ª para a 3ª série e da 2ª para a 3ª série ($p<0,05$) dentro das condições cafeína e placebo. Para PSD foi verificado aumento da 1ª para a 2ª série, da 1ª para a 3ª série e da 2ª para a 3ª série nas condições cafeína e placebo ($p<0,05$).

Figura 1 - Concentração de lactato sanguíneo.



* p<0,05 em relação ao repouso.

Na Figura 1, verifica-se que não foi encontrado diferenças significativas para o lactato sanguíneo após o exercício ($p= 0,17$) e no período de repouso ($p=0,62$) quando comparadas as duas substâncias. Foi verificado aumento significativo para o lactato sanguíneo do período de repouso para após o exercício nas condições cafeína e placebo ($p<0,05$).

Para o tamanho do efeito foi verificado um pequeno efeito no número de repetições na primeira série ($d = 0,38$), segunda série ($d = 0,05$) e terceira série ($d = 0,03$). Da mesma forma foi verificado um pequeno efeito para a primeira, segunda e terceira série da PSE ($d = 0,24$; $d = 0$; $d = 0$) respectivamente. Para a PSD também foi verificado um pequeno efeito para as três séries, ($d = -0,32$; $d = -0,44$; $d = -0,46$), 1^a, 2^a e 3^a série respectivamente. Apenas para as medidas de lactato sanguíneo após o exercício foi verificado um efeito moderado ($d = 0,54$).

Ao final do experimento os sujeitos foram questionados sobre qual substâncias teriam ingerido e 50% dos sujeitos acertaram quais substâncias ingeriram, 31,2% erraram e 18,7% relataram não saber quais substâncias teriam ingerido nas duas condições.

5 DISCUSSÃO

O principal objetivo do estudo foi verificar o efeito da suplementação aguda de cafeína sobre o desempenho físico no exercício de extensão de joelho unilateral com RFS. Não foi encontrado efeito significativo da suplementação de cafeína sobre o desempenho físico em nenhuma das séries, rejeitando a hipótese de que a cafeína aumentaria o desempenho físico em exercício com RFS. Para verificar possíveis efeitos clínicos, foi calculado o tamanho do efeito e foi verificado um pequeno efeito para as três séries (aproximadamente um aumento de 6,5% no número de repetições para a condição cafeína).

Para explicar nossos resultados, elencamos algumas hipóteses com base na literatura científica. Nesse contexto, podem ser citados o tamanho da musculatura envolvida no esforço e a própria RFS. Em relação ao tamanho do músculo, Warren et al. (2010), em um clássico estudo meta-analítico, identificaram uma relação positiva entre o tamanho dos grupos musculares utilizados com o desempenho no exercício, ou seja, quanto maior a massa muscular envolvida, maior o efeito da cafeína sobre o desempenho físico. Embora ainda seja incerta essa associação, de forma hipotética, uma maior quantidade de fibras musculares ativadas, poderia fazer com que a cafeína tivesse um maior espaço de atuação periférica sobre os canais de rianodina na liberação de cálcio, otimizando o processo de excitação-contração. No presente estudo, foi utilizado um grupo muscular relativamente grande (quadríceps), mas realizado de forma unilateral. Nesse contexto, a utilização de exercícios com maior massa muscular poderia potencializar o efeito ergogênico da cafeína.

Porém, independentemente de possíveis explicações atreladas ao tamanho muscular envolvido no esforço, levantamos a hipótese de que a própria RFS tenha contribuído para nossos resultados. É importante ressaltar que a suplementação de cafeína pode aumentar a ativação elétrica muscular devido a uma maior mobilização de cálcio intramuscular no retículo sarcoplasmático (BAZZUCCHI et al., 2011; NEHLIG; DEBRY, 1994). Todavia, em condições de hipóxia, tal como ocorre no exercício com RFS, o influxo de cálcio intramuscular pode ser reduzido (ALLEN; ORCHARD, 1983), o que teoricamente poderia limitar o efeito da cafeína sobre o processo de excitação-contração. Nesse contexto, embora a literatura reporte que a cafeína tenha um efeito ergogênico em exercícios resistidos realizados com muitas repetições (POLITO et al., 2016), a principal característica do modelo de exercício resistido com RFS é a diminuição sustentada do fluxo sanguíneo tanto durante o esforço quanto durante o intervalo de recuperação, criando um ambiente local de hipóxia aumentada e inibindo o aumento do desempenho.

Além disso, a hipóxia estimulada pela RFS ocasiona em liberação de espécies reativas de oxigênio, favorecendo o acúmulo de metabólitos (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013), tal qual nos exercícios resistidos tradicionais realizados em intensidades elevadas. Essas alterações fisiológicas durante o exercício resistido com RFS podem desencadear valores de percepção subjetiva de esforço significativamente maiores em relação ao exercício resistido tradicional de alta intensidade (VIEIRA et al., 2015). Sendo assim, considerando que a cafeína pode, também, estimular o sistema nervoso central (NEHLIG; DAVAL; DEBRY, 1992), optamos por verificar as percepções de esforço e dor durante o exercício com RFS. No presente estudo, tanto para PSE quanto para PSD, foi verificado aumento significativo ao longo das séries dentro das condições cafeína e placebo. Contudo a suplementação de cafeína foi insuficientemente capaz de reduzir as percepções de esforço e dor durante o exercício, rejeitando a hipótese de que a suplementação de cafeína diminuísse os valores de percepções subjetivas de esforço e dor. Alguns estudos com exercícios isotônicos sem RFS, demonstraram diminuição na percepção subjetiva de esforço e dor para exercícios realizados até a falha concêntrica e aumento no desempenho físico (DUNCAN et al., 2013); em outros experimentos não foram verificados diminuição significativa nas percepções de dor e esforço, mas foi verificado aumento do desempenho físico (COLE; COSTILL, 1996; DUNCAN; OXFORD, 2012). No nosso estudo, altos valores de PSD e PSE foram alcançados, provavelmente, pela ação externa do manguito posicionado e inflado sobre a área muscular da coxa. Nessa perspectiva, a pressão contínua do manguito sobre a musculatura contribui para uma maior sensibilização de mecanismos relacionados a dor, diferente do exercício convencional que não sofre influência dessa ação externa, possibilitando menor desconforto e menores níveis de PSE em relação ao exercício com RFS (VIEIRA et al., 2015). Assim, o efeito da cafeína sobre PSE e PSD durante o exercício resistido com RFS pode ter sido minimizado pela ação da compressão do manguito, o qual aumentou a dor devido à pressão exercida sobre a musculatura e pela redução do fluxo de sangue.

De forma adicional, a única variável metabólica analisada neste estudo foi o lactato sanguíneo. As medidas de lactato sanguíneo foram realizadas durante o repouso e após o término da última série. No presente estudo, foi verificado aumento significativo para as duas condições do momento de repouso para após o exercício, o que já era esperado, devido ao estresse metabólico causado pelo exercício com a RFS (POPE; WILLARDSON; SCHOENFELD, 2013). No entanto, a suplementação de cafeína não apresentou resultados significativos sobre a concentração de lactato sanguíneo entre as condições. A ação da cafeína

sobre o bloqueio dos receptores de adenosina e o aumento do processo contráctil podem estimular o aumento da concentração de lactato sanguíneo. A maioria dos estudos que relataram aumento da concentração de lactato apresentaram aumento do desempenho físico (ANSELME et al., 1992; COLLOMP et al., 1991; ROBERTS et al., 2007; SCHNEIKER et al., 2006). Ainda assim, o lactato sanguíneo pode ser aumentado em condições onde a percepção de dor é diminuída (DAVIS; GREEN, 2009), de forma que prolongue o esforço e produza uma quantidade maior de lactato sanguíneo. No presente estudo, como relatado anteriormente, não foi verificado aumento no desempenho físico e também não houve diminuição nos valores de percepção subjetiva de dor, o que hipoteticamente e mesmo de forma limitada possa explicar a ausência de efeito da cafeína sobre a concentração de lactato sanguíneo.

Independentemente dos resultados apresentados, algumas limitações merecem ser destacadas. Por exemplo, a medida da concentração plasmática de cafeína poderia auxiliar na identificação da farmacocinética dessa substância após a ingestão, a qual pode ser diferenciada individualmente (BLANCHARD; SAWERS, 1983). Outra limitação do estudo foi a falta de uma avaliação eletromiográfica, o que nos permitiria identificar possíveis diferenças na ativação muscular entre as condições cafeína e placebo.

Concluindo, os resultados apresentados demonstram que a cafeína não influenciou o desempenho em exercício resistido com RFS. Contudo, não se pode afirmar que tais resultados sejam reproduzíveis em amostra com diferentes estados de treinamento ou em diferentes exercícios/grupamentos musculares. Além disso, alguns efeitos desencadeados pela cafeína podem ser percebidos em alguns indivíduos e a comparação entre os sujeitos que percebem e não percebem a cafeína seria importante. Assim, futuras investigações são necessárias para um aprofundamento sobre o efeito agudo da cafeína em exercícios resistidos com RFS.

5.1 CONCLUSÃO

A suplementação aguda de 6 mg/kg de cafeína não altera o desempenho físico, lactato sanguíneo e as percepções subjetiva de esforço e dor em uma sessão de exercício resistido para membro inferior com restrição de fluxo sanguíneo em indivíduos treinados.

5.2 APLICAÇÕES PRÁTICAS

A suplementação aguda de cafeína parece não ser uma boa estratégia para melhorar o desempenho físico em exercício resistido com restrição de fluxo sanguíneo.

6 REFERENCIAS

- ALLEN, D. G.; ORCHARD, C. H. Intracellular calcium concentration during hypoxia and metabolic inhibition in mammalian ventricular muscle. **Journal of physiology**, v. 339, p. 107–22, 1983.
- ANDREW, W. 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, p. 465–470, 2008.
- ANSELME, F. et al. Caffeine increases maximal anaerobic power and blood lactate concentration. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 65, p. 188–191, 1992.
- ASTORINO, T. A. et al. Effect of two doses of caffeine on muscular function during isokinetic exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, p. 2205–2210, 2010.
- ASTORINO, T. A. et al. Minimal effect of acute caffeine ingestion on intense resistance training performance. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 25, p. 1752–1758, 2011.
- ASTORINO, T. A. et al. Caffeine ingestion and intense resistance training minimize postexercise hypotension in normotensive and prehypertensive men. **Research in sports medicine (Print)**, v. 21, p. 52–65, 2013.
- 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, p. 127–132, 2008.
- BAZZUCCHI, I. et al. Caffeine improves neuromuscular function during maximal dynamic exercise. **Muscle and nerve**, v. 43, n. 6, p. 839–844, 2011.
- BEHRENS, M. et al. Caffeine-induced increase in voluntary activation and strength of the quadriceps muscle during isometric, concentric and eccentric contractions. **Scientific reports**, v. 5, p. 10209, 2015.
- BIJUR, P. E.; SILVER, W.; GALLAGHER, E. J. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. **Academic emergency medicine : official journal of the society for academic emergency medicine**, v. 8, n. 12, p. 1153–1157, 2001.
- 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.
- CHESTER, N.; WOJEK, N. Caffeine consumption amongst British athletes following changes to the 2004 WADA Prohibited List. **International journal of sports medicine**, v. 29, n. 6, p. 524–528, 2008.
- COHEN, J. Statistical power analysis. **Current directions in psychological science**, v. 1, n. 3, p. 98–101, 1992.
- COLE, K.; COSTILL, D. Effect of caffeine ingestion on perception of effort and subsequent

work production. **International journal of sport nutrition**, v. 6, p. 14 – 21, 1996.

COLLOMP, K. et al. Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. **International journal of sports medicine**, v.12, p 439 – 443, 1991.

COOK, C. et al. Acute caffeine ingestion's increase of voluntarily chosen resistance-training load after limited sleep. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 22, p. 157–164, 2012.

DAVIS, J. K.; GREEN, J. M. Caffeine and anaerobic performance: Ergogenic value and mechanisms of action. **Sports medicine**, v. 39, p. 813-832, 2009.

DOHERTY, M.; SMITH, P. M. Effects of caffeine ingestion on rating of perceived exertion during and after exercise: A meta-analysis. **Scandinavian journal of medicine and science in sports**, v. 15, p. 69-78 2005.

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. 392–9, jan. 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 / National strength & conditioning association**, v. 25, p. 178–185, 2011.

DUNCAN, M. J.; OXFORD, S. W. Acute caffeine ingestion enhances performance and dampens muscle pain following resistance exercise to failure. **Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 52, p. 280–285, 2012.

DUNCAN, M. J.; TAYLOR, S.; LYONS, M. The effect of caffeine ingestion on field hockey skill performance following physical fatigue. **Research in sports medicine (Print)**, v. 20, p. 25–36, 2012.

FUJITA, S. et al. Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 103, n. 3, p. 903–10, 2007.

GOLDSTEIN, E. et al. Caffeine enhances upper body strength in resistance-trained women. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 7, p. 18, jan. 2010a.

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, p. 5, 2010b.

GRAHAM, T. E. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. / Caffeine et exercice: métabolisme, endurance et performance. **Sports medicine**, v. 31, n. 11, p. 785–807, 2001.

GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L. Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 78, n. 3, p. 867–874, 1995.

GREEN, J. M. et al. Effects of caffeine on repetitions to failure and ratings of perceived exertion during resistance training. **International journal of sports physiology and**

performance, v. 2, p. 250–259, 2007.

HOLLANDER, D. B. et al. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 24, n. 1, p. 235–43, 2010.

HUDSON, G. M. et al. Effects of caffeine and aspirin on light resistance training performance, perceived exertion, and pain perception. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 22, p. 1950–1957, 2008.

HURLEY, C. F.; HATFIELD, D. L.; RIEBE, D. A. The effect of caffeine ingestion on delayed onset muscle soreness. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 27, p. 3101–9, 2013.

JACOBS, I.; PASTERNAK, H.; BELL, D. G. Effects of ephedrine, caffeine, and their combination on muscular endurance. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 35, p. 987–994, 2003.

KILLEN, L. G. et al. Effects of caffeine on session ratings of perceived exertion. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 3, p. 721–727, 2013.

KNAPIK, J. J. et al. Isometric, isotonic, and isokinetic torque variations in four muscle groups through a range of joint motion. **Physical therapy**, v. 63, p. 938–947, 1983.

KRAEMER, W. J. et al. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 69, n. 4, p. 1442–1450, 1990.

KUBO, K. et al. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. **Journal of applied biomechanics**, v. 22, n. 2, p. 112–119, 2006.

KUBOTA, A. et al. Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 40, n. 3, p. 529–534, 2008.

LAGALLY, K. M.; ROBERTSON, R. J. Construct validity of the OMNI resistance exercise scale. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 20, p. 252–256, 2006.

LASSARRE, C. et al. Kinetics of human growth hormone during submaximal exercise. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 37, n. 6, p. 826–830, 1974.

LAURENTINO, G. et al. Effects of strength training and vascular occlusion. **International journal of sports medicine**, v. 29, n. 8, p. 664–667, 2008.

LAURENTINO, G. C. et al. Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 44, n. 3, p. 406–12, 2012.

LIEBERMAN, H. R. et al. Effects of caffeine, sleep loss, and stress on cognitive performance and mood during U.S. Navy SEAL training. **Psychopharmacology**, v. 164, n. 3, p. 250–261, 2002.

LOENNEKE, J. P. et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association**, v. 24, n. 10, p. 2831–2834, 2010.

LOENNEKE, J. P. et al. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 5, p. 1849–59, 2012a.

LOENNEKE, J. P. et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 8, p. 2903–2912, 2012b.

LOENNEKE, J. P. et al. Blood flow restriction pressure recommendations: A tale of two cuffs. **Frontiers in physiology**, v. 4 p. 149, 2013.

LOENNEKE, J. P.; WILSON, G. J.; WILSON, J. M. A mechanistic approach to blood flow occlusion. **International journal of sports medicine**, v. 31, n. 1, p. 1–4, 2010.

LUNDBERG, G. et al. Lactate concentrations in human skeletal muscle biopsy, microdialysate and venous blood during dynamic exercise under blood flow restriction. **Pflugers archiv european journal of physiology**, v. 443, n. 3, p. 458–465, 2002.

MANDEL, H. G. Update on caffeine consumption, disposition and action. **Food and chemical toxicology**, v. 40, p. 1231-1234, 2002.

MANINI, T. M.; CLARK, B. C. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 37, n. 2, p. 78–85, 2009.

MATERKO, W.; SANTOS, E. L. Efeito agudo da suplementação da cafeína no desempenho da força muscular e alterações cardiovasculares durante o treino de força. Acute effect of caffeine supplementation on performance of muscular strength and cardiovascular changes during resistance tra. **Motricidade**, v. 7, n. 3, p. 29–36, 2011.

MEEUSEN, R.; ROELANDS, B.; SPRIET, L. L. Caffeine, exercise and the brain. **Nestlé nutrition institute workshop series**, v. 76, p. 1–12, 2013.

MORITANI, T. et al. Oxygen availability and motor unit activity in humans. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 64, n. 6, p. 552–556, 1992.

NAKAJIMA, T. et al. Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. **International journal of KAATSU training research**, v. 2, n. 1, p. 5–13, 2006.

NAKAJIMA, T.; MORITA, T.; SATO, Y. Key considerations when conducting KAATSU training. **International journal of KAATSU training research**, v. 7, n. 1, p. 1–6, 2011.

NAWROT, P. et al. Effects of caffeine on human health. **Food additives and contaminants**, v. 20, n. 1, p. 1–30, 2003.

NEHLIG, A.; DAVAL, J. L.; DEBRY, G. Caffeine and the central nervous system: Mechanisms of action, biochemical, metabolic and psychostimulant effects. **Brain research reviews**, v. 17, p. 139-170, 1992.

NEHLIG, A.; DEBRY, G. Caffeine and sports activity: a review. **International journal of**

sports medicine, v. 15, n. 5, p. 215–223, 1994.

PEARSON, S. J.; HUSSAIN, S. R. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 45, n. 2, p. 187–200, 2015.

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, p. 119–118, 2016.

POPE, Z. K.; WILLARDSON, J. M.; SCHOENFELD, B. J. Exercise and blood flow restriction. **Journal of strength and conditioning research / National strength & conditioning association** v. 27, p. 2914–26, 2013.

POTON, R.; DOEDERLEIN POLITO, M. Hemodynamics responses during lower-limb resistance exercise with blood flow restriction in healthy subjects. **The journal of sports medicine and physical fitness**, p. 1–7, 2014.

RATAMESS, N. A. et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

ROBERTS, M. D. et al. Effects of ingesting JavaFit Energy Extreme functional coffee on aerobic and anaerobic fitness markers in recreationally-active coffee consumers. **Journal of the international society of sports nutrition**, v. 4, p. 25, 2007.

RUIZ, R. et al. Caffeine Intake and Cardiovascular Responses after Resistance Exercise Session. **Revista brasileira de cardiologia**, v. 24, n. 2, p. 112–115, 2011.

SAWYNOK, J. Adenosine receptor activation and nociception. **Eur j pharmacol**, v. 347, p. 1–11, 1998.

SAWYNOK, J. Adenosine receptor targets for pain. **Neuroscience**. 2015.

SCHNEIKER, K. T. et al. Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 38, n. 3, p. 578–585, 2006.

SILVA, V. DA et al. Effects of acute caffeine ingestion on resistance training performance and perceptual responses during repeated sets to failure. **Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 55, n. 5, p. 383–389, 2015.

SINCLAIR, C. J. D.; GEIGER, J. D. Caffeine use in sports. A pharmacological review. **Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 40, n. 1, p. 71–79, 2000.

SLYSZ, J.; STULTZ, J.; BURR, J. F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. **Journal of science and medicine in sport**, 2015.

TAKANO, H. et al. Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. **European journal of applied physiology**, v. 95, n. 1, p. 65–73, 2005.

TAKARADA, Y. et al. Effects of resistance exercise combined with moderate vascular

occlusion on muscular function in humans. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 88, n. 6, p. 2097–2106, 2000a.

TAKARADA, Y. et al. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 88, n. 1, p. 61–5, 2000b.

TAKARADA, Y.; SATO, Y.; ISHII, N. Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. **European journal of applied physiology**, v. 86, n. 4, p. 308–314, 2002.

TARNOPOLSKY, M. A. Effect of caffeine on the neuromuscular system--potential as an ergogenic aid. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 33, p. 1284–1289, 2008.

VIEIRA, A. et al. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. **Clinical physiology and functional imaging**, v. 35, n. 5, p. 323–7, 2015.

WARREN, G. L. et al. Effect of caffeine ingestion on muscular strength and endurance: A meta-analysis. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 42, p. 1375–1387, 2010.

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

WOOLF, K.; BIDWELL, W. K.; CARLSON, A. G. Effect of Caffeine as an Ergogenic Aid During Anaerobic Performance in Caffeine Naive Collegiate Football Players. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, p. 412–429, 2008b.

YAMADA, E.; KUSAKA, T.; TANAKA, S. Effects of vascular occlusion on surface electromyography and muscle oxygenation during isometric contraction. **Journal of sport rehabilitation**, v. 13, n. 4, p. 287–300, 2004.

APENDICES

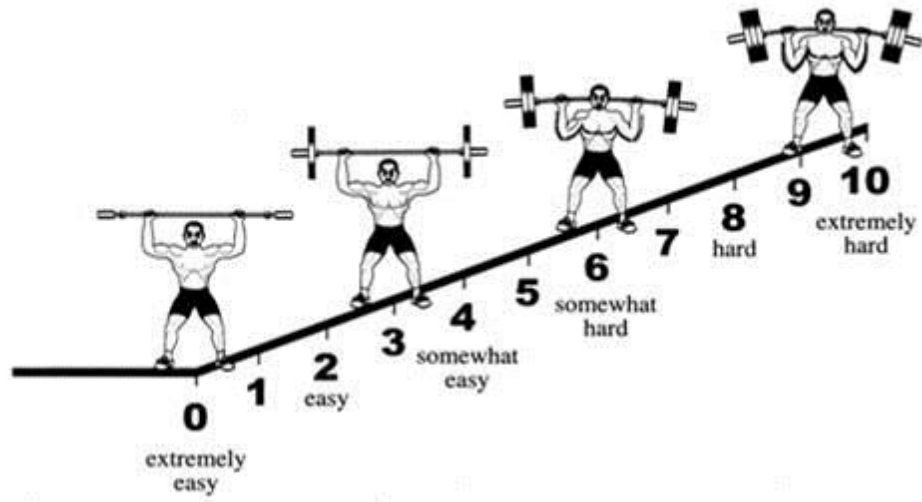
APÊNDICE A

Você consome alguma destas substâncias pelo menos 3 vezes por semana? Se sim, qual a quantidade, e marca do produto?

Cafeína anidra, cafés, bebidas energéticas, barras energéticas, substâncias energéticas em gel, goma de mascar cafeïnada, refrigerantes, chás, shakes vitamínicos que contenham cafeína, chocolate, cacau, capuchinos, suplementos nutricionais que contenha cafeína, medicamentos que contenham cafeína, outras substâncias não listadas que contenha cafeína.

ANEXOS

ANEXO A



Escala de Omni (0-10)

ANEXO B

VISUAL ANALOG SCALE (VAS)*



0 to 4 mm can be considered no pain;
5 to 44 mm, mild pain;
45 to 74 mm, moderate pain;
75 to 100 mm, severe pain

Visual Analog Scale (10 cm).