

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE BIOTECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTICÊNTRICO EM CIÊNCIAS
FISIOLÓGICAS

LUDMILLA CHRISTINE SILVA DE SALES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE ÓLEO DE LINHAÇA SOBRE O ESTRESSE
OXIDATIVO E AS LESÕES MUSCULARES INDUZIDOS PELO EXERCÍCIO
FÍSICO AGUDO**

JOÃO PESSOA-PB

2020

LUDMILLA CHRISTINE SILVA DE SALES

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE ÓLEO DE LINHAÇA SOBRE O ESTRESSE
OXIDATIVO E AS LESÕES MUSCULARES INDUZIDOS PELO EXERCÍCIO
FÍSICO AGUDO**

Dissertação de Mestrado apresentada a banca de
qualificação do Programa de Pós-Graduação
Multicêntrico em Ciências Fisiológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz de Brito Alves

JOÃO PESSOA-PB

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S163e Sales, Ludmilla Christine Silva de.

Efeitos da suplementação de óleo de linhaça sobre o estresse oxidativo e as lesões musculares induzidos pelo exercício físico agudo / Ludmilla Christine Silva de Sales. - João Pessoa, 2020.

58 f. : il.

Orientação: José Luiz de Brito Alves.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CBIOTEC.

1. Óleo de linhaça - Suplemento alimentar. 2. Antioxidante. 3. Antiinflamatório. 4. Exercício físico - Alta intensidade. 5. Ácidos graxos. 6. Estresse oxidativo. 7. Lesão muscular. I. Alves, José Luiz de Brito. II. Título.

UFPB/BC

CDU 665.345.4(043)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças e saúde para conseguir vencer todas as dificuldades, e me abençoar grandemente em todos os momentos.

Ao meu avô Dirson Bezerra que contribuiu com a minha jornada acadêmica me dando todo o suporte para que eu conseguisse ingressar na universidade, mas que hoje é uma estrela brilhando no céu.

A toda minha família e meu esposo Lucinaldo por estar ao meu lado e me compreender durante todo o trabalho.

Ao professor Dr. José Luiz de Brito Alves por contribuir com a realização deste trabalho, pelos ensinamentos passados e por continuar a orientar este estudo.

Ao professor Dr. Valdir de Andrade Braga por me receber e acreditar no meu trabalho, aceitar meu projeto e por todos os ensinamentos.

Aos professores Dr. Diogirnis Soares e Dr^a. Josiane Cruz por participarem da banca de defesa da dissertação.

Ao professor Dr. Ian Amaral por contribuir com este trabalho no exame de qualificação.

A minha amiga e enfermeira Micaela Macário por contribuir diretamente com a realização deste trabalho, e por todas as coletas realizadas e ajuda prestada durante todo o estudo.

Ao colega de laboratório Francisco Antônio de Oliveira Júnior por sua contribuição desde o início do experimento, por sempre tirar minhas dúvidas, e por disponibilizar o laboratório de Fisiologia em alguns momentos do experimento, e o material utilizado para a realização do teste de 01 milha, e o reagente para o teste de CK.

Ao colega de laboratório Lucas Rannier por colaborar com a execução do trabalho, me ajudar diretamente com todas as dúvidas, e me ajudar com alguns reagentes utilizados no estudo.

Ao meu amigo Personal Trainer Thiago Matias por toda ajuda e acompanhamento durante a execução do exercício físico deste estudo.

A amiga Clara por toda a ajuda na parte bioquímica do estudo, por me ajudar e contribuir com a realização dos testes.

A “Lula” responsável pela pista de Atletismo da UFPB por disponibilizar o espaço para a realização do teste de 01 milha, além da sala para realização da avaliação antropométrica.

Aos colegas do LACONCHA Lucas, Apollo, Ivanilton, Mickael e Anderson que participaram como voluntários do projeto, contribuindo diretamente com o estudo.

A professora Dr^a Tatijana e a Doutoranda Renata por disponibilizar equipamento em alguns momentos do experimento.

A Atalia representante discente do Programa Multicêntrico de Pós- Graduação em Ciências Fisiológicas por me receber acolhidamente no início do mestrado.

A Éssia, Deyse e Rephany por me ajudarem com o teste de ELISA no início do planejamento do protocolo experimental.

A todos os amigos do LACONCHA por toda a ajuda, companheirismo, alegria e participação durante a execução do projeto.

A todos os participantes que aceitaram ser voluntários do experimento, contribuindo para a realização da pesquisa e da ciência Brasileira.

A CAPES pelo auxílio financeiro durante o curso.

*“Viver é enfrentar um problema
atrás do outro. O modo como você
encara é o que faz a diferença!”*

Benjamín Franklin

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do LA e ALA.....	21
Figura 2: Alocação dos grupos.....	27
Figura 3: Delineamento experimental.....	28
Figura 4: Pressão arterial sistólica.....	36
Figura 5: Pressão arterial diastólica.....	36
Figura 6: Níveis de creatina quinase.....	38
Figura 7: Níveis de desidrogenase láctica.....	39
Figura 8: Níveis de malondialdeído.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição nutricional da semente de linhaça.....	19
Tabela 2: Concentração de ácidos graxos do óleo de linhaça.....	20
Tabela 3: Informação nutricional do óleo de linhaça.....	31
Tabela 4: Caracterização das variáveis nutricionais da suplementação.....	32
Tabela 5: Caracterização basal dos participantes antes do período de suplementação.....	34
Tabela 6: Caracterização da ingestão dietética sem e com a adição do suplemento durante a semana experimental.....	35
Tabela 7: Variáveis bioquímicas.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM- Amplitude de movimento

AGPIs - Ácidos graxos poli-insaturados

AGPI-CL- Ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa

AGPI-CML- Ácidos graxos poliinsaturados de cadeia muito longa

ALA- Ácidos graxos alfa-linolênico (ômega 3)

ALT- Alanina aminotransferase

AST- Aspartato aminotransferase

CAT- Enzima catalase

CK- Creatina quinase

CT- Colesterol total

CVM- Contração voluntária máxima

DHA- Ácido decosahexanóico

DHL- Desidrogenase láctica

DAC- Doença arterial coronariana

EPA- Ácido eicosapentanóico

EROS- Espécies reativas de oxigênio

GPx- Glutationa peroxidase

HBD- Hidroxibutirato desidrogenase

HDL- High Density Lipoprotein (Lipoproteína de alta densidade)

IL2- Interleucina 2

IL6- Interleucina 6

IMC- Índice de massa corporal

LA- Ácidos graxos alfa- linoléico (ômega 6)

LDL- (Low Density Lipoprotein (Lipoproteína de baixa densidade)

MDA- Malondialdeído

PAS- Pressão arterial sistólica

PAD- Pressão arterial diastólica

PAM- Pressão arterial média

RCQ- Relação cintura-quadril

SOD- Superóxido dismutase

TBARS- ThioBarbituric Acid Reactive Substances (Substâncias Reativas ao Ácido TioBarbitúrico)

TCLE- Termo de consentimento livre e esclarecido

TG- Triglicerídeos

TNF α - Fator de necrose tumoral alfa

VA- Variáveis antropométricas

VO₂- Volume de oxigênio

XO- Xantina oxidase

RESUMO

A realização de exercícios físicos de alta intensidade ou exaustivos pode aumentar a probabilidade de lesões musculares e fadiga crônica devido à produção em excesso de radicais livres, que podem provocar danos musculares seguidos de processo inflamatório e prejuízo na função muscular. A linhaça (*Linum usitatissimum L.*) possui efeito antioxidante e antiinflamatório, e o óleo extraído das suas sementes se destaca por conter maior concentração de ômega-3, quando comparado com os outros óleos vegetais. É reconhecido que a suplementação com ácido graxo ômega-3 pode estimular as defesas antioxidantes do organismo e a redução de marcadores pró-inflamatórios. Com isso nosso objetivo é investigar o efeito da suplementação com óleo de linhaça sobre o estresse oxidativo e lesões musculares induzidos por exercício físico. Participaram 20 indivíduos do gênero masculino, com idade entre 18 a 39 anos, fisicamente ativos e não portadores de doenças crônicas não transmissíveis. Os indivíduos foram distribuídos aleatoriamente em 03 grupos experimentais: Grupo Controle- Placebo (1,5g/dia) + Exercício; Grupo Linhaça 06g/dia- Óleo de Linhaça (6g/dia) + Exercício; Grupo Linhaça 12g/dia- Óleo de Linhaça (12g/dia) + Exercício. A suplementação foi realizada por 07 dias. Os participantes submetidos a uma sessão de corrida em esteira ergométrica por 40 minutos, composto de 05 minutos de aquecimento (4-5Km/h), 30 minutos com a intensidade determinada pela frequência cardíaca alcançada em 70-75% do VO₂ máximo e 05 minutos de desaquecimento (4-5Km/h). Aferimos a pressão arterial, frequência cardíaca máxima, variáveis antropométricas [peso, altura, circunferência da cintura, índice de massa corporal (IMC) e percentual de gordura corporal] e parâmetros bioquímicos, e inflamatórios assim como o estresse oxidativo (níveis de glicose, perfil lipídico, desidrogenase lática, creatina quinase, e peroxidação lipídica). A composição corporal, pressão arterial e ingestão energética foram semelhantes entre os grupos. A suplementação com 06g/dia durante 07 dias de óleo de linhaça reduziu a glicemia quando comparado ao grupo controle ($p < 0,05$), no entanto, essa redução não foi observada no grupo que recebeu 12g/dia de óleo de linhaça. Os níveis de colesterol total, HDL e LDL, foram similares antes e após a intervenção. Os marcadores de lesão muscular e estresse oxidativo não apresentaram alterações antes, durante e após a intervenção, indicando que provavelmente, o exercício de 40 minutos na intensidade de 70-75% do VO₂ máximo não foi suficiente para promover exaustão nos indivíduos e que a suplementação com 06 e 12g/dia óleo de linhaça durante uma semana não resulta em modulação das concentrações séricas desses marcadores.

PALAVRAS-CHAVE: Suplemento; Antioxidante; Antiinflamatório.

ABSTRACT

Performing high intensity or exhaustive physical exercises can increase the likelihood of muscle injuries and chronic fatigue due to excess free radical production, which can cause muscle damage followed by inflammatory process and impairment in muscle function. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) has antioxidant and anti-inflammatory effect, and the oil extracted from its seeds stands out for containing a higher concentration of omega-3 when compared to other vegetable oils. It is recognized that supplementation with omega-3 fatty acid can stimulate the body's antioxidant defenses and the reduction of pro-inflammatory markers. Therefore, our objective is to investigate the effect of flaxseed oil supplementation on oxidative stress and muscle injuries induced by physical exercise. Twenty male subjects, aged 18 - 39 years, physically active and who do not have chronic non-communicable diseases. The subjects were randomly distributed into 03 groups: Group 01- Placebo + Exercise; Group 02- Flaxseed Oil (6g/day) + Exercise; Group 03 - Flaxseed Oil (12g/day) + Exercise. Supplementation was performed for 07 days. Participants were submitted to a running session on a treadmill for 40 minutes, consisting of 05 minutes of warm (4-5Km/h), 30 minutes with the intensity determined by the heart rate reached in 70-75% of VO_2 maximum and 05 minutes of warm (4-5Km/h). We measured blood pressure, maximum heart rate, anthropometric variables (weight, height, waist circumference, body mass index (BMI) and body fat percentage] and biochemical parameters, and inflammatory as well as oxidative stress (glucose levels, lipid profile, lactic dehydrogenase, creatine kinase, and lipid peroxidation). Body composition, blood pressure and energy intake were similar between groups. Supplementation with 06g/day during 07 days of flaxseed oil reduced blood glucose when compared to the control group ($p < 0.05$), however, this reduction was not observed in the group that received 12g/day of flaxseed oil. Total cholesterol, HDL and LDL levels were similar before and after the intervention. The markers of muscle injury and oxidative stress did not present alterations before, during and after the intervention, indicating that probably, the 40-minute exercise at the intensity of 70-75% of the maximum VO_2 was not sufficient to promote exhaustion in the individuals and that supplementation with 06 and 12g/day flaxseed oil during one week does not result in modulation of serum concentrations of these markers.

KEY WORDS: Supplement; Antioxidant; Antiinflammatory.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Exercício físico.....	16
2.2 Exercício físico exaustivo, estresse oxidativo e inflamação.....	17
2.3 Linhaça.....	19
2.3.1 Óleo de Linhaça.....	20
2.4 Ácidos graxos poliinsaturados.....	21
2.5 Suplementação com óleo no exercício físico.....	22
3 JUSTIFICATIVA.....	24
4 OBJETIVOS.....	25
4.1 Objetivo Geral.....	25
4.2 Objetivos específicos.....	25
5 METODOLOGIA.....	26
5.1 Aspectos éticos da pesquisa.....	26
5.2 Caracterização dos participantes.....	26
5.3 Grupos experimentais.....	26
5.4 Delineamento experimental.....	27
5.5 Teste de 01 milha.....	28
5.6 Antropometria.....	29
5.7 Avaliação da Pressão arterial.....	29
5.8 Amostras de sangue e análises bioquímicas.....	30
5.9 Suplementação.....	30
5.10 Protocolo do exercício.....	31
5.11 Registro alimentar.....	32
5.12 Análise estatística.....	32
6 RESULTADOS.....	34
7 DISCUSSÃO.....	40
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
APÊNDICE.....	58

1 INTRODUÇÃO

A busca por estratégias nutricionais que auxiliem a função imunológica, diminuição do estresse oxidativo e melhora do desempenho no exercício e a recuperação muscular tem sido uma prática crescente entre os atletas profissionais e amadores. O principal objetivo na utilização dos suplementos alimentares são o aumento da capacidade metabólica, retardo da fadiga periférica, melhora da hipertrofia muscular e diminuição do período de recuperação muscular (BOIT et al. 2017; TIPTON, 2015).

O exercício físico de alta intensidade ou exaustivo é reconhecido por elevar o consumo de oxigênio resultando em maior formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), maior susceptibilidade a lesões musculares e fadiga crônica (ALVES et al., 2015; COSTA et al., 2015; FARINHA, 2018; CRUZ et al., 2017; QUADROS; BARROS, 2016). O estresse oxidativo, a fadiga e os danos musculares podem prejudicar o desempenho do atleta em sessões de treinamento ou competições, e com isso é importante prevenir esses danos e acelerar a recuperação diminuindo as respostas inflamatórias e aumentando o conteúdo de antiinflamatórios e antioxidantes nutricionais na dieta (TAKAHASHI et al., 2013; TANABE et al., 2015).

Sabendo que dietas ricas em ácidos graxos insaturados e exercícios físicos promovem efeitos benéficos na saúde metabólica e cardiovascular, alguns pesquisadores criaram a hipótese de que a combinação de ambos possa ter efeitos sinérgicos (ESQUIUS et al., 2019). Suplementos de óleo de peixe, azeite, óleo de Krill, óleo de coco virgem e ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 (Ácido linolênico), vem sendo recomendado para os atletas por conter propriedades antiinflamatórias, antiarrítmicas, antitrombóticas e hipolipidêmicas. A hipótese é que as propriedades antiinflamatórias e antioxidantes dos ácidos graxos poliinsaturados promovam a prevenção do estresse oxidativo e de lesões musculares resultantes do exercício físico (BOIT et al., 2015; ESQUIUS et al., 2019; AOKI et al., 2003; ALVES et al., 2015; CORDER et al., 2016; TSUCHIYA et al., 2016).

A semente de linhaça se destaca quando comparada a outros alimentos vegetais ricos em ácidos graxos ômega 3 e o seu óleo apresenta uma concentração de aproximadamente 73% de ácidos graxos poliinsaturados (MORRIS, 2001). O uso do óleo de linhaça é descrito na literatura por possuir capacidade anticarcinogênica (SORICE et al., 2016), atividade

antiinflamatória e melhora no metabolismo da insulina (SOLEIMANI et al., 2017) e diminuição da reabsorção óssea (MIRFATAHI et al., 2019).

Devido as propriedades antioxidantes e antiinflamatórias já comprovadas do óleo de linhaça, nosso objetivo foi avaliar os efeitos da suplementação com óleo de linhaça sobre marcadores de estresse oxidativo e lesões musculares induzidas pelo exercício físico agudo. A hipótese testada no presente estudo é que a suplementação do óleo por sete dias reduz indicadores de estresse oxidativo e lesões musculares no exercício físico agudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Exercício físico

O sedentarismo é reconhecido como um fator de risco para mortalidade precoce, geralmente associado direta ou indiretamente as causas ou agravamento de doenças como a obesidade, diabetes mellitus tipo II, hipertensão arterial, e responsável por alguns tipos de cânceres, como o de cólon, de mama e de endométrio mesmo em pessoas com peso corporal adequado, já a prática de exercício físico vêm sendo utilizada na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis (GIOLO, 2018; MUNHOZ et al., 2016).

Atividade física é caracterizada por qualquer tipo de movimento corporal resultante da contração muscular esquelética que aumente o gasto energético em relação ao estado de repouso. Já o exercício físico é definido como qualquer atividade que ocorre de maneira regular, seriada e planejada com o objetivo de manter ou melhorar a saúde e aptidão física (CASPERSEN, 1985).

O exercício físico pode ser dividido em aeróbio e anaeróbio. De acordo com o American College of Sports Medicine (ACSM), o exercício aeróbio é geralmente contínuo e prolongado, como por exemplo, o ciclismo, dança, caminhada, corrida/corrida de longa distância, natação e caminhada, no qual, os músculos necessitam do metabolismo aeróbico para obter energia na forma de trifosfato de adenosina (ATP) dos aminoácidos, carboidratos e ácidos graxos da dieta. Já o exercício anaeróbio entre eles, a musculação, pilates e saltos, utiliza a energia gerada por processos metabólicos que não envolvem o consumo de oxigênio, onde as células produzem ATP através de glicólise e fermentação (PATEL et al. 2017).

Esses exercícios resistidos geram alterações positivas na composição corporal e são recomendados em tratamentos e/ou prevenção de doenças. No entanto, para que conseguir resultados positivos é necessário que o protocolo do exercício se ajuste as características individuais, e no programa de treinamento se respeite as variáveis: intensidade, número de séries e repetições, intervalo entre séries e exercícios, frequência, velocidade, e ordem dos exercícios (WINETT; CARPINELLI, 2001).

Enquanto o exercício físico crônico é recomendado para prevenção de doenças crônicas não transmissíveis por melhorar o perfil lipídico, reduzir biomarcadores pró-inflamatórios circulantes e aumentar as citocinas anti-inflamatórias, o exercício físico agudo

intenso e/ou exaustivo é reconhecido por aumentar a susceptibilidade a lesões musculares, inflamação e estresse oxidativo, pois, com o aumento do fluxo sanguíneo e do consumo de oxigênio pelos músculos nos exercícios exaustivos resultam na produção em excesso de radicais livres, conhecidos como espécies reativas de oxigênio (EROS) (GIOLO, 2018; HE et al., 2016).

2.2 Exercício físico exaustivo, estresse oxidativo e inflamação.

Segundo Di Meo et al. (2016) embora o exercício físico crônico possa gerar uma resposta adaptativa sobre as ações das EROS, quando um indivíduo é submetido a uma única sessão de exercício físico aeróbio intenso ou não habitual pode resultar em aumento na produção das EROS e conseqüentemente gerar danos musculares, inflamação e estresse oxidativo.

A geração de radicais livres faz parte de diversos processos metabólicos e podem possuir efeitos benéficos no sistema imunológico e em funções metabólicas essenciais (como a captação de glicose, metabolismo mitocondrial, transcrição gênica e catabolismo muscular), no entanto, quando são formadas em excesso podem resultar em estresse oxidativo e apresentar efeitos danosos (AMORIM; TIRAPÉGUI, 2008; NORDBERG; ARNER, 2001). Durante a contração muscular no exercício físico, as principais fontes de produção de radicais livres são as mitocôndrias, NADPH oxidases e xantina oxidases (XO) (DI MEO et al. 2016).

As células apresentam um mecanismo de defesa antioxidante contra as EROS que pode ser classificado como enzimático e não enzimático (JACKSON et al. 2007). O estresse oxidativo ocorre devido a um desequilíbrio entre os sistemas pró-oxidantes e antioxidantes, onde prevalece os efeitos deletérios das EROS sobre as células, tecidos e órgãos (VASCONCELOS et al. 2007; VIDMAR et al., 2016).

Com a hipótese de que o treinamento físico provoca uma resposta adaptativa de defesa a ação das EROS, Ji e Fu (1992) demonstraram que após um treinamento exaustivo, o músculo esquelético produziu estresse oxidativo e um aumento da atividade das enzimas antioxidantes glutatona redutase, glutatona peroxidase (GPx), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT). A SOD atua catalisando a dismutação do superóxido em O_2 e H_2O_2 , que a CAT vai converter em água e O_2 , já a GPx e glutatona redutase atua reduzindo H_2O_2 para formar dissulfeto de glutatona e água (LAUGHLIN et al., 1990).

Alessio (1993) induziu o estresse oxidativo em ratos pelo exercício físico e observou que o estresse era mais tolerado por ratos treinados, indicando uma adaptação dos sistemas antioxidantes. Segundo Schneider e Oliveira (2004) essas adaptações podem estar relacionadas a diversos sistemas, sendo os mais importantes o sistema enzimático (composto por: superóxido dismutase, catalase e glutathione peroxidase) e o sistema não enzimático (composto por ceruloplasmina, hormônios sexuais, coenzima Q, ácido úrico, proteínas de choque térmico e outros).

Os exercícios agudos além do estresse oxidativo, podem resultar em danos musculares, e quando há uma quebra nas células musculares após o exercício ocorre a liberação de biomarcadores na corrente sanguínea, como a creatina kinase (CK), desidrogenase láctica (DHL) aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) e hidroxibutirato desidrogenase (HBD) (NIE et al. 2011). Outro indicador de lesão no músculo esquelético e peroxidação lipídica é o aumento na concentração sérica de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (ThioBarbituric Acid Reactive Substances - TBARS), como o malondialdeído (MDA) (AMORIM; TIRAPEGUI, 2008).

Os danos musculares induzidos por exercícios agudos são correlacionados com a produção de agentes inflamatórios, onde, provavelmente o aumento no estresse oxidativo é relacionado com a liberação de citocinas inflamatórias e marcadores que incluem Proteína C Reativa, Interleucina 6 (IL-6), Fator de Necrose Tumoral-alfa (TNF- α) e entre outros (SUZUKI et al. 2000; KASAPIS et al. 2005; DAVIS, 2007).

Essa liberação de citocinas pró-inflamatórias e inflamatórias geram um feedback positivo de retroalimentação, uma vez que, essas citocinas estimulam as células fagocitárias do sistema imunológico a produzir EROS nos tecidos lesados, e essas EROS estimulam a produção de mais citocinas pela ativação de vias redox sensitivas (PEDERSEN; TOFT, 2000; SPURWAY et al., 2006; KRZEMIŃSKI et al., 2016 *apud* BATISTA, 2008).

A inflamação pós-exercício tem como objetivo reparar os danos musculares, no entanto, se não houver uma recuperação adequada pode restringir a função muscular. Para Takahashi et al. (2013) e Tanabe et al. (2015) a deficiência da função muscular resultante do dano e das respostas inflamatórias, podem reduzir a execução das atividades diárias e o desempenho do atleta, com isso é importante prevenir ou minimizar os danos musculares após o exercício físico, diminuindo as respostas inflamatórias, aumentando o conteúdo de antioxidantes e antiinflamatórios nutricionais na dieta, que é a principal fonte de fornecimento.

2.3 Linhaça

A linhaça (*Linum usitatissimum*) é uma semente que possui origem asiática, pertencente à família *Lineaceae*. A sementes apresenta variação na sua coloração, que vão de marrom escuro a amarelo claro dependendo do clima da região de reprodução e de técnicas simples de melhoramento de plantas, porém sua composição nutricional é semelhante independente da sua cor (MORRIS, 2007). Segundo Panaite et al. (2017), a semente de linhaça apresenta um sabor similar a nozes e textura agradável ao paladar.

Atualmente, a linhaça vem sendo cultivada em mais de 50 países. Dentre eles são destaque a Índia, Canadá, China, Estados Unidos e Etiópia, onde, o principal responsável pela maior produção e exportação é o Canadá (OOMAH, 2001). Já em relação a área de cultivo, em primeiro lugar se encontra a Índia, com 23,8% do total, onde, a linhaça é considerada um item básico na cultura alimentar e utilizada também para fins medicinais (SINGH et al., 2011; SHAKIR; MADHUSUDAN, 2007). No Brasil, o cultivo da linhaça é encontrado no Rio Grande do Sul por conter o clima frio (0° a -2°) necessário para a floração (SOARES et al., 2009).

Desde a antiguidade, a linhaça é cultivada para a utilização do seu linho, por possui um alto teor de fibras, e o seu óleo, utilizado na fabricação de tintas, vernizes, linóleos e entre outros, pois apresenta propriedade de rápida polimerização (COSKUNER; KARABABA, 2007). A linhaça também é muito utilizada na dieta humana e de animais, devido sua semente ser rica em proteínas e energia, e o óleo extraído e refinado das suas sementes, uma importante fonte de ácidos graxos α -linolênico (ALA), um ácido graxo poli-insaturado essencial para a nutrição humana e animal, pois não são sintetizados no organismo (REBOLÉ, et al., 2002).

A semente de linhaça é uma fonte vegetal rica em proteínas, gorduras e fibras alimentares, sendo um terço dessas fibras solúveis em água (KRISTENSEN et al., 2012). Segundo Morris (2001), a semente de linhaça apresenta em sua composição 41% de gordura, 28% de fibra alimentar e 21% de proteína, é rica em ácidos graxos ômega 3 (ácido linolênico) e lignanas vegetais.

Tabela 1: Composição nutricional da semente de linhaça

Nutrientes	Quantidade por 100g de semente de Linhaça
Umidade (g)	6.5
Proteína (N × 6,25) (g)	20.3

Gordura (g)	37.1
Minerais (g)	2.4
Fibra bruta (g)	4.8
Fibra alimentar total (g)	24.5
Carboidratos (g)	28.9
Energia (kcal)	530.0
Potássio	750.0
Cálcio (mg)	170.0
Fósforo (mg)	370.0
Ferro (mg)	2.7
Vitamina A (µg)	30.0
Vitamina E (mg)	0.6
Tiamina (B1) (mg)	0.23
Riboflavina (B2) (mg)	0.07
Niacina (mg)	1.0

Fonte: Morris (2007); Gopalan et al. (2004); Payne (2000) *apud* Kajla et al. (2015).

2.3.1 Óleo de Linhaça

O óleo de linhaça é obtido através da prensagem a frio das sementes, e diferentemente da semente, ele não possui as fibras e lignanas. Em comparação com outros óleos vegetais, como o de óleo de canola, noz e plantas com folhas verdes escuras, o óleo de linhaça apresenta níveis mais baixos de gorduras saturadas e níveis elevados de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente do ALA (**Tabela 2**). Já os óleos vegetais de milho, girassol e soja apresentam níveis mais elevados de LA (GANORKAR; JAIN, 2013; MORRIS, 2001; SIMOPOULOS; ROBSON, 1999).

Tabela 2: Concentração de ácidos graxos do óleo de linhaça.

Ácido graxo	Porcentagem (%)
Saturado	9
Monoinsaturado	18
Poliinsaturados	

Ácido Linoléico (LA- Ômega 6)	16
Ácido α -Linolênico (ALA- Ômega 3)	57

Na literatura há diversos relatos de uso do óleo de linhaça com fins terapêuticos, entre eles: efeito preventivo para o tratamento de osteoporose em ratos diabéticos (KANAYAMA et al., 2015), efeito positivo no metabolismo lipídico e redução de citocinas inflamatórias como a Fator de Necrose Tumoral-alfa (TNF α) e interleucina 6 (IL-6) (DEVARSHI et al., 2013), e redução do estresse oxidativo em ratos com dano renal induzido (RIZWAN et al., 2014).

2.4 Ácidos graxos poliinsaturados

Os ácidos graxos denominados poliinsaturados (AGPI), são aqueles que possuem duas ou mais insaturações, e quando apresentam mais de 16 átomos de carbonos são reconhecidos como ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa (AGPI-CL), e com mais de 20 átomos de carbono de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia muito longa (AGPI-CML)(GUSCHINA et al., 2006).

Os AGPI-CML abrangem as famílias dos ácidos graxos essenciais ômega 3 (Ácido Alfa-Linolênico, ALA) e ômega 6 (Ácido Linoléico, LA). O ALA serve como precursor para a síntese de outros ácidos graxos, como o ácido eicosapentaenóico (EPA) e o ácido docosahexaenóico (DHA) a partir da ação das enzimas dessaturases e alongases (SIMOPOULOS, 2000). Esses ácidos graxos são considerados essenciais, pois os seres humanos não possuem as enzimas Δ 12- e Δ 15-dessaturases necessárias para a adição da dupla ligação na posição n-3 e n-6 na cadeia carbônica (**Figura 1**), sendo fundamental a inserção desses ácidos graxos na dieta (ADKINS; KELLEY, 2010).

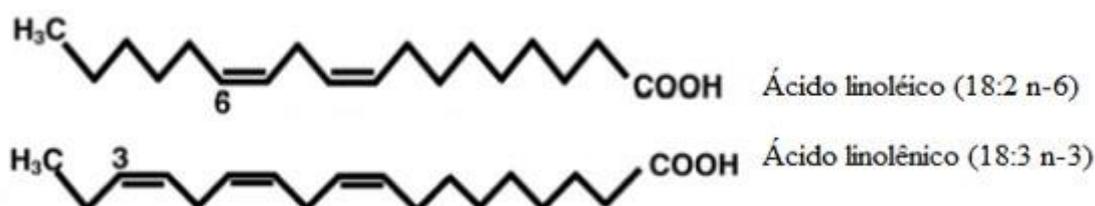


Figura 1: Estrutura do LA e ALA. Fonte: Adaptado de ADKINS; KELLEY, 2010.

Muitas plantas marinhas, diferentemente dos animais, possuem a capacidade de prolongar a cadeia e de dessaturação do ômega 3 para a formação dos ácidos eicosapentaenóico e docosahexaenóico, e a ingestão desses ácidos graxos através da cadeia alimentar de alguns peixes explica a porque são encontrados em alta concentração nos óleos de peixe (CALDER, 1998). No entanto, o óleo de peixe apresenta baixa palatabilidade, principalmente para suplementação em altas doses, gerando a necessidade de fontes alternativas de suplementação com ômega 3, como por exemplo, o óleo de linhaça, que é uma das fontes vegetais mais ricas em ALA (KAUL et al. 2008).

As pesquisas em torno dos AGPI, principalmente do ômega 3 tem demonstrado que a inserção desses ácidos graxos na dieta tem sido correlacionada com efeitos benéficos na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, principalmente devido a produção dos seus eicosapentanóides (EPA e DHA), que são capazes de reduzir a inflamação e diminuição da rejeição de transplantes (ALEXANDER, 1998), reduzir triglicérides (HARRIS, 1997), reduzir a pressão arterial (BERRY, 1986) e reduzir de doenças cardiovasculares (HU et al., 1999; MOZAFFARIAN et al., 2005).

2.5 Suplementação com óleo no exercício físico

A procura por suporte nutricional aumentou nas últimas décadas entre atletas, não atletas, idosos e universitários (DUTRA, 2018). Atletas e desportistas visando melhorar sua performance, vem buscando nutrientes que otimizem os resultados, prevenindo lesões e inflamações após os exercícios físicos e sem provocar toxicidade ao usuário (QUADROS; BARROS, 2016).

Os efeitos deletérios das EROS podem ser minimizados com o uso de suplementos antioxidantes exógenos que auxiliam o sistema de defesa antioxidante endógeno (VIDMAR et al., 2016). Esses antioxidantes podem ser substâncias naturais ou sintéticas, no entanto, questionamentos sobre a segurança do uso dos antioxidantes sintéticos nos alimentos vêm incentivando a identificação de compostos naturais com capacidade antioxidante (SHAH et al., 2014).

Na literatura há diversos trabalhos que relacionam o exercício físico associado a suplementação com ácidos graxos poliinsaturados devido as evidências de suas propriedades antiinflamatórias e antioxidantes. De acordo com Corder et al. (2016), o ácido

docosahexaenóico (DHA) dos ácidos graxos ômega-3 possui propriedades anti-inflamatórias e anti-nociceptivas (inibidores da dor), e comprovaram que uma semana de suplementação de 3000 mg/d de DHA foi capaz de reduzir a dor e a rigidez muscular induzidas pelo exercício de força excêntrico em mulheres.

Em um estudo envolvendo a suplementação com 25 ml de azeite de oliva extra-virgem, Esquiús et al. (2019), observaram que a propriedade antioxidante e antiinflamatória do azeite melhorou a função cardiorrespiratória durante um teste de caminhada em intensidade moderada.

O óleo de Krill é rico em ácidos graxos poliinsaturados n-3, segundo Boit et al. (2015) a suplementação com 02g/dia de óleo de krill durante 06 semanas é capaz de aumentar a produção de interleucina 2 (IL-2) em células mononucleares do sangue periférico e a atividade citotóxica das células NK durante o período de recuperação após um exercício agudo de resistência em homens e mulheres.

Alves et al. (2015) ao suplementarem ratos hipertensos com óleo de coco extra-virgem em combinação com um treinamento físico por 30 dias observou efeitos benéficos no sistema cardiovascular dos ratos espontaneamente hipertensos, com a redução do estresse oxidativo e a melhora da sensibilidade barorreflexa.

Ao avaliar a suplementação com óleo de peixe rico em ácidos eicosapentaenóico e docosahexaenóico (EPA + DHA) durante oito semanas, Tsuchiya et al. (2016) observaram que, no grupo suplementado com o óleo de peixe a contração voluntária máxima (CVM) e a amplitude de movimento (ADM) foi significativamente maior pós exercício de contração excêntrica, em comparação ao grupo controle, e que houve diminuição da dor muscular após o exercício.

A suplementação com fontes de ácidos graxos poliinsaturados vem sendo muito recomendada para a população atlética, no entanto, ainda há uma escassez de estudos que comprovem o melhor mecanismo, a melhor dose, a melhor fonte, quais grupos se beneficiariam com a recomendação, gerando a necessidade de mais estudos abrangendo esta área.

3 JUSTIFICATIVA

O exercício físico agudo, diferentemente do exercício físico crônico é reconhecido por aumentar na corrente sanguínea os marcadores de lesão muscular e de estresse oxidativo. Sabendo que essa inflamação causada por exercícios físicos agudos pode interferir em sessões de treinamento e até nas atividades físicas diárias de atletas profissionais e amadores, se torna necessário minimizar o quadro de inflamação e estresse oxidativo com a adição de componentes antiinflamatórios e antioxidantes na dieta (DI MEO et al. 2016; AMORIM; TIRAPÉGUI, 2008; TAKAHASHI et al., 2013; TANABE et al., 2015).

Óleos vegetais e de origem animal ricos em ácidos graxos ômega 3 já vêm sendo utilizados para melhorar o desempenho e prevenir os danos musculares induzidos por exercícios físicos (CORDER et al., 2016; ESQUIUS et al., 2019; BOIT et al., 2015; ALVES et al., 2015; TSUCHIYA et al., 2016). No entanto, o óleo de linhaça se destaca entre os demais óleos vegetais devido ao alto teor de ALA na sua composição, e se torna um possível substituto para o óleo de peixe, visto que, apresenta uma baixa palatabilidade e se torna inviável para a suplementação de altas doses, uma vez que apresenta baixa aceitação dos indivíduos (GANORKAR; JAIN, 2013; MORRIS, 2001; SIMOPOULOS; ROBSON, 1999; KAUL et al. 2008).

O óleo de linhaça vem sendo utilizado para fins terapêuticos por possuir característica antiinflamatória e antioxidante, sendo assim o objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos da suplementação de curta duração do óleo de linhaça sobre o estresse oxidativo e lesões musculares induzidas por uma única sessão de exercício físico agudo.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Investigar o efeito da suplementação com óleo de linhaça sobre parâmetros bioquímicos, de peroxidação lipídica e lesão muscular induzidos em homens praticantes de exercício físico submetidos a uma sessão de corrida em esteira ergométrica.

4.2 Objetivos específicos

- Verificar a composição corporal dos participantes praticantes e analisar a composição dietética durante o período experimental;
- Monitorar a pressão arterial durante o período experimental;
- Analisar os níveis séricos de glicose e o perfil lipídico antes e após a intervenção com óleo de linhaça ou placebo associado ao exercício físico agudo;
- Monitorar os níveis de marcadores de lesão muscular [Creatina Quinase (CK) e Desidrogenase Láctica (DHL)] e de peroxidação lipídica [TBARS] antes e após a sessão de exercício físico agudo.

5 METODOLOGIA

5.1 Aspectos éticos da pesquisa

Este trabalho foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Centro de Ciências Médicas sob o protocolo 3.066.373. Após assinar o termo de consentimento livre e esclarecido (CLTE), os participantes foram submetidos a procedimentos de triagem.

5.2 Caracterização dos participantes

Participaram desse estudo 20 indivíduos apenas do gênero masculino, visando minimizar alterações e influências hormonais, com idade de 18 a 39 anos, praticantes de atividade física e não portadores de doenças crônicas não transmissíveis. Os voluntários receberam suplementação com óleo de linhaça ou placebo durante 07 dias e foram submetidos a uma única sessão de corrida em esteira ergométrica.

5.3 Grupos experimentais

O desenho do estudo é um ensaio clínico cego, randomizado e controlado por placebo. Nesse estudo os pacientes não tiveram conhecimento do que está sendo utilizado como variável (óleo de linhaça ou placebo) ao longo do tratamento/período experimental.

Os voluntários foram alocados aleatoriamente em 03 grupos (**Figura 2**):

- Grupo Controle (n= 07): receberam placebo por 07 dias e foram submetidos ao exercício após três dias do início da suplementação. O exercício consistiu em uma corrida intensa em esteira ergométrica utilizando 70 a 75% do VO₂ máximo;
- Grupo Linhaça 06g/dia (n= 06): receberam suplementação de óleo de Linhaça (06g/dia) por 07 dias e foram submetidos ao exercício após três dias do início da suplementação. O exercício consistiu em uma corrida intensa em esteira ergométrica utilizando 70 a 75% do VO₂ máximo;
- Grupo Linhaça 12g/dia (n= 07): receberam suplementação de óleo de Linhaça (12g/dia) por 07 dias e foram submetidos ao exercício após três dias do início da

suplementação. O exercício consistiu em uma corrida intensa em esteira ergométrica utilizando 70 a 75% do VO_2 máximo.

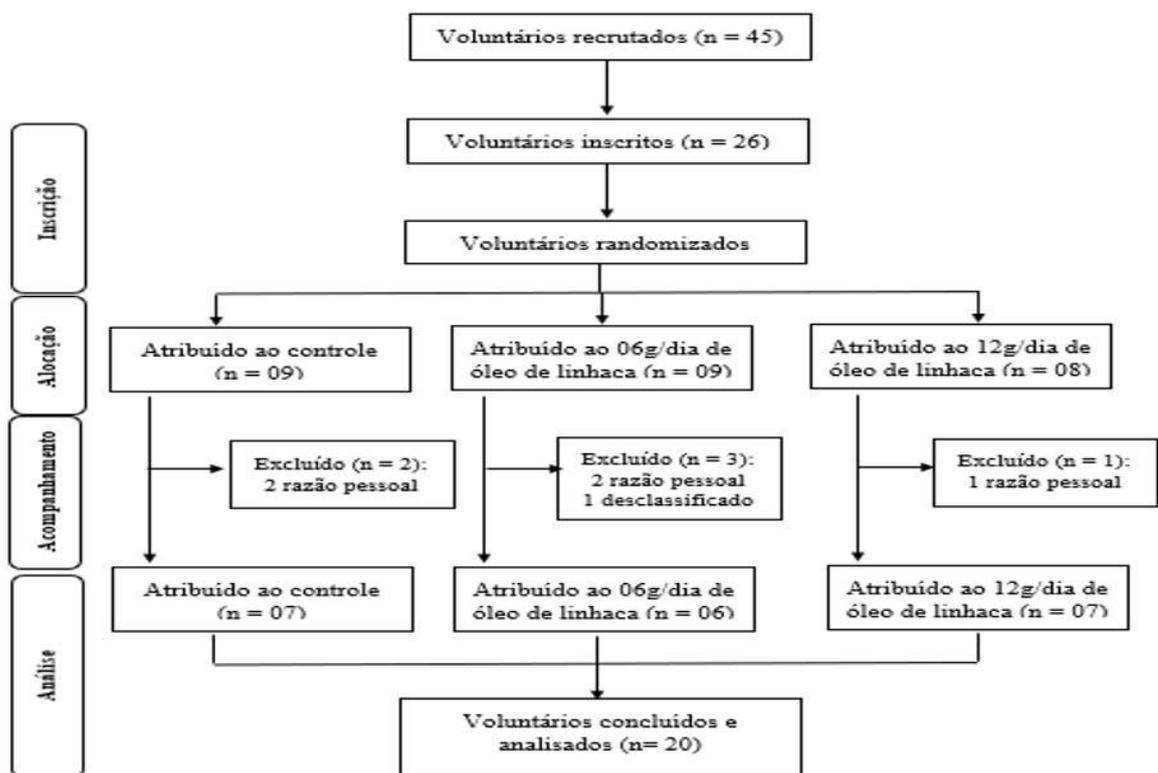


Figura 2: Alocação dos grupos. O grupo controle recebeu suplementação de 03 cápsulas de 500mg de amido por dia (placebo); O 06g/dia de óleo de linhaça recebeu suplementação de 06g de óleo de linhaça por dia; O grupo 12g/dia de óleo de linhaça recebeu suplementação de 12g de óleo de linhaça por dia.

5.4 Delineamento experimental

No processo de triagem, foram avaliadas a pressão arterial, frequência cardíaca máxima, consumo máximo de oxigênio (VO_2), variáveis antropométricas (peso, altura, circunferência da cintura e do quadril e dobras cutâneas) e variáveis bioquímicas (níveis séricos de glicose, creatina quinase (CK), desidrogenase láctica (DHL), perfil lipídico (colesterol total, HDL e LDL) e peroxidação lipídica. No dia do exercício a pressão arterial foi aferida 20 minutos antes e após o exercício e 24 horas após o término da corrida. Os marcadores de lesão muscular (creatina quinase (CK), desidrogenase láctica (DHL), e de estresse oxidativo (TBARS) foram

avaliados antes e após a corrida, e 24 horas após a corrida. A peroxidação lipídica também foi avaliada antes e após o exercício e novamente após 24 horas da corrida. Ao término da suplementação, 120h após o exercício, a pressão arterial foi aferida novamente e variáveis bioquímicas (níveis séricos de glicose, creatina quinase (CK), desidrogenase láctica (DHL), perfil lipídico (colesterol total, HDL e LDL) e peroxidação lipídica foram mensuradas (**Figura 3**).

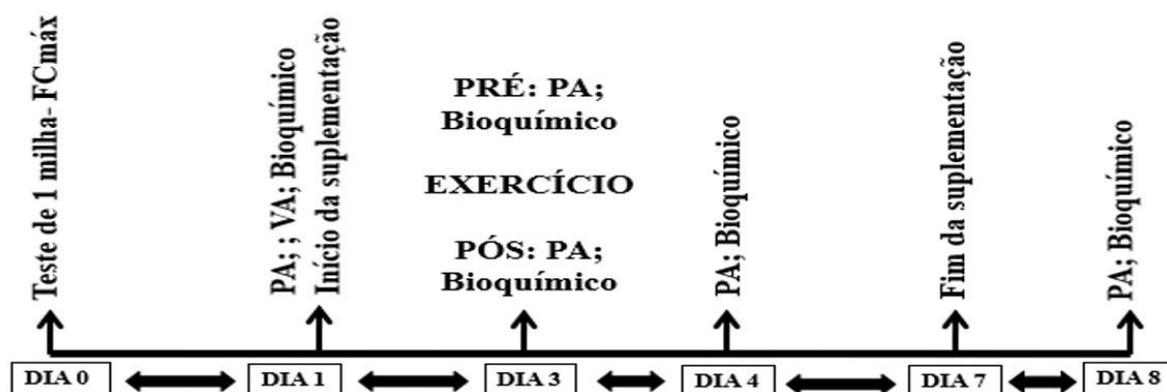


Figura 3: Delineamento experimental. No processo de triagem (**Dia 0**) os participantes foram submetidos ao teste de 01 milha para avaliar seu consumo máximo de oxigênio individualmente de acordo com a sua frequência cardíaca máxima, peso, sexo e tempo percorrido para concluir o teste. Depois de 72 horas do teste de 01 milha, iniciou-se o experimento (**Dia 1**), onde, foi aferida a pressão arterial (PA), realizada avaliação antropométrica (VA) para obter o IMC e percentual de gordura, e coleta sanguínea basal em jejum de 12h para avaliar as variáveis bioquímicas. Após a coleta os participantes iniciaram a suplementação com óleo de linhaça ou placebo. No terceiro dia de suplementação (**Dia 3**), os voluntários foram submetidos ao exercício físico de alta intensidade, caracterizado por corrida em esteira ergométrica com intensidade de 70 a 75% do seu consumo máximo de oxigênio. No dia do exercício, foi aferida a pressão arterial e uma coleta sanguínea antes e após o exercício, onde não foi necessário jejum. Após 24 horas do exercício (**Dia 4**), a pressão arterial foi aferida e realizada uma nova coleta sanguínea, onde, também não foi necessário jejum. A suplementação durou 07 dias (**Dia 7**). Após 24 horas do término da suplementação, a pressão arterial final foi aferida e realizada a coleta sanguínea final em jejum de 12h (**Dia 8**).

5.5 Teste de 01 milha

Para identificar o estado físico de cada participante e definir a intensidade do exercício de maneira individualizada, foi realizado o teste de 01 milha na pista de Atletismo da UFPB de acordo com o protocolo de George et al. (1993), onde, os participantes foram equipados com uma cinta de transmissão de frequência cardíaca da marca Polar acoplado a um frequencímetro M200 da mesma marca.

Para determinação do VO₂ máximo de cada participante foi utilizado a frequência cardíaca máxima e o tempo percorrido para a conclusão do teste na fórmula de George et al. (1993): **VO₂Máx (ml.Kg-1.min-1) = 100.5 + (8,344 x sexo) – (0,1636 X peso) - (1,438 x tempo, min) - (0,1928 x Frequência cardíaca máxima**, obtida durante o teste), onde em sexo: Mulheres = 0; Homens = 1.

5.6 Antropometria

Após a seleção dos participantes uma avaliação antropométrica foi realizada para identificar a composição corporal dos voluntários. As variáveis analisadas foram massa corporal, estatura, circunferência de cintura e do quadril e dobras cutâneas de acordo com o protocolo de Pollock 7D (POLLOCK et al, 1980).

Na avaliação da massa corporal, foi utilizado balança digital Ozer Body 923, com precisão de 100g, para a estatura utilizamos um estadiômetro, com precisão de 1mm. O IMC foi calculado pela massa corporal do indivíduo (Kg), dividido pelo quadrado da sua altura (m) (BRASIL, 2008).

Para a mensuração do perímetro da cintura e do quadril, foi usado uma fita métrica não elástica da marca Sanny (São Paulo, Brasil), com 220 cm, e divisão de 1mm. A fita métrica foi posicionada no ponto médio entre a crista ilíaca e a extremidade inferior da última costela, na linha axilar média, após expiração normal do sujeito para a medida da cintura, e para a do quadril a fita métrica foi posicionada na região de maior proeminência (BRASIL, 2008). Para aferição das dobras cutâneas foi utilizado um adipômetro clínico da marca Sanny com 55mm (São Paulo, Brasil).

5.7 Avaliação da Pressão arterial

Para aferição da pressão arterial os indivíduos foram orientados a ficar sentados e após 3 minutos de descanso utilizamos esfigmomanômetro anaeróide com precisão de 2 mmHg, da marca Premium com manguito de circunferência do braço adequado, e um estetoscópio da mesma marca, seguindo as recomendações das Guidelines de 2013 da ESH/ESC.

5.8 Amostras de sangue e análises bioquímicas

Os voluntários compareceram ao laboratório LACONCHA no Centro de Biotecnologia para a coleta sanguínea por punção venosa. Para a coleta sanguínea basal e final, os indivíduos foram orientados a realizar um jejum por 12 horas, não realizar exercício físico imediatamente antes do exame e, no dia anterior, a não ingerir bebida alcoólica e nem estimulantes. Nas coletas sanguíneas no dia do exercício físico e 24 após o exercício não foi necessário jejum.

Foi coletado 04 ml de sangue da veia braquial em tubo a vácuo, contendo fluoreto para as análises de glicemia (na coleta sanguínea basal e final) e 3,5 mL em tubo com gel ativador e separador de coágulo para os demais testes, por um profissional qualificado da área de enfermagem, e em seguida, as amostras, foram centrifugadas a 3500 rpm durante 10 minutos, e após, as alíquotas de soro adquiridas pela centrifugação foram adequadamente armazenadas em frascos mantidos a uma temperatura de 4°C até o momento da análise bioquímica.

As concentrações de glicose em jejum, colesterol total, HDL, LDL, creatina quinase e desidrogenase láctica foram determinadas com teste colorimétrico enzimático automatizado de acordo com as recomendações do fabricante (Autoanalyzer; Technicon, Tarrytown, NY, EUA).

A peroxidação lipídica das amostras foi identificada pelo nível de malondialdeído um dos produtos finais da peroxidação lipídica, pela técnica Malondialdeído-TBARS (thiobarbituric acid reactive species). Separamos 250 µl do soro coletado, como descrito anteriormente, e submetemos a 1 hora em banho maria a 37°C. Em seguida, adicionamos 400 µl de ácido perclórico e centrifugamos a 14000 rpm durante 20 minutos a 4 °C. O sobrenadante foi então removido e misturado com 400 µl de ácido tiobarbitúrico a 0,6%, incubado a 100 °C por 1 hora em banho maria. Após esfriar, a absorbância das amostras foi mensurada em 532 nm. A curva padrão foi obtida utilizando o 1,1,3,3-tetrametoxipropano. Os resultados são expressos como nmol de MDA/ml de soro (MONTEIRO et al, 2012).

5.9 Suplementação

A suplementação com óleo de linhaça ou placebo foi realizada durante 07 dias. Os participantes foram orientados a ingerir as cápsulas com 1000mg óleo de linhaça (*Linum usitatissimum L.*) ou placebo depois das principais refeições, com o auxílio de água.

Para o grupo controle, as cápsulas placebo continham apenas amido, e os participantes foram instruídos a ingerir 03 cápsulas de 500mg após o almoço. O grupo de 06g/dia de óleo de

linhaça foi instruído a ingerir 03 cápsulas após o almoço e 03 cápsulas após o jantar, e o grupo de 12g/dia de óleo de linhaça foi instruído a ingerir 04 cápsulas após o café da manhã, 04 cápsulas após o almoço e 04 cápsulas após o jantar. A verificação da ingestão das cápsulas foi realizada por contato do pesquisador com os indivíduos. Ambas foram comercializadas por farmácia de manipulação da cidade de João Pessoa-PB.

Tabela 3: Informação nutricional do óleo de linhaça.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL	Porção de 2,0g (02 cápsulas)	
	Quantidade por porção	%VD (*)
Valor energético	18 kcal= 76kj	1%
Gorduras totais	2,0g	4%
Ácidos graxos saturados	12%	1%
Ácidos graxos monoinsaturados	21%	**
Ácidos graxos poli-insaturados	67%	**
Não contém quantidades significativas de carboidratos, proteínas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio.		
(*) % Valores diários de referência com base em uma dieta de 2000kcal ou 8400kj. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas. (**) Valor diário não estabelecido.		

5.10 Protocolo do exercício

Os participantes foram submetidos a uma sessão de exercício físico agudo caracterizado por corrida em esteira ergométrica, onde os voluntários fizeram 40 minutos de corrida, sendo 05 minutos de aquecimento (4-5Km/h) em seguida, 30 minutos correndo (com a intensidade determinada pela frequência cardíaca máxima alcançada no teste de 01 milha, utilizando 70-75% do VO₂ máximo) e 05 minutos de desaquecimento (4-5Km/h). Todo o treino foi supervisionado pela pesquisadora responsável juntamente com o auxílio de um profissional da educação física.

5.11 Registro alimentar

Os participantes foram instruídos a fazer 03 registros alimentares durante o período experimental, sendo o primeiro no dia 1 (início do experimento), o segundo registro no dia 3 (dia do exercício) e o último em um dia do final de semana (sábado ou domingo). No registro cada voluntário descreveu detalhadamente durante 24 horas o alimento e a quantidade consumida de cada alimento, e foram orientados a não mudar seus hábitos alimentares durante a semana da intervenção.

A análise foi efetuada pelo software de nutrição “AVAnutri”. O consumo dietético individual foi caracterizado pela média dos três registros alimentares da semana experimental, e após a obtenção dos valores individuais adicionamos as variáveis nutricionais presentes na suplementação (**Tabela 04**).

Tabela 4: Caracterização das variáveis nutricionais da suplementação.

SUPLEMENTAÇÃO			
Variáveis	Placebo (Amido 1,5g)	Óleo de linhaça (06g/dia)	Óleo de linhaça (12g/dia)
Energia (Kcal/dia)	5,26	54	108
Carboidratos (g/dia)	1,31	-	-
Proteínas (g/dia)	0,01	-	-
Fibras (g/dia)	-	-	-
Sódio (mg/dia)	0,01	-	-
Vitamina E (mg/dia)	0,12	-	-
Vitamina C (mg/dia)	-	-	-
Colesterol (mg/dia)	-	-	-
Ácidos graxos saturados (g/dia)	-	0,72	1,44
Ácidos graxos monoinsaturados (g/dia)	-	1,26	2,52
Ácidos graxos poliinsaturados (g/dia)	-	4,02	8,04

5.12 Análise estatística

Os valores foram relatados como média± desvio padrão. As variáveis antropométricas, pressão arterial, creatina quinase, desidrogenase láctica e TBARS foram analisadas pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós-teste de Bonferroni. A composição dietética, glicose,

colesterol total, HDL e LDL foram analisadas entre os grupos pelo teste One-Way Anova seguido pelo pós-teste de Tukey quando aprovadas no teste de normalidade, em caso negativo foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo pós-teste de Dunn's, e intragrupo pelo teste pareado de T student quando aprovadas no teste de normalidade, em caso negativo foram analisadas pelo teste de Wilcoxon. As diferenças foram consideradas significativas quando $p \leq 0,05$. Utilizamos o software Graph Pad Prism versão 6.0 (GraphPad, La Rolla, Ca, Estados Unidos).

6 RESULTADOS

A análise da composição corporal dos participantes esta apresentada na **tabela 5**. É possível observar que os resultados foram semelhantes entre os grupos controle e suplementados com 6g/dia e 12g/dia de óleo de linhaça nos parâmetros idade, altura, peso, percentual de gordura, índice de massa corporal (IMC) e relação cintura-quadril (RCQ).

O consumo máximo de oxigênio (VO₂ Máximo) dos participantes no teste de 1 milha foi elevado entre os participantes do grupo suplementado com 12g/dia (60,44± 1,20) em relação aos participantes do grupo controle (57,99± 2,10) ($p= 0,0439$).

Tabela 5: Caracterização basal dos participantes antes do período de suplementação.

Características	Grupo Controle	Linhaça 06g/dia	Linhaça 12g/dia	Valor de <i>p</i>
Idade	24,29±5,41	25,50±8,07	24,57±5,82	0,9286
Altura	1,75±0,09	1,73±0,05	1,72±0,04	0,6855
Peso	77±9,95	77,88±8,09	70,04±12,04	0,3305
% Gordura	15,73±4,21	14,35±4,42	12,79±4,84	0,5065
IMC	25,18±1,93	26,11±3,73	23,68±3,10	0,3496
RCQ	0,82±0,04	0,82±0,04	0,80±0	0,7053
FCmáx	196±9,57	188,83±9,70	189,57±10,72	0,3733
VO₂máx	57,99±2,10	59,33±1,58	60,44±1,20 [#]	0,0439

Os dados foram expressos em média ± desvio padrão da média e foram analisados pelo teste One-Way Anova, seguidos pelo pós-teste de Tukey. Foi considerado $p < 0,05$. No teste de VO₂max: o grupo 12g/dia [#] $p < 0,05$ comparado ao grupo controle.

Na análise da composição dietética (**Tabela 6**) ao comparar a ingestão dos nutrientes sem a adição do suplemento (placebo ou óleo de linhaça) e com a adição da suplementação, é possível observar que durante a semana experimental, o consumo dos participantes foi semelhante entre os grupos suplementados com placebo e óleo de linhaça.

Tabela 6: Caracterização da ingestão dietética sem e com a adição do suplemento durante a semana experimental.

Variáveis	Sem Suplementação				Com suplementação			
	Controle	06g/dia	12g/dia	Valor de <i>p</i>	Controle	06g/dia	12g/dia	Valor de <i>p</i>
Energia (Kcal/dia)	1942±272,9	1740±601,7	1668±595,0	0,97	1948±272,9	1794±601,7	1776±595,0	0,98
Carboidratos (g/dia)	229,6±26,48	199,7±92,16	208,1±72,03	0,99	230,9±26,47	199,7±92,16	208,1±72,03	0,98
Proteínas (g/dia)	95,75±10,23	93,10±40,04	76,77±15,46	0,35	95,76±10,22	93,10±40,04	76,77±15,46	0,35
Fibras (g/dia)	11,56±0,4192	8,805±4,502	10,77±9,641	0,33	11,57±0,3632	8,805±4,502	10,77±9,641	0,51
Sódio (mg/dia)	2891±184,2	2118±634,8	2443±725,9	0,13	2891±184,2	2118±634,8	2443±725,9	0,13
Vitamina E (mg/dia)	27,93±11,06	19,90±5,738	13,03±14,89	0,23	27,93±11,06	19,90±5,738	13,03±14,89	0,23
Vitamina C (mg/dia)	28,98±14,81	28,11±78,31	26,24±17,29	0,75	28,98±14,81	28,11±78,31	26,24±17,29	0,75
Colesterol (mg/dia)	533,3±134,4	601,6±197,6	257,8±368,3	0,35	533,3±134,4	601,6±197,6	257,8±368,3	0,35
Ácidos graxos saturados (g/dia)	18,84±1,028	14,41±3,011	19,21±9,197	0,12	18,84±1,028	15,13±3,011	20,65±9,197	0,08
Ácidos graxos monoinsaturados (g/dia)	21,07±3,797	15,70±3,571	10,95±9,302	0,22	21,07±3,797	16,96±3,571	13,47±9,302	0,51
Ácidos graxos poliinsaturados (g/dia)	18,90±6,912	16,12±2,967	8,500±10,23	0,34	18,90±6,912	20,14±2,967	16,54±10,23	0,86

Os dados foram expressos em média ± desvio padrão da média e foram analisados entre grupos pelo teste One-Way Anova seguido pelo-pós teste de Tukey quando aprovadas no teste de normalidade, em caso negativo foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo pós-teste de Dunn's. Foi considerado $p < 0,05$.

Os níveis de pressão arterial sistólica foram semelhantes entre os grupos, e não diferiram antes e após a intervenção com a suplementação e o exercício físico (**Figura 4**).

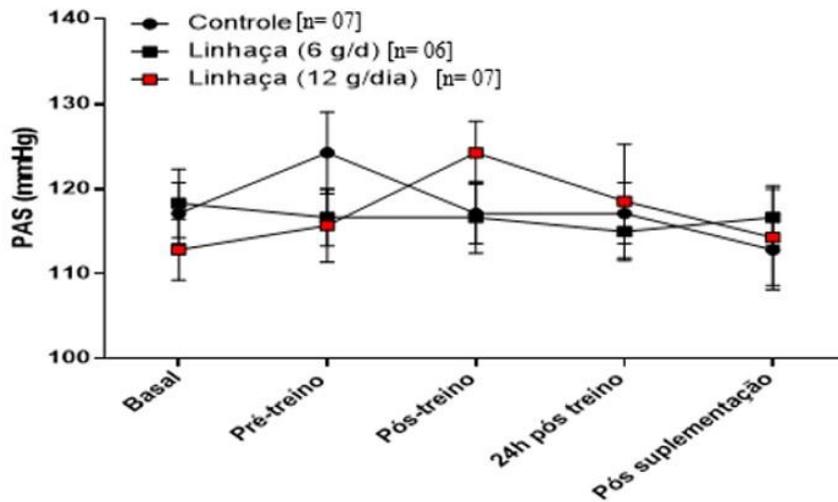


Figura 4: Pressão arterial sistólica. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão da média e foram analisados pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós-teste de Bonferroni. Foi considerado $p < 0,05$.

Similarmente, os níveis de pressão arterial diastólica foram semelhantes entre os grupos antes e após a intervenção (**Figura 5**).

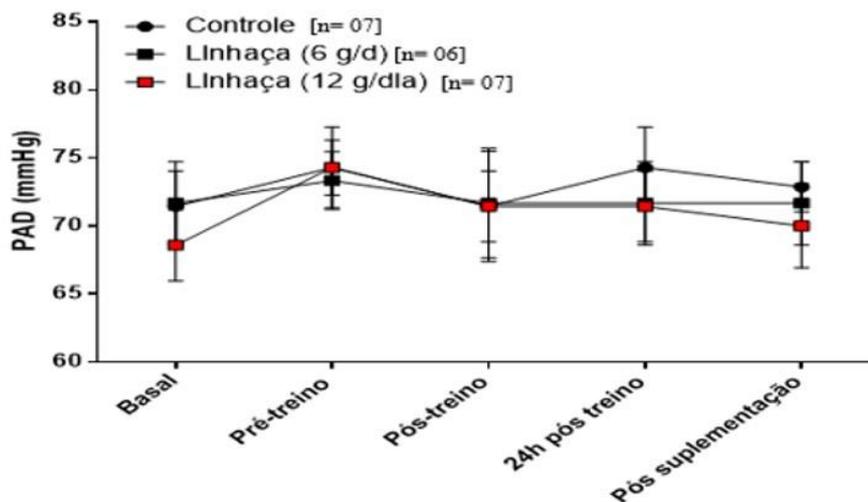


Figura 5: Pressão arterial diastólica. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão da média e foram analisados pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós-teste de Bonferroni. Foi considerado $p < 0,05$.

Na análise dos níveis séricos de glicose em jejum antes e após a intervenção, observa-se que, o grupo placebo elevou os níveis séricos de glicose ao final da suplementação, de

98,25±6,797mg/dL vs. 85,21±10,49mg/dL ($p=0,0352$). O grupo suplementado com 06g/dia de óleo de linhaça apresentou uma redução nos seus níveis de glicose 89,99±11,98 mg/dL vs. 98,90±12,23mg/dL ($p=0,0168$). Ao final da intervenção, o grupo suplementado com 06g/dia de óleo de linhaça apresentou uma redução nos seus níveis de glicose quando comparado com o placebo ($p=0,0304$). Já o grupo suplementado com 12g/dia de óleo de linhaça não apresentou uma melhora significativa nos níveis séricos de glicose (**Tabela 7**).

Na análise de perfil lipídico, foi avaliado os níveis de colesterol total (CT), lipoproteína de alta densidade (HDL) e de lipoproteína de baixa densidade (LDL). Na análise de CT foi possível observar uma diferença nos níveis basais do grupo controle 138,6±43,28mg/dL com o grupo suplementado com 06g/dia do óleo de linhaça 228,5±47,13mg/dL ($p=0,0231$) (**Tabela 7**). Os níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL) e de lipoproteína de baixa densidade (LDL) não diferiram antes e após a intervenção com placebo ou óleo de linhaça (**Tabela 7**).

Tabela 7: Variáveis bioquímicas.

VARIÁVEIS	GRUPO CONTROLE [N=07]	LINHAÇA 6g/DIA [N=06]	LINHAÇA 12g/DIA [N=07]
GLICOSE (mg/dL)			
BASAL	85,21 ± 10,49	98,90 ± 12,23	83,15 ± 18,31
FINAL	98,25 ± 6,797*	89,99 ± 11,98 **	92,58 ± 8,155
COLESTEROL TOTAL (mg/dL)			
BASAL	138,6 ± 43,28	228,5 ± 47,13 [#]	162,9 ± 73,06
FINAL	175,9 ± 41,64	160,7 ± 38,92	170,5 ± 58,76
HDL-c (mg/dL)			
BASAL	34,24 ± 10,12	40,58 ± 13,35	45,06 ± 5,230
FINAL	37,78 ± 8,974	39,39 ± 9,686	43,64 ± 5,815
LDL-c (mg/dL)			
BASAL	30,16 ± 13,37	43,95 ± 20,48	31,93 ± 11,88
FINAL	27,75 ± 11,81	37,12 ± 12,71	40,72 ± 17,22

Os dados foram expressos em média ± desvio padrão da média e foram analisados entre grupos pelo teste One-Way Anova seguido pelo-pós teste de Tukey quando aprovadas no teste de normalidade, em caso negativo foram analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis seguido pelo pós-teste de Dunn's. Foi considerado $p < 0,05$. Para intragrupo foram analisados pelo teste pareado de T student quando aprovadas no teste de normalidade, em caso negativo foram analisadas pelo teste

Wilcoxon. Foi considerado $p < 0,05$. Na análise de glicose: $*p=0,0352$ grupo controle basal comparado os níveis de glicose final, $*p=0,0168$ grupo 06g/dia basal comparado com os níveis de glicose final, e $\#p=0,0304$ grupo 06g/dia comparado com o grupo controle nos níveis de glicose final. Na análise de colesterol total: $\#p=0,0231$ grupo 06g/dia comparado ao grupo controle.

O grupo que recebeu a suplementação de 12g/dia de óleo de linhaça apresentou um aumento nos níveis de creatina quinase ($p= 0,033$) antes do exercício quando comparado ao grupo controle e 06g/dia de óleo de linhaça (**Figura 6**).

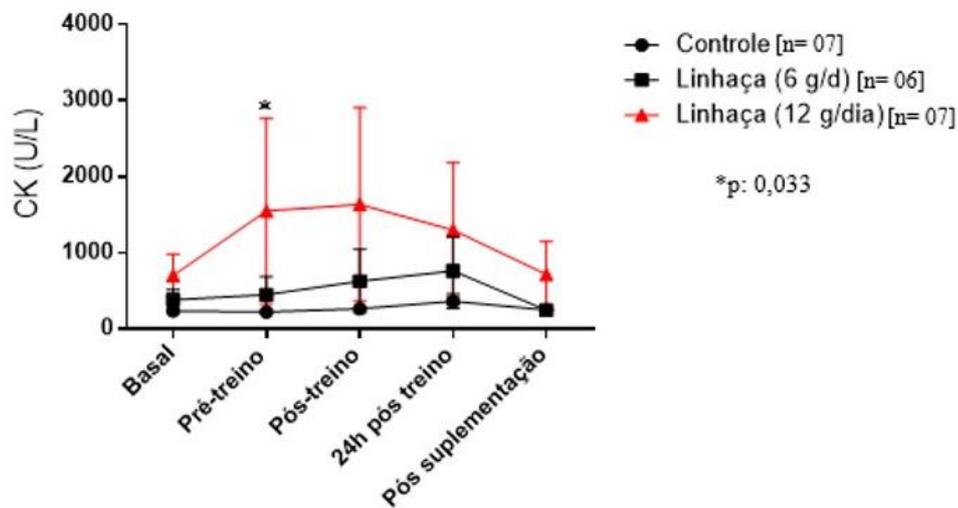


Figura 6: Níveis de creatina quinase. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão da média e foram analisados pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós teste de Bonferroni. Foi considerado $p < 0,05$.

Os níveis de desidrogenase láctica (DHL) foram semelhantes entre os grupos durante todo o período experimental (**Figura 7**).

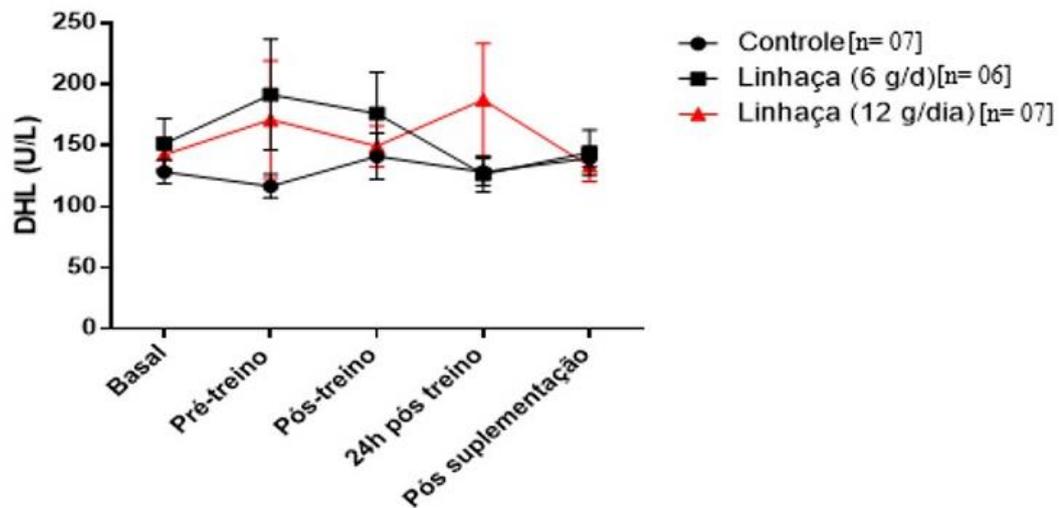


Figura 7: Níveis de desidrogenase láctica. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão da média e foram analisados pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós teste de Bonferroni. Foi considerado $p < 0,05$.

Os níveis de malondialdeído apresentaram valores semelhantes nos grupos suplementados com placebo e com óleo de linhaça em todo o período experimental (**Figura 8**).

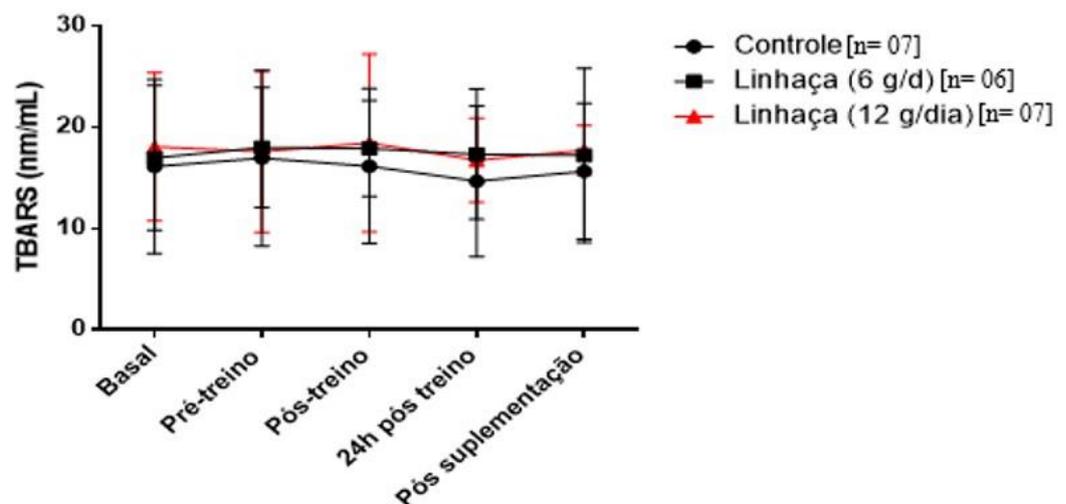


Figura 8: Níveis de malondialdeído. Os dados foram expressos em média \pm desvio padrão da média e foram analisados pelo teste Two-Way Anova, seguidos pelo pós teste de Bonferroni. Foi considerado $p < 0,05$.

7 DISCUSSÃO

No presente estudo podemos observar que a suplementação de óleo de linhaça nas doses de 06 e 12g/dia durante 07 dias não apresentou efeitos benéficos nos marcadores de lesão muscular e de peroxidação lipídica após uma sessão de corrida com a utilização de 70 a 75% do VO₂ máximo. Os níveis pressóricos se mantiveram normais durante todo o período experimental. Não foi possível observar efeitos de modulação nos níveis de perfil lipídico. No entanto, o grupo que recebeu suplementação de 06g/dia de óleo de linhaça apresentou uma redução nos níveis séricos de glicose após a intervenção, o que não foi observado no grupo que recebeu a dose de 12g/dia.

O período de suplementação com óleo de linhaça por 07 dias nesse estudo foi baseado em estudos envolvendo suplementação com óleos e ácidos graxos poliinsaturados no exercício físico presentes na literatura. Por exemplo, Peres et al. (2018) ao suplementarem homens obesos com 2.000mg de óleo de peixe uma hora antes do exercício verificaram resultados positivos na redução da inflamação após um exercício extenuante. Corder et al. (2016), ao analisarem a suplementação de 3000mg/dia de DHA em mulheres saudáveis durante uma semana observaram uma redução na dor e rigidez muscular após serem submetidas a um exercício de força excêntrico.

Os participantes de ambos os grupos apresentaram composição corporal semelhantes. Devido a suplementação com óleo de linhaça ocorrer apenas durante 07 dias, não foi investigado se a suplementação resultaria em alterações no peso, altura, IMC, RCQ, circunferências e dobras cutâneas. As análises foram realizadas com o objetivo de caracterizar os participantes durante o período experimental.

Quando avaliado o consumo máximo de oxigênio, foi possível observar uma diferença no grupo 12g/dia de óleo de linhaça em relação grupo controle. Essa diferença não tem correlação com a intervenção, uma vez que, os participantes foram distribuídos aleatoriamente entre os grupos e o teste ocorreu antes do início da suplementação com placebo ou óleo de linhaça.

O VO₂ é um indicador da capacidade cardiorrespiratória, e os valores indicam a capacidade do músculo em utilizar oxigênio para a fosforilação oxidativa (BARSTOW, T. J., 1994). Esses níveis de VO₂ são utilizados como parâmetro avaliativo para indicar o estado de saúde e são fundamentais para a prescrição de treinos e intensidade dos exercícios (CLAEL, et

al., 2020). Segundo Gormley e et al. (2008), o consumo máximo de oxigênio pode aumentar em indivíduos que praticam atividade física, e que atividades mais intensas podem promover um efeito mais eficaz no consumo de oxigênio quando comparado com atividades de intensidade moderada, indicando assim, que o VO_2 pode definir a intensidade do exercício bem como o exercício pode melhorar o transporte, absorção e captação de oxigênio pelos tecidos.

Como a intensidade da esteira do presente estudo foi determinada de acordo com o VO_2 máximo, peso, frequência cardíaca máxima e tempo percorrido do teste de 01 milha individualmente, a diferença nesses níveis não interferiu na intensidade do exercício de 70 a 75% do consumo máximo de oxigênio individualmente, no entanto, como o grupo 12g/dia possui uma capacidade cardiorrespiratória melhor em comparação ao controle, indica que provavelmente esse grupo possuía uma rotina de treinamento físico mais vigoroso que o controle.

A ingestão dietética durante o período experimental deve ser monitorada, pois pode influenciar na quantidade de antioxidantes e antiinflamatórios ingeridos além da suplementação e interferir nos resultados obtidos. No presente estudo, a ingestão energética, de macros e alguns micronutrientes foram semelhantes em todos os grupos e, mesmo com a suplementação de 06 e 12g/dia de óleo de linhaça os grupos não diferiram nos teores de ácidos graxos saturados, mono e poliinsaturados, sugerindo que a ingestão dietética não exerceu efeitos sobre os resultados encontrados no estudo.

O óleo de linhaça possui um alto teor de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3, que é reconhecido por conter propriedades terapêuticas e utilizado para prevenção de doenças cardiovasculares. Quando foi avaliado a pressão arterial sistólica e diastólica, observou-se que, a dose de 06 e 12g/dia de óleo de linhaça durante 07 dias não apresentou nenhuma diferença nos níveis de pressão arterial. Vale ressaltar que nesse estudo, um dos pré-requisitos era não ser portador de nenhuma doença crônica não transmissível, portanto, todos os voluntários apresentavam níveis normais de pressão arterial.

De acordo com alguns resultados obtidos na literatura, quando há alguma patologia alterando os níveis de pressão arterial, a suplementação com o óleo de linhaça apresenta efeitos benéficos. Saleh-Ghadimi e et al. (2019) verificaram que, ao suplementar pacientes com doença arterial coronariana (DAC) 90,5% do sexo masculino, com óleo de linhaça durante 10 semanas (200ml de leite esterilizado com 1,5% de gordura suplementado com 2,5% de óleo de linhaça) resultou em diminuição de 3mmHg na pressão arterial diastólica desses pacientes. Paschos e et

al. (2007) ao suplementarem homens dislipidêmicos com 15 ml/dia de óleo de linhaça (8g de ALA) durante 12 semanas observaram uma redução de aproximadamente 5 mmHg nos níveis de PAS, PAD e pressão arterial média (PAM) em comparação ao grupo suplementado com LA.

Morshedzadeh e et al. (2019) ao suplementarem pacientes com colite ulcerativa com placebo, 30g/dia de semente de linhaça e 10g/dia de óleo de linhaça durante 12 semanas, verificaram que tanto a semente como o óleo de linhaça reduziram os níveis de pressão arterial. Ao comparar o presente estudo com a literatura, observa-se que o efeito benéfico do óleo de linhaça na modulação da pressão arterial apresenta um tempo de suplementação de várias semanas, e neste estudo a suplementação durou apenas uma semana, pois, o objetivo principal era verificar os efeitos do óleo de linhaça no exercício agudo, e os participantes possuíam níveis normais de pressão arterial.

Ao avaliar os níveis séricos de glicose, pode-se observar uma redução nos valores de glicose após a intervenção no grupo que suplementou com 06g/dia de óleo de linhaça, e nenhuma alteração no grupo que suplementou com 12g/dia de óleo de linhaça. Akrami e et al. (2018) suplementaram pacientes com síndrome metabólica com 25ml/dia de óleo de linhaça durante 07 semanas e verificaram que não houve diferença nos níveis de glicose sanguínea, mas apresentou uma redução nos níveis de pressão arterial.

De acordo com Soleimani e et al. (2017), a suplementação com 1g/dia de ácidos graxos ômega 3 do óleo de linhaça durante 12 semanas melhorou o metabolismo da insulina em pacientes com úlcera de pé diabético. Em um estudo recente, Zhu e et al. (2020) mostraram que a intervenção com óleo de linhaça em ratos diabéticos durante 05 semanas foi capaz de reduzir a glicemia em jejum por meio da antiinflamação e modulação da microbiota intestinal. Jamilian e et al. (2020) utilizaram 2g/dia de óleo de linhaça durante 06 semanas em pacientes com diabetes mellitus gestacional e observaram efeitos benéficos na expressão gênica relacionados ao metabolismo da insulina e controle da glicemia, além da melhora nos marcadores inflamatórios e estresse oxidativo.

Os efeitos da suplementação com óleo de linhaça sobre os níveis séricos de glicose ainda são contraditórios. Não se sabe qual a dose terá um efeito benéfico sobre os níveis glicêmicos, se é uma dose maior em um curto período ou uma dose menor por longos períodos, sugerindo assim, mais estudos abrangendo essa temática.

Os ácidos graxos poliinsaturados vem sendo muito associado com o tratamento das dislipidemias. No entanto, a dose de 06g/dia e 12g/dia de óleo de linhaça durante 07 dias não apresentou nenhuma diferença entre o perfil lipídico em nenhum dos grupos do presente estudo. O grupo 06g/dia apresentou diferença nos níveis basais de colesterol total, ou seja, antes da intervenção o grupo possuía um teor mais elevado, porém, não foi influenciado pela intervenção, uma vez que, a suplementação só ocorreu após a coleta sanguínea.

Avelino e et al. (2015) utilizaram a dose de 03g/dia de óleo de linhaça durante 90 dias em idosos e observaram que a suplementação juntamente com a redução do consumo de ácidos graxos saturados foi eficaz na redução dos teores de colesterol total e LDL e que o óleo de linhaça aumentou significativamente a concentração de HDL. Similarmente, Skoczyńska e et al. (2018) verificaram que o óleo de linhaça aumenta os níveis de HDL e reduz a pressão arterial em pacientes hiperlipidêmicos na dose de 15ml/dia durante 04 semanas.

Akrami e et al. (2018) também observaram uma redução nos níveis de CT, LDL e triglicerídeos (TG) nos pacientes suplementados com óleo de linhaça em comparação ao grupo controle. Variáveis como a dose e o tempo de suplementação são importantes para avaliar de forma mais eficaz os efeitos benéficos do óleo de linhaça nas dislipidemias. No presente estudo, a suplementação com óleo de linhaça durante sete dias não exerceu efeitos hipolipêmicos em indivíduos não portadores de doenças crônicas não transmissíveis e praticantes de exercício físico.

Os marcadores de lesão muscular mais avaliados na literatura são os níveis de creatina quinase e desidrogenase láctica. No presente estudo, os níveis foram semelhantes entre os grupos. O grupo que recebeu a dose de 12g/dia de óleo de linhaça apresentou um aumento nos níveis de creatina quinase antes da indução do exercício físico em comparação aos demais grupos. Esse aumento não foi induzido pelo exercício físico, pois, a coleta sanguínea foi realizada antes dos voluntários serem submetidos ao exercício extenuante.

Segundo Clarkson e Hubal (2002) a CK é mais avaliada para identificar danos musculares em comparação aos outros marcadores, no entanto, seus níveis podem ter muita variabilidade, sendo influenciada por diversos fatores, incluindo os possíveis fatores genéticos. De acordo com Lippi e et al. (2018), o aumento nos níveis de CK induzidos por exercício chega ao pico em aproximadamente 24h após o exercício e retornam aos níveis basais dentre de 3-6 dias, e dependem da duração, tipo e intensidade do exercício físico, já a DHL, começa a ser

liberada na corrente sanguínea após 1-3h do exercício físico, atingindo o pico 3-6h depois e retorna aos níveis basais 24h após.

Não foi possível observar aumento nos níveis de CK e DHL após o exercício e nem atenuação desses valores nos grupos suplementados com óleo de linhaça em comparação ao grupo placebo nesse estudo, indicando que o protocolo de corrida em esteira durante 30 minutos com o consumo de 70 a 75% do VO_2 máximo não foi capaz de gerar danos musculares e que a suplementação de 06 e 12g/dia de óleo de linhaça durante não atenua os níveis de CK e DHL.

De acordo com Suzuki e et al. (2020), o exercício agudo é capaz de induzir uma série de cascatas inflamatórias que dependem da intensidade e duração da sessão de exercício, onde exercícios de maior intensidade liberam uma concentração maior de citocinas pró-inflamatórias e radicais livres podendo gerar consequentemente danos musculares e lesão tecidual, e os exercícios prolongados induzem maior produção de espécies reativas de oxigênio através da cadeia transportadora de elétrons.

Segundo Ceci e et al. (2014), apenas uma sessão de exercício de resistência pode aumentar os marcadores de danos oxidativos no sangue, no entanto, pode ser influenciada por diversos fatores, como por exemplo, o nível de treino e a intensidade do exercício.

No presente estudo foi utilizado o protocolo da corrida de 40 minutos com intensidade de 70 a 75% do VO_2 máximo, e não foi observado nenhuma diferença nos níveis de malondialdeído (indicador de estresse oxidativo) entre os grupos. Bloomer e et al. (2006) ao analisarem homens e mulheres treinados submetidos a uma corrida de 30 minutos com 80% de consumo do VO_2 máximo, verificaram que o protocolo não foi capaz de promover alterações nos níveis plasmáticos de MDA.

Ammar e et al. (2020) ao submeterem jovens adultos não treinados a um exercício aeróbio de 30 minutos com 60% de consumo do VO_2 máximo observaram aumentos nos níveis de MDA. Os resultados presentes na literatura sobre a geração de peroxidação lipídica induzida por exercícios são muito variáveis, e indica que diversos fatores devem ser avaliados como por exemplo, o nível de treinamento, intensidade e duração do exercício e método de análise da peroxidação lipídica.

Segundo Spirlandeli e et al. (2014) o exercício físico agudo aumenta os níveis de MDA na circulação, e estes níveis podem ser quantificado pela técnica TBARS. No presente estudo utilizamos a técnica TBARS para monitorar os níveis de malondialdeído, no entanto não foi

observado aumento nos níveis, indicando que, provavelmente o protocolo de exercício utilizado não promoveu peroxidação lipídica nos participantes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados, pode-se concluir que a suplementação de 06 e 12g/dia de óleo de linhaça durante 07 dias não interfere nos níveis de pressão arterial e perfil lipídico de homens fisicamente ativos. Um fator limitante desse estudo foi o número amostral pequeno, no qual, pode ser uma intercorrência na análise estatística.

Foi observado uma redução nos níveis séricos de glicose após a intervenção no grupo que recebeu a suplementação de 06g/dia por 07 dias, no entanto, não foi observado no grupo que recebeu 12g/dia de óleo de linhaça, sendo necessário mais estudos para confirmar a dose e o tempo benéfico da suplementação, visto que os resultados encontrados na literatura são bem variáveis. Em relação aos danos musculares e estresse oxidativo, não foi encontrado variações nos níveis dos marcadores CK, DHL e malondialdeído.

Com isso, observamos que o exercício de 40 minutos na intensidade de 70-75% do VO₂ máximo não foi exaustivo para os voluntários, uma vez que, não aumentou os níveis dos marcadores de lesão muscular e peroxidação lipídica na circulação, e que a suplementação com 06 e 12g/dia óleo de linhaça durante uma semana não é suficiente para modular as concentrações séricas desses marcadores.

REFERÊNCIAS

ADKINS, Y.; KELLEY, D. S. Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. **The Journal of Nutritional Biochemistry**. V. 21, 781–792, 2010.

AKRAMI, A.; NIKAEIN, F.; BABAJAFARI, S.; FAGHIH, S.; YARMOHAMMADI, H. Comparison of the effects of flaxseed oil and sunflower seed oil consumption on serum glucose, lipid profile, blood pressure, and lipid peroxidation in patients with metabolic syndrome. **Journal of Clinical Lipidology**. V. 12(1), 70–77, 2018.

ALESSIO, H. M. Exercise-induced oxidative stress. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. V. 25, p. 218-24, 1993.

ALEXANDER, J. W. Immunonutrition: the role of ω -3 fatty acids. **Nutrition**. V. 14(7-8), 627–633, 1998.

ALVES, N. F. B.; PORPINO, S. K. P.; MONTEIRO, M. O.; GOMES, E. R. M.; BRAGA, V. A. Coconut oil supplementation and physical exercise improves baroreflex sensitivity and oxidative stress in hypertensive rats. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. V. 40, 2015.

AMMAR, A.; TRABELSI, K.; BOUKHRIS, O.; GLENN, J. M.; BOTT, N.; MASMOUDI, L.; HAKIM, A.; CHTOUROU, H.; DRISS, T.; HOEKELMANN, A.; EL ABED, K. Effects of Aerobic, Anaerobic and Combined Based Exercises on Plasma Oxidative Stress Biomarkers in Healthy Untrained Young Adults. **International journal of environmental research and public health**. V. 17(7), 2601, 2020.

AMORIM, A. G.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais da relação entre exercício físico, estresse oxidativo e magnésio. **Revista de Nutrição**. Campinas, V. 21(5):p. 563-575, Set./Out., 2008.

AOKI, M. S.; BELMONTE, M. A.; SEELANDER, M.C.L. Influência da suplementação lipídica sobre a indução do efeito poupador de glicogênio em ratos submetidos ao exercício de “endurance”. **Revista Paulista de Educação Física**. São Paulo, V. 17(2): 93-103, jul./dez. 2003.

AVELINO, A. P.; OLIVEIRA, G. M.; FERREIRA, C. C.; LUIZ, R. R.; ROSA, G. Additive effect of linseed oil supplementation on the lipid profiles of older adults. **Clinical Interventions in Aging**. V. 10:1679-1685, 2015.

BERRY, E. M.; HIRSCH, J. Does dietary linolenic acid influence blood pressure? **The American Journal of Clinical Nutrition**. V. 44:336–340, 1986.

BARSTOW, T. J. Characterization of VO₂ kinetics during heavy exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, V. 26(11), 1327-1334, 1994.

BATISTA, P. B. Potencial antioxidante e anti-inflamatório do chá branco (*Camellia sinensis*) em ratos praticantes de corrida. 2018. 86 f. **Mestrado em Alimentos e Nutrição, na Área de Nutrição Experimental e aplicada à Tecnologia de Alimentos. (Dissertação)**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

BLOOMER, R. J.; GOLDFARB, H. A.; MCKENZIE, M. J. Oxidative Stress Response to Aerobic Exercise: Comparison of Antioxidant Supplements. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v. 38 - Issue 6 - p 1098-1105, 2006.

BOIT, M.; MASTALUROVA, I.; BRAZAITE, G.; MCGOVERN, N.; THOMPSON, K.; GRAY, S. R. The effect of krill oil supplementation on exercise performance and markers of immune function. **PLOS ONE**. V. 10(9), 2015.

BOIT, M.; HUNTER, A. M.; GRAY, S. R. Fit with good fat? The role of n-3 polyunsaturated fatty acids on exercise performance. **Metabolism Clinical and Experimental**. V. 66, p. 45–54, 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Manual operacional para comitês de ética em pesquisa**. Brasília – DF: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Universidade Federal de Goiás. Centro Colaborador em Alimentação e Nutrição da Região Centro-Oeste. Antropometria. **Manual de técnicas e procedimentos**. Vigilância nutricional. 2. ed. Goiânia, 2008.

CALDER, P. C. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**. V. 31, n. 4, 1998.

CÂMARA, A. K. F. I.; FUJIMOTO, G.; RIBEIRO, M. C. E.; NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Efeito da adição de extrato de alecrim, chá verde e óleo de linhaça sobre a estabilidade oxidativa, propriedades físicoquímicas e sensoriais de hambúrguer bovino. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**. Curitiba, V. 35, n. 1, jan./jun. 2017.

CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**. V. 100:126-31, 1985.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**. Nov;81(11 Suppl):S52-69, 2002.

CECI, R.; VALLS, M. R. B.; DURANTI, G.; DIMAURO, I.; QUARANTA, F.; PITTALUGA, M.; SABATINI, S.; CASEROTTI, P.; PARISI, P.; PARISI, A.; CAPOROSSI, D. Oxidative stress responses to a graded maximal exercise test in older adults following explosive-type resistance training. **Redox biology**. V. 2, 65–72, 2014.

CLAEL, S; SOUSA, F. F.; BRANDÃO, H. P.; BEZERRA, L. Analysis and comparison of body mass index and estimated maximum oxygen consumption between practitioners and non-practitioners of CrossFit®. **Multi-science journal**, V. 3 (1): 40-43, 2020.

CORDER, K. E.; NEWSHAM, K. R.; MCDANIEL, J. L.; EZEKIEL, U. R.; WEISS, E. P. Effects of Short-Term Docosahexaenoic Acid Supplementation on Markers of Inflammation after Eccentric Strength Exercise in Women. **Journal of Sports Science and Medicine**. V. 15, p: 176-183, 2016.

COSKUNER Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**. V. 78(3), 1067–1073, 2007.

COSTA, T. A.; SANTOS, J. J. A.; BORGES, J. H. Atividade antioxidante da erva-mate e lesão celular em exercício agudo de alta intensidade. **Revista UNINGÁ Review**. V. 23, n.1, p. 15-20, Jul - Set , 2015.

CRUZ, R. M. O.; CRUZ, P. M. O.; BARRETOS, K. C. C.; REVOREDO, C. M. S.; BARROS, A. Q. S.; MOREIRA, T. N. A.; SILVA, D. R. R.; HOLANDA, A. O. N. Consumo de antioxidantes para práticas de exercícios físicos. **REAS, Revista Eletrônica Acervo Saúde**. V. 5, p. 199-202, 2017.

DAVIS, J. M.; MURPHY, E. A.; CARMICHAEL, M. D.; ZIELINSKI, M. R.; GROSCWITZ, C. M.; BROWN, A. S.; GANGEMI, J. D.; GHAFFAR, A.; MAYER, E. P. Curcumin effects on inflammation and performance recovery following eccentric exercise-induced muscle damage. **American Journal of Physiology**. V. 292, June, 2007.

DEVARSHI, P.P.; JANGALE, N.M.; GHULE, A.E.; BODHANKAR, S.L.; HARSULKAR, A.M. Beneficial effects of flaxseed oil and fish oil diet are through modulation of different hepatic genes involved in lipid metabolism in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats. **Genes and Nutrition**. v. 8, p. 329–342, 2013.

DI MEO, S.; REED, T.T.; VENDITTI, P.; VICTOR, M.V. Role of ROS and RNS sources in physiological and pathological conditions. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**. 2016.

DUTRA, M. T. Efeito do treinamento de força combinado com a suplementação de vitaminas antioxidantes na força e espessura muscular: um estudo aleatorizado e controlado. 2018. 72 f. **Doutorado em Educação Física (Tese)**, Universidade De Brasília, Brasília, 2018.

ELIAS, R. G. M.; MOLENA-FERNANDES, C. A.; MORAES, A. C. F.; GONÇALVES, E. C. A; CUMAN, R. K. N. Efeito de diferentes doses de óleo de linhaça no tratamento da dislipidemia em ratos. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. São Paulo, V. 6. n. 35. p. 336-342. Set/Out. 2012.

ESQUIUS, L.; GARCIA-RETORTILLO, S.; BALAGUÉ, N.; HRISTOVSKI. R.; JAVIERRE, C. Physiological- and performance-related effects of acute olive oil supplementation at moderate exercise intensity. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**. V. 16:12, 2019.

FARINHA, J. B. Respostas glicêmicas, inflamatórias e de estresse oxidativo em diabéticos tipo 1 submetidos a diferentes protocolos de treinamento de alta intensidade. 2018. 114 f. **Doutorado em Ciências do Movimento Humano (Tese)**, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2018.

GANORKAR, P. M.; JAIN, R. K. Flaxseed – a nutritional punch. **International Food Research Journal**, 20, 519–525, 2013.

GIOLO, J. S. Efeitos da suplementação de isoflavonas associadas ao treinamento com exercícios físicos combinados nos níveis lipídicos, marcadores inflamatórios e de estresse oxidativo em mulheres pós menopausadas. 2018. 46 f. **Mestrado em Ciências da saúde (Dissertação)**, Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2018.

GORMLEY, S. E.; SWAIN, D. P.; HIGH, R.; SPINA, R. J.; DOWLING, E. A.; KOTIPALLI, U. S.; GANDRAKOTA, R. Effect of intensity of aerobic training on VO₂max. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. Jul, V. 40(7):1336-43, 2008.

GUSCHINA, I. A.; HARWOOD, J. L. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. **Progress in Lipid Research**. V. 45(2):160-86, 2006.

HARRIS, W. S. n-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**. V. 65:1645S–1654S, 1997.

HE, F.; LI, J.; LIU, Z.; CHUANG, C-C.; YANG, W.; ZUO, L. Redox mechanism of reactive oxygen species in exercise. **Frontiers in physiology**, vol. 7, 2016.

HU, F. B.; STAMPFER, M. J.; MANSON, J. E.; RIMM, E. B.; WOLK, A.; COLDITZ, G. A.; HENNEKENS, C. H.; WILLETT, W. C. Dietary intake of alpha-linolenic acid and risk of fatal ischemic heart disease among women. **The American Journal of Clinical Nutrition**. V. 69:890–897, 1999.

JAMILIAN, M.; TABASSI, Z.; REINER, Z.; PANAHANDEH, I.; NADERI, F.; AGHADAVOD, E.; AMIRANI, E.; TAGHIZADEH, M.; SHAFABAKHSH, R.; SATARI, M.; MANSOURNIA, M. A.; MEMARZADEH, M. R.; ASEMI, Z. The effects of n-3 fatty acids from flaxseed oil on genetic and metabolic profiles in patients with gestational diabetes mellitus: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. **British Journal of Nutrition**. V. 123(7), 792-799, 2020.

JI, L.L.; FU, R. Responses of glutathione system and antioxidant enzymes to ex-haustive exercise and hydroperoxide. **Journal of Applied Physiology**. V. 72 p; 549-54, 1992.

KAJLA, P.; SHARMA, A.; SOOD, D. R. Flaxseed—a potential functional food source. **Journal of Food Science and Technology**. April, 2015.

KANAYAMA, A.; CARVALHO, R. L. P.; MUNHOZ, A. B.; JORDÃO, L. F.; OLIVEIRA, L. C.; LEME, J. A. C. A. Efeitos da ingestão de óleo de linhaça e treinamento físico sobre a massa óssea de ratos Wistar. **SALUSVITA**. Bauru, V. 34, n. 2, p. 277-289, 2015.

KASAPIS, C.; THOMPSON, P. D. The effects of physical activity on serum C-reactive protein and inflammatory markers: a systematic review. **Journal of the American College of Cardiology**. V.45, p.1563-1569, 2005.

KAUL, N.; KREML, R; AUSTRIA, J. A.; RICHARD, M. N.; EDEL, A. L.; DIBROV, E.; HIRONO, S.; ZETTLER, M. E.; PIERCE, G. N. A Comparison of Fish Oil, Flaxseed Oil and Hempseed Oil Supplementation on Selected Parameters of Cardiovascular Health in Healthy Volunteers. **Journal of the American College of Nutrition**. V. 27(1), 51–58, 2008.

KRISTENSEN, M.; JENSEN, M. G.; AARESTRUP, J.; PETERSEN, K. E.; SONDERGAARD, L.; MIKKELSEN, M. S. Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. **Nutrition and Metabolism**. V. 9, 8, 2012.

LAUGHLIN, M. H.; SIMPSON, T.; SEXTON, W. L.; BROWN, O. R.; SMITH, J. K.; KORTHUIS, R. J. Skeletal muscle oxidative capacity, antioxidant enzymes, and exercise training. **Journal of Applied Physiology**, 68(6), 2337–2343, 1990.

LIPPI, G.; SCHENA, F.; CERIOTTI, F. Diagnostic biomarkers of muscle injury and exertional rhabdomyolysis. **Journal of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**. 2018.

JACKSON, M. J.; PYE, D.; PALOMERO, J. The production of reactive oxygen and nitrogen species by skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**. V. 102: 1664–1670, 2007.

MIRFATAHI, M.; IMANI, H; TABIBI, H.; NASROLLAHI, A.; HEDAYATI, M. Effects of Flaxseed Oil on Serum Bone Turnover Markers in Hemodialysis Patients A Randomized Controlled Trial. **Iranian Journal of Kidney Diseases**. V. 12, n. 4, July, 2018.

MONTEIRO, M. M. O.; FRANÇA-SILVA, M. S.; ALVES, N. F. B.; PORPINO, S. K. P.; BRAGA, V. A. Quercetin improves baroreflex sensitivity in spontaneously hypertensive rats. **Molecules**. 17(11), 2012.

MORRIS, D. H. Essential nutrients and other functional compounds in flaxseed. **Nutrition Today**. V. 36, 159–162, 2001.

MORRIS, D. H. Flax—a health and nutrition primer. **Flax council of Canadá**. 4th edn, 2007.

MORSHEDZADEH, N.; SHAHROKH, S.; AGHDAEI, H. A.; POURHOSEINGHOLI, M. A.; CHALESI, V.; HEKMATDOOST, A.; KARIMI, S.; ZALI, M. R.; MIRMIRAN, P. Effects of flaxseed and flaxseed oil supplement on serum levels of inflammatory markers, metabolic parameters and severity of disease in patients with ulcerative colitis. **Complementary Therapies in Medicine**, 2019.

MOZAFFARIAN, D.; ASCHERIO, A.; HU, F. B.; STAMPFER, M. J.; WILLETT, W. C.; SISCOVICK, D. S.; RIMM, E. B. Interplay between different polyunsaturated fatty acids and risk of coronary heart disease in men. **Circulation**. V. 111:157–164, 2005.

MUNHOZ, M. P.; OLIVEIRA, J.; GONÇALVES, R. D.; ZAMBON, T. B.; OLIVEIRA, L. C. N. Efeito do exercício físico e da nutrição na prevenção do câncer. **Revista Odontológica de Araçatuba**. V.37, n.2, p. 09-16, Maio/Agosto, 2016.

NELSON, T. L.; STEVENS, J. R.; HICKEY, M. S. Adiponectin levels are reduced, independent of polymorphisms in the adiponectin gene, after supplementation with α -linolenic acid among healthy adults. **Metabolism Clinical and Experimental**. 2007.

NIE, J.; TONG, T. K.; GEORGE, K.; FU, F. H.; LIN, H.; SHI, Q. Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**. V. 21 (5): 625-9, 2011.

NORDBERG, J.; ARNÉR, S. J. Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. **Free Radical Biology & Medicine**. Vol. 31, No. 11, pp. 1287–1312, 2001.

OLIVEIRA, D. M.; SANTOS, D. Efeitos isolados e combinados da suplementação de flavonoides e exercício físico frente ao perfil bioquímico e oxidativo. **Nutrivisa – Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 3, n. 3, novembro-fevereiro, 2017.

OOMAH, B. D. Flaxseed as a functional food source. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 81:889–894, 2001.

PANAITE, T.; ROPOTA, M.; TURCU, R.; OLTEANU, M.; CORBU, A. R.; NOUR, V. Flaxseeds: Nutritional Potential and Bioactive Compounds. *Bulletin UASVM Food Science and Technology*. V. 74(2) / 2017.

PASCHOS, G. K.; MAGKOS, F.; PANAGIOTAKOS, D. B.; VOTTEAS, V.; ZAMPELAS, A. Dietary supplementation with flaxseed oil lowers blood pressure in dyslipidaemic patients. *European Journal of Clinical Nutrition*. Oct; 61(10):1201-6, 2007.

PATEL, H.; ALKHAWAM, H.; MADANIEH, R.; SHAH, N.; KOSMAS, C. E.; VITTORIO, T. J. Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system. *World Journal of Cardiology*. V. 9(2): 134–138, 2017.

PERES, A.; DORNELES, G. P.; BOEIRA, M. C. R.; SCHIPPER, L. L.; BERETTA, Â.; VILELA, T.; ANDRADE, V. M.; ROMÃO, P. R. T. Acute fish oil supplementation modulates the inflammatory response after strenuous exercise in obese men: A cross-over study. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*. V. 137, 5–11, 2018.

QUADROS, L.; BARROS, R. L. S. Vitamina c e performance: uma revisão. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo. v. 10. n. 55. p.112-119. Jan./Fev. 2016.

REBOLÉ, A.; RODRÍGUEZ, M. L.; ORTIZ, L. T.; ALZUETA, C.; CENTENO, C.; TREVINÓ, C. Mucilage in linseed: effects on the intestinal viscosity and nutrient digestion in broiler chicks. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. V. 82(10), 1171–1176, 2002.

RIZWAN, S.; NAQSHBANDI, A; FAROOQUI, Z., KHAN, A.A., KHAN, F. Protective effect of dietary flaxseed oil on arsenic-induced nephrotoxicity and oxidative damage in rat kidney. *Food and Chemical Toxicology*. S0278-6915, 140–149, 2014.

ROSA, J. S.; JUNIOR, J. R. S.; REAL, A. G.; SIQUEIRA, L. Q.; ROSA, C. S. Influência dos ácidos graxos ômega-3 e vitamina D na depressão: uma breve revisão. *Revista de Ciências Médicas e Biológicas*. Salvador, v. 16, n. 2, p. 217-223, mai./ago. 2017.

SALEH-GHADIMI, S.; KHEIROURI, S.; GOLMOHAMMADI, A.; MOLUDI, J.; JAFARI-VAYGHAN, H.; ALIZADEH, M. Effect of flaxseed oil supplementation on anthropometric and metabolic indices in patients with coronary artery disease: A double-blinded randomized controlled trial. *Journal of Cardiovascular and Thoracic Research*. V. 11(2): 152–160, 2019.

SHAH, M. A.; BOSCO, S. J. D.; MIR, S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. **Meat Science**. V. 98(1), 21–33, 2014.

SCHNEIDER, C. D.; OLIVEIRA, A. R. Radicais livres de oxigênio e exercício: mecanismos de formação e adaptação ao treinamento físico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. V. 10, n. 4, Jul/Ago, 2004.

SHAKIR, K. A. F.; MADHUSUDAN, B. Hypocholesterolemic and hepato protective effects of flaxseed chutney: evidence from animal studies. **International Journal of Clinical Biochemistry and Research**. V. 22:117–121, 2007.

SILVA, D. R. B.; JÚNIOR, P. F. M.; SOARES, E. A. Instituto de Nutrição. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2008. Disponível no link: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/pedagogia/a-importancia-dos-acidos-graxos-poliinsaturados-de-cadeia-longa-na-gestacao-e-lactacao/4329>>. Acessado em: 20 de agosto de 2018.

SIMOPOULOS, A. P.; ROBINSON, J. The Omega Diet. **The Lifesaving Nutritional Program Based on the Diet of the Island of Crete**. Harper-Collins, New York, NY, 1999.

SIMOPOULOS, A. P. Human requirement for N-3 polyunsaturated fatty acids. **Poultry Science**, 79, 961–970, 2000.

SINGH, K. K.; MRIDULA, D.; REHAL, J.; BARNWAL, P. Flaxseed: a potential source of food, feed and fiber. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. V. 51:210–222, 2011.

SKOCZYŃSKA, A. H.; GLUZA, E.; WOJAKOWSKA, A.; TURCZYN, B.; SKOCZYŃSKA, M. Linseed oil increases HDL3 cholesterol and decreases blood pressure in patients diagnosed with mild hypercholesterolaemia. **Kardiologia Polska**. V. 76, 8: 1–9, 2018.

SOARES, L. L.; PACHECO, J. T.; BRITO, C. M.; TROINA, A. A.; BOAVENTURA, G. T. Evaluation of the effects of flaxseed when used as a protein source for the growth and maintenance phases of rats. **Revista de Nutrição**. V. 22, 483–491, 2009.

SOLEIMANI, Z.; HASHEMDOKHT, F.; BAHMANI, F.; TAGHIZADEH, M.; MEMARZADEH, MR.; ASEMI, Z. Clinical and metabolic response to flaxseed oil omega-3

fatty acids supplementation in patients with diabetic foot ulcer: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. **Journal of Diabetes and Its Complication**. V. 31 (9), 1394-1400, 2017.

SORICE, A.; GUERRIERO, E.; VOLPE, M.; CAPONE, F.; LA CARA, F.; CILIBERTO, G.; COLONNA, G.; COSTANTINI, S. Differential Response of Two Human Breast Cancer Cell Lines to the Phenolic Extract from Flaxseed Oil. **Molecules**. V. 21(3), 319, 2016.

SOUZA, L. C. D.; OLIVEIRA, A. C.; GOULART, M. O. F.; VASCONCELOS, S. M. L. Ingestão e coeficiente de variabilidade na dieta de vitaminas antioxidantes por uma população de hipertensos sob estresse oxidativo. **NUTRIRE: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**. São Paulo, SP, v. 34, n. 2, p. 11-26, ago. 2009.

SPIRLANDELI, A. L.; DEMINICE, R.; JORDAO, A. A. Plasma malondialdehyde as biomarker of lipid peroxidation: effects of acute exercise. **International Journal of Sports Medicine**, 35: 14–18, 2014.

SUZUKI, K.; YAMADA, M.; KURAKAKE, S.; OKAMURA, N.; YAMAYA, K.; LIU, Q.; KUDOH, S.; KOWATARI, K.; NAKAJI, S.; SUGAWARA, K. Circulating cytokines and hormones with immunosuppressive but neutrophil- priming potentials rise after endurance exercise in humans. **European Journal of Applied Physiology**. V. 81(4):281-7, 2000.

SUZUKI, K.; TOMINAGA, T.; RUHEE, R. T.; MA, S. Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress. **Antioxidants**. v. 9, 401, 2020.

TAKAHASHI, M.; SUZUKI, K.; KIM, H. K.; OTSUKA, Y.; IMAIZUMI, A.; MIYASHITA, M.; SAKAMOTO, S. Effects of Curcumin Supplementation on Exercise- Induced Oxidative Stress in Humans. **International Journal of Sports Medicine**. V. 35, p. 469–475, 2013.

TANABE, Y.; MAEDA, S.; AKAZAWA, N.; ZEMPO-MIYAKI, A.; CHOI, Y.; RA, S.; IMAIZUMI, A.; OTSUKA, Y.; NOSAKA, K. Attenuation of indirect markers of eccentric exercise-induced muscle damage by curcumin. **European Journal of Applied Physiology**. V. 115, p. 1949–1957, 2015.

TIPTON, K. D. Nutritional Support for Exercise-Induced Injuries. **Sports Medicine**. V. 45, S93–S104, 2015.

TSUCHIYA, Y.; YANAGIMOTO, K.; NAKAZATO, K.; HAYAMIZU, K.; OCHI, E. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids-rich fish oil supplementation attenuates strength loss and limited joint range of motion after eccentric contractions: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group trial. **European Journal of Applied Physiology**. V. 116:1179–1188, 2016.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; SILVA, M. A. M.; GOMES, A. C. M. Hipótese oxidativa da hipertensão arterial: uma minirrevisão. **Revista Brasileira de Hipertensão**. V.14(4): 269-274, 2007.

VIDMAR, M. F.; SIQUEIRA, L. O.; BRITO, V. B.; MARTINS, C. A. Q.; PIMENTEL, G. L.; ALMEIDA, C. R.; ROSA, L. H. T.; SILVA, M. F. Suplementação com ômega-3 pós-reconstrução do ligamento cruzado anterior. **Revista Brasileira de Medicina e Esporte**. V. 22, n. 2, Mar/Abr, 2016.

WINETT, R. A.; CARPINELLI, R. N. Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. **Preventive Medicine**. V. 33(5), 503–513, 2001.

ZHU, L.; SHA, L.; LI, K.; WANG, Z.; WANG, T.; LI, Y.; LIU, P.; DONG, X.; DONG, Y.; ZHANG, X.; WANG, H. Dietary flaxseed oil rich in omega-3 suppresses severity of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in rats. **Lipids in Health and Disease**. 2020.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre o efeito da suplementação de óleo de linhaça sobre o estresse oxidativo e lesões musculares induzido pelo exercício físico e está sendo desenvolvida pelo(s) pesquisador (es) Ludmilla Christine Silva de Sales aluno(s) do Curso de Mestrado em Ciências Fisiológicas da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Prof^o Dr. José Luis de Brito Alves.

- Os objetivos do estudo são:
 - **Geral:** Investigar o efeito da suplementação com óleo de linhaça sobre o estresse oxidativo e lesões musculares induzidos por exercício físico.
 - **Específicos:** Aferir os níveis de pressão arterial e a frequência cardíaca máxima dos participantes com suplementação ou não de óleo de linhaça associado ao exercício físico;
 - Caracterizar a composição corporal dos participantes;
 - Monitorar os níveis de glicemia, creatina quinase (CK), desidrogenase láctica (LDH) e peroxidação lipídica antes e após o exercício físico.

A finalidade deste trabalho é contribuir com novas possibilidades de suplementação com antioxidantes com o intuito de minimizar os danos relacionados a exercícios físicos agudos e melhorar o desempenho e performance dos atletas. O tratamento com óleo de linhaça ou placebo será realizado por 07 dias cada. Os participantes serão instruídos a ingerir diferentes doses (06 ou 12g por dia) do óleo de linhaça ou placebo distribuídas entre as principais refeições. As cápsulas serão consumidas com auxílio de água.

Após a seleção dos participantes, será agendado um horário que os mesmos para serem coletadas as medidas antropométricas e coleta sanguínea antes do tratamento, onde serão avaliadas a pressão arterial, frequência cardíaca, variáveis antropométricas (peso, altura, circunferência da cintura e IMC) e coleta de sangue para obtenção do soro e avaliações bioquímicas. No dia do exercício serão avaliadas antes e após o exercício a pressão arterial,

frequência cardíaca e variáveis bioquímicas e, depois avaliado novamente 24 horas e 120 horas após o exercício. Será realizado uma corrida em esteira ergométrica, onde os voluntários farão 05 minutos de caminhada (4-5Km/h) em seguida, 30 minutos correndo (70 a 75% do VO₂ máx) e 05 minutos de desaquecimento (4-5Km/h). Todo o treino será supervisionado pela pesquisadora responsável juntamente com o auxílio de um personal trainer.

Solicitamos a sua colaboração para a utilização de suplementação alimentar com cápsulas de óleo de linhaça, realização de treinamento físico, coletas sanguíneas, verificação da pressão arterial, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de saúde e publicar em revista científica (se for o caso). Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo.

Informamos que essa pesquisa não oferece riscos, previsíveis, para a sua saúde. Ou o paciente pode sentir alguns desconfortos associados com a coleta de sangue como: dor, hematoma, ou outro desconforto no local da coleta. Raramente desmaio ou infecções no local de punção podem ocorrer. Cuidados devem ser tomados para minimizar esses riscos. Pode-se experimentar efeitos colaterais que não são conhecidos até o momento ou não foram relatados. Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). No total, o experimento terá duração de 01 semana, sendo 07 dias de suplementação, 01 dia de exercício e 05 coletas sanguíneas (sendo 01 coleta antes da suplementação, 02 coletas no dia do exercício, 01 coleta com 24h após o exercício e a última coleta com 120h após o exercício).

Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano, nem haverá modificação na assistência que vem recebendo na Instituição (se for o caso). Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa. Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Pesquisador Participante

Contato do Pesquisador (a) Responsável:

Contato do Comitê de ética:

Ludmilla Christine Silva de Sales

Laboratório de Controle Neural
da Circulação e Hipertensão Arterial-
CBIOTEC (UFPB)

Telefone: (83) 9.8603-8298

E-mail:

Ludmilla.cbiotec@gmail.com

**Comitê de Ética em Pesquisa com Seres
Humanos do Centro de Ciências
Médicas**

Centro de Ciências Médicas da
UFPB, 3º andar, sala 14.

Telefone: (83) 3216-7619

E-mail:

comitedeetica@ccm.ufpb.br

Obs.: O sujeito da pesquisa ou seu representante e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas do TCLE apondo suas assinaturas na última página do referido termo.