

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO

CARLOS VINÍCIUS DA SILVA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO CONSUMO DE PASTA DE
GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) NO ESTADO FISIOLÓGICO DE
ATLETAS DE FUTEBOL**

JOÃO PESSOA

2013

CARLOS VINÍCIUS DA SILVA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO CONSUMO DE PASTA DE
GERGELIM (*Sesamum indicum L.*) NO ESTADO FISIOLÓGICO DE
ATLETAS DE FUTEBOL**

JOÃO PESSOA

2013

CARLOS VINÍCIUS DA SILVA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO CONSUMO DE PASTA DE
GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) NO ESTADO FISIOLÓGICO DE
ATLETAS DE FUTEBOL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Nutrição.

Área de concentração: Ciências da Nutrição

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva

JOÃO PESSOA

2013

CARLOS VINÍCIUS DA SILVA BARBOSA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO CONSUMO DE PASTA DE
GERGELIM (*Sesamum indicum* L.) NO ESTADO FISIOLÓGICO DE
ATLETAS DE FUTEBOL**

Dissertação _____ em ____ / ____ / 2013.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani – DEA/CT/UFPB
Presidente da Banca Examinadora

Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva – DEF/CCS/UFPB
Co-orientador

Prof.^a Dr.^a Maria da Conceição Rodrigues Gonçalves – DN/CCS/UFPB
Examinadora Interna

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva – Faculdade de Nutrição/UFAL
Examinador Externo

Prof.^a Dr.^a Maria José de Carvalho Costa – DN/CCS/UFPB
Examinadora Suplente Interna

Prof.^a Dr.^a Juliana Késsia Barbosa Soares – DN/UFCG
Examinadora Suplente Externa

Dedico este trabalho a **Deus**, pai celestial que sempre se faz presente me proporcionando inteligência e entusiasmo para evoluir a cada dia; a **minha namorada** pelo carinho e companheirismo que nos une; e a **minha amada família** por ser a fonte de sustentação da minha existência.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que em sua onisciência e onipresença me fez acreditar mais uma vez que nunca serei desamparado enquanto tiver ímpeto para trabalhar com dignidade e honestidade. Obrigado, pai, por ter programado o momento certo para que eu pudesse obter êxito em mais um grande desafio.

A minha amada família, exemplo de honestidade e de pureza, a quem serei eternamente grato por me presentear com a alegria de viver e por nunca ter medido esforços para me dar condições de realizar mais um sonho em minha vida.

A minha querida namorada, pelo carinho e companheirismo que vem sustentando esta bela união, uma menina-mulher que deu um brilho especial ao meu sorriso e me encorajou a sempre continuar prosseguindo em busca dos meus sonhos.

Aos meus amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho. Agradeço pela torcida e incentivo que me permitiu lutar por mais essa conquista.

Aos meus colegas de curso pela ajuda mútua na elaboração e execução da pesquisa, em especial a Caio Vítor, Yasmim Régis e Nayara Massa que tiveram participação decisiva para que o trabalho fosse concluído com sucesso.

Ao meu cunhado, Ayice Chaves Silva, por não ter medido esforços no sentido de auxiliar na obtenção de insumos e informações técnicas sobre o meu objeto de estudo.

As Prof.^{as} Dr.^{as}, Maria Lúcia e Rita de Cássia por terem sido bastante voluntárias sempre me orientando quando necessário e por cederem seus laboratórios para que fossem desenvolvidas importantes etapas da pesquisa.

A todos que fazem a família do Centro Sportivo Paraibano (CSP) por terem aberto as portas para o desenvolvimento de minha pesquisa, me dando todo o apoio e autonomia para que o trabalho fosse realizado com êxito.

A coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, na pessoa do Prof. Dr. Evandro Leite de Souza e aos secretários Carlos Fernando e Marcos Hermínio pelo atendimento sempre cordial.

A todos que fazem parte do LETFADS por todo o incentivo e auxílio durante a coleta e análise dos dados. Agradecer com todo carinho aos enfermeiros Antônio Luiz, Surama Silva e Maria Angélica por terem sido extremamente prestativos na coleta sanguínea dos participantes da pesquisa.

A minha orientadora, a Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani, a quem tenho uma imensa admiração e carinho. Agradeço por toda confiança e cuidado com que sempre tratou a mim e

meu estudo, tendo dedicado parte de seu tempo para me orientar da melhor maneira possível visando o fortalecimento de um trabalho promissor, assim como o meu crescimento como profissional.

Ao Prof. Dr. Plínio Delatorre, que enquanto meu orientador se mostrou um grande amigo, confiando na minha capacidade e tentando a cada momento me incentivar a crescer na vida acadêmica.

Ao meu co-orientador, o Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva, a quem serei eternamente grato por todo o tempo dedicado aos meus estudos, tendo início na graduação e perdurando pelos dois anos de mestrado. A ele atribuo grande parte do meu crescimento como estudante e profissional e faço questão de externar minha grande admiração vendo-o como modelo de pesquisador e docente que encara com disciplina, competência e seriedade os trabalhos que desenvolve.

Aos membros da banca, que me orientaram minuciosamente para que o trabalho pudesse ser concluído e apresentado com louvor.

Por fim, gostaria de registrar o agradecimento a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo importante e fundamental auxílio financeiro durante este período.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o mesmo de antes.”

Marthin Luther King

RESUMO

O exercício físico intenso quando executado em desequilíbrio com a dieta e período de recuperação do atleta pode promover um indesejável estado crônico de inflamação e geração de espécies reativas de oxigênio (EROs). Estes compostos podem degradar proteínas musculares e contribuir para os sinais e sintomas de lesões musculares. Nos últimos anos alguns alimentos têm sido testados quanto a sua capacidade de atenuar efeitos deletérios em atletas submetidos a jornadas intensas de treinamento e competição. Neste contexto, o gergelim (*Sesamum indicum L.*) se destaca por apresentar um alto valor nutricional, além de reconhecidas propriedades antioxidantes e antiinflamatórias. Considerando estes aspectos, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim (*S. indicum L.*) sobre o estresse oxidativo, marcadores inflamatórios e danos musculares em atletas de futebol. Para tanto, um estudo randomizado com placebo controlado foi conduzido com 19 atletas de futebol, adolescentes, do sexo masculino, com idade média de 16 anos. A pasta de gergelim foi elaborada com adição de 30% de mel de *Apis mellifera*. Os participantes foram aleatoriamente designados a consumir 40 gramas por dia de pasta de gergelim ou placebo durante 28 dias de treinamentos normais. Antes e após a intervenção foram realizadas avaliações antropométricas, testes funcionais e dosagem sanguínea de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), malondialdeído (MDA) e proteína c-reativa ultra-sensível (PCR-us) e ao longo das quatro semanas do estudo foi realizada avaliação do consumo alimentar dos atletas. As análises bioquímicas indicaram um estado de desequilíbrio fisiológico dos atletas no início do procedimento experimental. A ingestão da pasta de gergelim resultou na diminuição da peroxidação lipídica ($p=0,002$), redução dos níveis séricos de PCR-us ($p=0,010$) e LDH ($p=0,001$), acompanhados por melhora da potência aeróbia ($p=0,011$) e velocidade pico ($p=0,005$). Em contrapartida, não foi observada qualquer alteração destas variáveis no grupo placebo. Para as variáveis antropométricas, velocidade de corrida do limiar de lactato e CK não foram observadas diferenças nos grupos que receberam a pasta de gergelim e placebo após o período de intervenção. Os resultados do presente estudo sugerem que o consumo de pasta de gergelim representa uma importante estratégia nutricional devido a sua capacidade de reduzir o estado inflamatório, estresse oxidativo e de induzir reparo do tecido muscular em atletas de futebol, particularmente em atletas de futebol previamente desgastados.

Palavras-chave: Gergelim, Estresse Oxidativo, Peroxidação lipídica, Inflamação, Dano muscular.

ABSTRACT

The strenuous exercise when performed with unbalanced diet and recovery period of the athlete can promote an undesirable state of chronic inflammation and generation of reactive oxygen species (ROS). Those compounds can degrade muscle proteins and contribute to the signs and symptoms of muscle injuries. In recent years, those foods have been tested for their ability to attenuate the deleterious effects in athletes undergoing intense days of training and competition. In this context, sesame (*Sesamum indicum L.*) stands out for presenting a high nutritional value and recognized antioxidant and anti-inflammatory properties. Considering these aspects, the present study had as its goal to evaluate the effects of the sesame paste consumption (*S. indicum L.*) on oxidative stress, inflammatory markers and muscle injuries in soccer players. Therefore, a randomized and placebo controlled study was conducted with 19 male soccer athletes, teenagers, with age about 16 years. The sesame paste has been prepared with an addition of 30% of honey from *Apis mellifera*. The participants were randomly assigned to consume 40 g / d sesame paste or placebo during 28 days of normal training. Before and after intervention were performed anthropometric measurements, functional exams and dosing blood creatine kinase (CK), lactate dehydrogenase (LDH), malondialdehyde (MDA) and high-sensitivity c-reactive protein (hs-CRP) and during a four-week study was performed an evaluation of athletes' dietary intake. Biochemical analyzes indicated a physiological unbalanced state of the athletes at the beginning of the experimental procedure. The intake of sesame paste resulted in decreased lipid peroxidation ($p=0,002$), reduced serum levels of hs-CRP ($p=0,010$) and LDH ($p=0,001$), accompanied by an improvement in the aerobic power ($p=0.011$) and top speed ($p=0.005$). On the other hand, it was not observed any change of these variables in the placebo group. For anthropometric variables, running speed at the lactate threshold and CK, there were no differences observed in the groups that received sesame paste and placebo after the intervention period. The current study results suggest that the consumption of sesame paste represents an important nutritional strategy by its ability to reduce the inflammatory status, oxidative stress and cause repair of muscle tissue, increasing the physical performance of soccer players, particularly in soccer players previously worn.

Keywords: Sesame, Oxidative Stress, Lipid peroxidation, Inflammation, Muscle damage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Gergelim (<i>Sesamum indicum</i> L.)	16
-----------------	---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Composição da semente de gergelim (por 100 g)	17
-----------------	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição nutricional da pasta de gergelim com mel (por 100 g) oferecida aos atletas participantes do estudo	79
Tabela 2	Características dos atletas antes do período de intervenção	80
Tabela 3	Consumo alimentar dos atletas envolvidos no estudo	81
Tabela 4	Parâmetros bioquímicos dos atletas antes e após a intervenção	82

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Aumento da potência aeróbia do grupo tratado com pasta de gergelim	83
Gráfico 2	Aumento da velocidade pico do grupo tratado com pasta de gergelim	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAT	Catalase
CK	Creatina quinase
DMIT	Dor muscular de início tardio
DRI's	Dietary Reference Intakes
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EROs	Espécies Reativas de Oxigênio
GPx	Glutathione peroxidase
GR	Glutathione reductase
GSH	Glutathione reduzida
GST	Glutathione S-transferase
H₂O₂	Peróxido de hidrogênio
IMC	Índice de Massa Corporal
LDH	Lactato desidrogenase
LETFADS	Laboratório de Estudos do Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e Saúde
MDA	Malondialdeído
NADPH-oxidase	Nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato oxidase
O₂	Oxigênio
•O₂⁻	Ânion superóxido
•OH	Radical Hidroxila
PCR	Proteína c-reativa
PCR-us	Proteína c-reativa ultra-sensível
PgE₂	Prostaglandina E ₂
SOD	Superóxido dismutase
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Species
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
VO₂	Consumo de oxigênio
VO₂ pico	Consumo de oxigênio de pico
V3,5Mm	Velocidade de corrida do limiar de lactato de 3,5 mM

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS: GERGELIM EM DESTAQUE	15
2.2 ESTRESSE OXIDATIVO NO EXERCÍCIO FÍSICO	21
2.2.1 Sistema de Defesa Antioxidante no Exercício Físico	25
2.3 INFLAMAÇÃO MUSCULAR INDUZIDA PELO EXERCÍCIO FÍSICO	26
2.4 LESÃO MUSCULAR INDUZIDA PELO EXERCÍCIO FÍSICO	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 QUESTÕES ÉTICAS	32
3.2 CASUÍSTICA	32
3.3 DESENHO DO ESTUDO	33
3.4 MATÉRIA-PRIMA	33
3.5 ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS	33
3.6 CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE GERGELIM	34
3.6.1 Análises Microbiológicas	34
3.6.2 Análises Físico-Químicas	34
3.6.3 Análises Sensoriais	35
3.7 PREPARAÇÃO DOS GRUPOS	35
3.7.1 Avaliação do Consumo Alimentar	35
3.7.2 Avaliação da Composição Corporal	36
3.7.3 Testes Funcionais	36
3.8 PROTOCOLO EXPERIMENTAL	37
3.9 PROTOCOLO DE TREINAMENTO	37
3.10 COLETA E ANÁLISES SANGUÍNEAS	38
3.10.1 Determinação de Creatina Quinase (CK)	38
3.10.2 Determinação de Lactato Desidrogenase (LDH)	38
3.10.3 Determinação de Malondialdeído (MDA)	38
3.10.4 Determinação de Proteína C-Reativa Ultra-Sensível (PCR-us)	39
3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39

REFERÊNCIAS	40
APÊNDICES	52
ANEXOS	59
ARTIGO	63

1 INTRODUÇÃO

O exercício físico intenso é uma atividade que requer rápida mobilização de fontes metabólicas (FRANÇA et al., 2006). Este, sobretudo, se inabitual, exaustivo e contínuo induz alterações orgânicas nefastas, podendo resultar na ocorrência de dores e disfunções musculoesqueléticas, especialmente quando os diferentes tecidos, órgãos ou sistemas não se encontram suficientemente adaptados para suportar os diferentes tipos de sobrecarga exigido (FERREIRA; FERREIRA; DUARTE, 2007; MACHADO et al., 2010; BURINI; OLIVEIRA; BURINI, 2010).

Exercícios físicos extenuantes podem promover danos e mudanças bioquímicas na área afetada, levando à geração de citocinas inflamatórias e espécies reativas de oxigênio (EROs) que podem degradar proteínas musculares e contribuir para os sinais e sintomas de lesões como a perda de força muscular, dor muscular e extravasamento de proteínas celulares para o sangue (BLOOMER et al., 2007).

Tendo em vista a necessidade de proteção contra este tipo de estresse, atletas buscam alternativas através do uso de antioxidantes exógenos fornecidos pela dieta ou através de suplementos, de modo que estes interagem com antioxidantes endógenos conferindo-lhes proteção. Estudiosos tem mostrado que alguns minerais como cobre, zinco e selênio, além das vitaminas E, C e beta-caroteno contribuem para o sistema de defesa antioxidante em atletas (CLARKSON; THOMPSON, 2000; MACHEFER et al., 2007; BLOOMER et al., 2007).

Diversas pesquisas tem sido conduzidas com o objetivo de avaliar os efeitos benéficos da suplementação aguda de vitaminas antioxidantes durante exercícios físicos. Em particular, estudos com este enfoque demonstram que a suplementação de vitaminas antioxidantes previne a peroxidação lipídica induzida pelo exercício (SCHRODER et al., 2000; SACHECK et al., 2003). Ainda, tentativas através de meios químicos ou nutricionais como indometacina, glutamina, vitamina C e E e suplementação de carboidratos tem sido estudadas no intuito de atenuar mudanças imunológicas após o exercício intenso, uma vez que ocorre elevação de citocinas pró e anti-inflamatórias no plasma e outros mecanismos de alteração do sistema imunológico como resposta ao exercício (NIEMAN, 1997; SHARHAG et al., 2006; MCANULTY et al., 2007; TAGHIYAR et al., 2013).

Embora exista um crescente uso de suplementos entre atletas, ainda não há um consenso quanto a verdadeira eficácia e segurança de seu consumo como recurso ergogênico. Paralelamente a esta discussão, alguns alimentos se sobressaem por apresentar diversas substâncias como vitaminas antioxidantes, carboidratos e aminoácidos de cadeia ramificada

que podem ter importante influência na redução do estresse oxidativo, aumento da imunocompetência e aceleração no processo de recuperação de atletas (SHARHAG et al., 2006; MCANULTY et al., 2007; MATSUMOTO et al., 2009; TAGHIYAR et al., 2013). Neste contexto, o gergelim destaca-se devido o elevado valor nutricional, quantidade significativa de fibras dietéticas, proteínas, antioxidantes naturais, ácidos graxos insaturados, além de vitaminas e constituintes minerais. Em adição, a fração lipídica do gergelim possui boa estabilidade oxidativa devido à composição de ácidos graxos e à presença de antioxidantes naturais como sesamina, sesamolina, sesamol, sesaminol e gama tocoferol (NAMIKI, 2007).

O efeito potencialmente benéfico do consumo de gergelim na prevenção e tratamento de diversas doenças é reconhecido, especialmente pela sua capacidade antioxidante, sendo esta atividade atribuída a um efeito sinérgico das lignanas com a vitamina E presentes em sua composição (NAMIKI, 2007). A demonstração da atividade clínica associada com a ingestão de gergelim tem estimulado estudos com esta semente, visando promover o aumento da sua inserção na dieta, especificamente por seus efeitos antioxidantes, antiinflamatórios (UTSUNOMIYA et al., 2003), hipotensores (SANKAR et al., 2006; WICHITSRANOI et al., 2011), hipolipemiantes (ALIPOOR et al., 2012), hipoglicemiantes (FIGUEIREDO; MODESTO-FILHO, 2008; SANKAR et al., 2011) e anticarcinogênicos (HIROSE et al., 1992).

No entanto, embora diversos estudos relatem efeitos benéficos decorrentes do consumo de gergelim por indivíduos portadores de enfermidades crônicas relacionadas a disfunções no balanço oxidativo ou inflamatório, existe uma lacuna na literatura científica no que se refere aos efeitos antioxidantes do gergelim em atletas. Considerando estes aspectos, o presente estudo foi conduzido com o objetivo geral de avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim sobre o estresse oxidativo, marcadores inflamatórios e danos musculares induzidos por treinamento de futebol e com objetivos específicos de elaborar um produto com atributos sensoriais aceitáveis, preservando seu alto valor nutricional; analisar possíveis efeitos do consumo da pasta de gergelim sobre o desempenho dos atletas; e traçar o perfil alimentar dos participantes relacionando-os com os resultados obtidos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ALIMENTOS FUNCIONAIS: GERGELIM EM DESTAQUE

Embora ainda não exista um consenso mundial a respeito do que é alimento funcional, este pode ser definido como todo alimento ou componente de alimentos e bebidas que apresentem além do valor nutritivo inerente à sua composição química, substâncias bioativas que podem produzir efeitos metabólicos ou fisiológicos úteis na manutenção da saúde física e mental, podendo, assim, desempenhar um papel potencialmente benéfico para a prevenção e tratamento de doenças (SGARBIERI; PACHECO, 1999; NEUMANN; ABREU; TORRES, 2000; JONES, 2002; LAJOLO, 2002; CARRARA et al., 2009). Para designar estes alimentos que desempenham papéis que vão além das funções nutricionais conhecidas, diversos termos alternativos são utilizados na literatura, tais como, alimentos funcionais, alimentos planejados, alimentos saudáveis, alimentos protetores, alimentos farmacêuticos, alimentos para uso específico de saúde, dentre os quais o mais utilizado é alimentos funcionais e nutracêuticos (SGARBIERI; PACHECO, 1999; BEHRENS; ROIG; DA SILVA, 2000; PADILHA; PINHEIRO, 2004).

Em meados de 1980 o Japão se destacou por demonstrar grande interesse em alimentos que suprissem as necessidades sensoriais e nutricionais básicas, desempenhando, concomitantemente, efeitos metabólicos e fisiológicos benéficos. Tal interesse se deu pelo grande aumento da expectativa de vida da sua população, assim como uma forma de buscar alternativas de reduzir a incidência de doenças crônico-degenerativas e o custo decorrente delas. Isto estimulou a criação de um programa de governo, reunindo universidades e indústrias, com a finalidade de desenvolver alimentos saudáveis com propriedades medicinais (COLLI, 1998). A partir de então, houve um grande aumento do interesse mundial da indústria de alimentos por este novo mercado que incluiu também alimentos fortificados, alimentos orgânicos e suplementos (HASLER, 2002).

Nesse sentido, grãos de cereais, cascas de frutas, soja, linhaça, aveia, gergelim, farinhas integrais ou farelo de trigo e de arroz integral, tanto na forma natural quanto processada, constituem-se em fontes de fibra alimentar e seu consumo tem sido diretamente relacionado à prevenção de doenças crônico-degenerativas (CARAGAY, 1992; SOUZA; VALLE; MORENO, 2000; UNNEVEHR; HASLER, 2000; NAMIKI, 2007; KAMAL-ELDIN; MOAZZAMI; WASHI, 2011). Dentre os alimentos com propriedades capazes de

conceder efeitos benéficos à saúde, a maior parte concentra-se em alimentos de origem vegetal devido à presença natural de fitoquímicos, a exemplo do alho, tomate, cebola, repolho, couve-flor, brócolis, chá verde ou preto, soja, aveia, frutas cítricas, sementes de linhaça e sementes de gergelim (SGARBIERI; PACHECO, 1999; NAMIKI, 2007; KAMAL-ELDIN; MOAZZAMI; WASHI, 2011). Em meio a estes, destaca-se a semente de gergelim, considerada um alimento funcional devido a sua constituição (NAMIKI, 2007).

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) (Figura 1) é pertencente à família *Pedaliaceae*, sendo a mais antiga oleaginosa conhecida e a nona mais cultivada no mundo. Suas sementes apresentam tamanho reduzido, forma achatada com coloração variando do branco ao preto. Por ser uma espécie de distribuição tropical e subtropical e tolerante à seca, assume uma posição proeminente no âmbito social com produção oriunda de pequenos e médios agricultores e ostentando uma grande importância no mercado nacional e internacional (FIRMINO et al., 2001; LAGO et al., 2001; BELTRÃO et al., 2010).



Figura 1 – Gergelim (*Sesamum indicum* L.)

Fonte: http://saude.abril.com.br/edicoes/0322/nutricao/conteudo_546648.shtml

Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2011), o gergelim é explorado em 68 países, e sua produção mundial é estimada em 4 milhões de toneladas de grãos. Com aproximadamente 7,5

milhões de hectares cultivados, especialmente na Ásia e África, destacam-se como principais produtores a Etiópia, China, Índia e Mianmar, os quais são responsáveis por aproximadamente 70% da superfície cultivada mundialmente. Cerca de 90% do total de gergelim produzido mundialmente é destinado ao consumo alimentício (KOURI; ARRIEL, 2009). No Brasil, o gergelim é cultivado tradicionalmente na maioria dos estados nordestinos e na região centro-sul do país. Especialmente no estado de São Paulo, é explorado há mais de 60 anos para atender ao segmento agroindustrial oleaginoso e de alimentos *in natura*. Os estados de Goiás (maior produtor), Mato Grosso e Minas Gerais vêm ampliando sistematicamente suas áreas de cultivo com a cultura (ARRIEL; BELTRÃO; FIRMINO, 2009).

As sementes de gergelim apresentam um apreciável valor nutricional (Quadro 1), devido à quantidade significativa de fibras dietéticas, proteínas, antioxidantes naturais, gorduras insaturadas, vitaminas (principalmente do complexo B) e constituintes minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, sódio, zinco e selênio. O teor de óleo e de proteína pode variar amplamente, de 41% a 63% e de 17% a 32%, respectivamente, dependendo da variedade e da origem da semente (NAMIKI, 1995; ANTONIASSI; SOUZA, 2001).

Quadro 1 – Composição da semente de gergelim (por 100g)

Composição da semente de gergelim (por 100g)	
Energia (calorias) 578	Fe (mg) 9,6
Umidade (%) 4,7	Na (mg) 2
Gordura (g) 51,9	K (mg) 400
Proteína (g) 19,8	Vitamina A (UI) 0
Carboidrato (g) 18,4	Caroteno (µg) 17
Fibra (g) 10,8	Vitamina B1 (mg) 0,95
Cinzas (g) 5,2	Vitamin B2 (mg) 0,25
Ca (mg) 1200	Niacina (mg) 5,1
Mg (mg) 370	Vitamina C (mg) 0
P (mg) 540	

Fonte: NAMIKI, 2007.

A semente de gergelim apresenta uma quantidade aproximada de 20% de proteínas. O conteúdo de aminoácidos varia um pouco entre as espécies, mas não havendo diferença

significativa entre as sementes brancas e pretas. Comparados com os valores padrões recomendados pela FAO (1985), a composição de aminoácidos da proteína da semente de gergelim é ligeiramente inferior em lisina (31 mg/g de proteína), mas superior em outros aminoácidos, especialmente a metionina (36 mg), cistina (25 mg), arginina (140 mg), e leucina (75 mg) (NAMIKI, 1995). O maior diferencial da cultura do gergelim na região Nordeste ocorreu com o lançamento da cultivar BRS Seda (sementes de cor branca) pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Algodão de Campina Grande no final de 2007 (ARRIEL; BELTRÃO; FIRMINO, 2009). Segundo Mazzani e Layrisse (1998) que realizaram um estudo comparando as características físico-químicas de diferentes cultivares de gergelim, este genótipo atende aos padrões mínimos internacionais de mercado que são de 50% a 52% de óleo e de 21% de proteínas nas sementes descascadas.

Em relação ao óleo de gergelim, este possui *flavor* característico e agradável, além de maior estabilidade oxidativa, quando comparado com a maioria dos óleos vegetais, devido à sua composição de ácidos graxos e à presença dos antioxidantes naturais, como a sesamina, sesamol, sesaminol e gama tocoferol (FUKUDA et al., 1986; YOSHIDA, 1994). Em média, o óleo em sementes de gergelim apresenta-se em torno de 55% em sementes de linhagem branca e 47,8% em sementes pretas (TASHIRO et al., 1990), embora o conteúdo possa variar consideravelmente dependendo da espécie e condições de cultivo. Os ácidos graxos presentes no óleo são principalmente o oléico (39,10%) e linoléico (40%), além do palmítico (9,40%), esteárico (4,76%) e linolênico (0,46%) (NAMIKI, 2007).

O conteúdo de carboidratos em sementes de gergelim é em torno de 18 a 20%, sendo a grande maioria presente como fibras dietéticas (NAMIKI, 2007). Por ser um alimento nutricionalmente rico e de característica funcional, o gergelim vem apresentando uma comercialização mundial em plena ascensão, devido o aumento significativo de produtos industrializados, o que favorece o seu consumo para diversos fins na indústria alimentícia, no processamento de doces, balas e nos produtos de panificação, além de seu emprego na culinária caseira para produção de iguarias regionais (gersal, cocada, tijolinhos, fubá e pé-de-moleque) (FIRMINO et al., 2001; NAMIKI, 2007; SILVA et al., 2011).

A característica funcional atribuída ao gergelim vem despertando interesse de diversos grupos de pesquisa sobre os benefícios do consumo desta oleaginosa em relação a patologias de naturezas variadas e especialmente na prevenção de danos oxidativos.

Neste contexto, pesquisadores avaliaram o efeito neuroprotetor da dieta com óleo de gergelim sobre lesões isquêmicas no cérebro de ratos Wistar machos adultos, demonstrando resultados promissores (AHMAD et al., 2006). No referido estudo, os ratos foram

alimentados com dieta suplementada (20%) de óleo de gergelim durante 15 dias. A artéria cerebral média foi ocluída por 2 horas e reperfundida por 22 horas. Para mensurar a atividade antioxidante foram medidos os níveis de glutathiona reduzida (GSH), glutathiona S-transferase (GST), glutathiona peroxidase (GPx), glutathiona redutase (GR), catalase (CAT), superóxido dismutase (SOD) e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS - Thiobarbituric Acid Reactive Species). Os resultados evidenciaram que a dieta com óleo de gergelim teve efeito protetor contra a isquemia cerebral.

Ainda visando investigar possíveis efeitos funcionais de componentes presentes nas sementes de gergelim, Hirose et al. (1992) testaram os efeitos da suplementação de sesamina, uma lignana encontrada no óleo de gergelim, sobre a carcinogênese mamária em ratas induzidas por 7,12-dimetilbenz (a) antraceno. Nesta pesquisa foi oferecida uma dieta experimental contendo 0,2% de sesamina, quantidade que se mostrou capaz de reduzir significativamente o número de tumores mamários palpáveis e a peroxidação lipídica em ratas. Os autores atribuíram o efeito anticarcinogênico, pelo menos em parte, ao aumento da atividade antioxidante promovido pela sesamina.

Estudos envolvendo seres humanos também têm sido conduzidos para avaliar os efeitos funcionais do óleo de gergelim. Sankar et al. (2006) investigaram o efeito do óleo de gergelim em pacientes hipertensos sob terapia anti-hipertensiva com diuréticos (hidroclorotiazida) ou β -bloqueadores (atenolol). No estudo, 32 pacientes do sexo masculino e 18 do sexo feminino, com faixa etária entre 35 e 60 anos consumiram 35 g por dia de óleo de gergelim como sendo o único óleo comestível durante 45 dias. Antes e após o período de substituição com óleo de gergelim foram aferidos pressão arterial, antropometria, perfil lipídico, peroxidação lipídica e atividades antioxidantes enzimáticas e não enzimáticas. Resultados relevantes foram obtidos com relação ao peso corporal e índice de massa corporal (IMC) após a substituição de óleo de gergelim, demonstrando redução significativa destas variáveis, além de terem sido observados diminuição da pressão arterial e peroxidação lipídica (TBARS) e aumento nas atividades da SOD, CAT, GSH e nos níveis de vitamina C, vitamina E e beta-caroteno. Outros estudos realizados com gergelim e seus componentes por Miyawake et al. (2009) e Wichitsranoi et al. (2011) também demonstram efeitos anti-hipertensivos e melhoria da capacidade antioxidante em humanos, podendo implicar benefícios na prevenção de doenças cardiovasculares.

Relacionado ao potencial benéfico do gergelim sobre o perfil lipídico, também tem sido abordado os efeitos de seu consumo em pacientes acometidos por dislipidemia. Um estudo realizado por Alipoor et al. (2012) investigou os efeitos da suplementação de gergelim sobre a redução de lipídios séricos e aumento da capacidade antioxidante em 38 pacientes

hiperlipidêmicos divididos aleatoriamente em dois grupos. Os pacientes do grupo experimental consumiram 40 g diários de sementes de gergelim branco durante um período de 60 dias, enquanto que aqueles do grupo controle fizeram a ingestão de placebo. Foram avaliados o perfil lipídico e indicadores de estresse oxidativo, como a GPx, SOD e TBARS, antes e após a intervenção. Conforme os resultados, a suplementação de semente de gergelim permitiu diminuir significativamente níveis séricos de Colesterol Total (CT) e LDL-Colesterol (LDL-C), além de reduzir a peroxidação lipídica e promover o aumento da capacidade antioxidante em pacientes hiperlipidêmicos.

Estes dados corroboram um estudo anterior desenvolvido por Wu et al. (2006) cujo objetivo foi investigar o efeito da ingestão de gergelim sobre os hormônios sexuais no sangue, lipídios, tocoferol, e níveis da oxidação de LDL-C em mulheres no período pós-menopausa. Em estudo randomizado participaram 26 mulheres saudáveis com idade entre 50 e 70 anos, onde um grupo consumiu 50 g de pó de semente de gergelim diariamente durante 5 semanas, seguido por um intervalo de 3 semanas e posterior consumo de 50 g de arroz em pó por mais 5 semanas, sendo este o placebo. O outro grupo recebeu os 2 suplementos na ordem inversa. A partir dos resultados obtidos, pôde-se inferir que a ingestão de gergelim por mulheres em período pós-menopausa proporciona melhoras nos níveis de lipídios no sangue, da capacidade antioxidante e do estado hormonal. Em contrapartida, Suwimol et al. (2012) não observaram melhoras no perfil lipídico e estado oxidativo de pacientes hipercolesterolêmicos, após consumo diário, durante 6 semanas de 40 g de gergelim não torrado por 18 indivíduos com faixa etária entre 18 e 50 anos.

Resultados direcionados a hipótese nula também foram obtidos em pesquisa realizada por Wu et al. (2009) cujo objetivo foi investigar os efeitos do consumo de gergelim sobre marcadores de riscos para doença cardiovascular. Este estudo consistiu em uma intervenção cross-over, randomizada, controlada com placebo, onde homens e mulheres em estado de sobrepeso e obesidade (n=33) consumiram diariamente 25 g de gergelim ou placebo durante 5 semanas, sendo cada período de intervenção precedido por um período de *washout* de 4 semanas. Após análises do perfil de lipídios no sangue, pressão arterial, estresse oxidativo e marcadores inflamatórios, não foram constatadas quaisquer melhoras dos indicadores de risco para doença cardiovascular em homens e mulheres com sobrepeso ou obesidade em função do consumo contínuo de gergelim.

No que diz respeito a estudos investigando possíveis efeitos hipoglicemiantes do gergelim, foi realizado um ensaio clínico controlado e aberto, incluindo 28 pacientes diabéticas tipo 2, com idade entre 30 e 65 anos atendidas no Hospital Universitário Lauro

Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e em clínica privada, na cidade de João Pessoa, Paraíba (PB). Para tanto, foi oferecida 10 g da farinha desengordurada do gergelim nas principais refeições, perfazendo um total de 30 g/dia. As pacientes elegíveis foram divididas em dois grupos (experimental e controle) com avaliação na linha de base, aos 30 e 60 dias. Como resultado de relevância para o estudo observou-se que a farinha de gergelim contribuiu no controle glicêmico e no peso em pacientes diabéticas (FIGUEIREDO; MODESTO-FILHO, 2008).

Em estudo realizado por Lahaie-Collins et al. (2008) visando analisar os efeitos antioxidantes e antiinflamatórios da sesamina, foi utilizado 1-metil-4-fenil-piridina (MPP+) para produzir estresse oxidativo e neurodegeneração nas células neuronais PC12. O incremento de doses de sesamina no estudo permitiu a observação de atividade neuroprotetora e antiinflamatória, sugerindo um possível papel desta lignana em terapias complementares e/ou preventivas de doenças neurodegenerativas.

A demonstração da atividade clínica associada com o consumo de gergelim tem estimulado interesse no estudo desta semente. Portanto, há um grande empenho em promover um maior consumo de gergelim através da dieta pelo seu potencial benéfico na saúde, especificamente por seus efeitos antioxidantes e antiinflamatórios (UTSUNOMIYA et al., 2003).

2.2 ESTRESSE OXIDATIVO NO EXERCÍCIO FÍSICO

O desempenho ou *performance* de um atleta ou desportista está diretamente relacionado a fatores como genética, treinamento, alimentação, repouso e condições psicológicas. Quando se trata de nutrição do atleta, pode-se afirmar com veemência que atletas diferenciam-se dos demais indivíduos em função do gasto energético e da necessidade de nutrientes que variam de acordo com o tipo de atividade, intensidade, duração, fase de treinamento e momento da ingestão. Além de depender desses fatores, o gasto energético também é influenciado por características individuais do atleta, tais como sexo, idade, raça, compleição física e estado de maturação (EISENMANN; WICKEL, 2007; PARAVIDINO; PORTELLA; SOARES, 2007; RODRIGUEZ; DIMARCO; LANGLEY, 2009).

O estabelecimento de recomendações nutricionais específicas para atletas representa a disponibilização de um importante instrumento teórico para o planejamento dietético destinado a esta população. A adequação do consumo energético e nutricional é essencial para

a manutenção do desempenho, da composição corporal e da saúde desses indivíduos. A baixa ingestão de energia pode resultar em fornecimento insuficiente de importantes nutrientes relacionados ao metabolismo energético, à reparação tecidual, ao sistema antioxidante e à resposta imunológica. Assim, torna-se de extrema importância enfatizar a necessidade de ingestão adequada dos macro e micronutrientes, uma vez que suas biodisponibilidades são fatores que intervêm diretamente na fadiga, recuperação e adaptações às cargas de treino (THONG; MCLEAN; GRAHAM, 2000; RODRIGUEZ; DIMARCO; LANGLEY, 2009).

Desta forma, pode-se afirmar que a nutrição é um dos fatores que pode otimizar o desempenho atlético, bem como, se equilibrada, retardar a instalação do processo de fadiga, permitindo assim, a execução de um maior tempo de treinamento, tal como uma maior rapidez no processo de recuperação muscular entre as seções de exercícios, além de ser um fator contribuinte no combate aos efeitos da oxidação.

A oxidação de tecidos do corpo humano ocorre por meio da ação de radicais livres, os quais podem ser definidos como átomos ou moléculas que se caracterizam por apresentar um ou mais elétrons não pareados em seu orbital mais externo, gerando espécies que apresentam alta reatividade para outras biomoléculas como lipídeos, proteínas das membranas celulares e até mesmo o DNA. O ânion superóxido (O_2^-), o radical hidroperoxila ($\text{HO}_2^\cdot$), o radical hidroxila ($\text{OH}^\cdot$) e o óxido nítrico ($\text{NO}^\cdot$) são exemplos de radicais livres (CLARKSON; THOMPSON, 2000; COOPER et al., 2002; DROGE, 2002; AGARWAL; GUPT; SIKKA, 2006; NGO et al., 2009).

Todavia, existem moléculas derivadas do metabolismo do oxigênio que embora apresentem alto grau de reatividade, não podem ser classificadas como radical livre por não apresentarem elétrons desemparelhados na última camada. Estas são conhecidas por Espécies Reativas de Oxigênio (EROs), das quais pode-se citar o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) (CLARKSON; THOMPSON, 2000; DROGE, 2002).

Estas moléculas, por sua vez, possuem papel influente na instalação de um quadro conhecido como estresse oxidativo, o qual pode ser definido como o desequilíbrio entre a formação e a remoção dos radicais livres no organismo, decorrente da diminuição de antioxidantes endógenos e/ou aumento da geração de EROs (DROGE, 2002; URSO; CLARKSON, 2003; SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004; JACKSON et al., 2005; HALENG et al., 2007).

No exercício físico, tanto aeróbio (metabolismo aeróbio) quanto anaeróbio (sistema ATP-CP e glicólise), ocorre a promoção de importantes adaptações morfofuncionais e metabólicas no organismo, no entanto, sua prática também está relacionada à produção

excessiva de EROs (SOUZA; FERNANDES; CYRINO, 2010). Ogonovszky et al. (2005) relatou que o aumento da demanda energética, principalmente em atividades aeróbias, é acompanhada de um aumento no fornecimento de oxigênio (O_2) para os tecidos em cerca de 100 a 200 vezes a mais em comparação à verificada no repouso, fato que está associado ao aumento da geração de EROs. Esta resposta varia de acordo com a intensidade do exercício, duração e nível de treinamento do atleta. Verifica-se que quanto maior é a intensidade do exercício ($\geq 70\%$ do consumo de oxigênio de pico [VO_2 pico]), maior é a síntese de EROs (JI, 2002). Esse aumento na produção dos radicais é responsável pela ocorrência de diversos agravos (SEN, 2001). Desta forma, a frequente realização de exercícios físicos de alta intensidade ou exaustivos pode aumentar a suscetibilidade a lesões, promover a fadiga crônica, iniciar processo inflamatório local e estresse oxidativo. Todos esses fatos estão envolvidos na redução do desempenho, do volume de treinamento e, possivelmente, *overtraining* (MALM, 2001; PALAZZETI et al., 2003; CRUZAT et al., 2007).

O exercício físico extenuante pode promover danos e mudanças bioquímicas na área afetada, induzindo a geração de EROs por diferentes mecanismos dos quais merecem destaque: o extravasamento de oxigênio da mitocôndria para o sarcoplasma; a mobilização de células leucocitárias para reparação do tecido lesado; o processo de isquemia e reperfusão durante o exercício; e a auto-oxidação das catecolaminas, mioglobinas e hemoglobinas (EVANS, 2000; COOPER et al., 2002).

Na maioria das vezes, os estudos que envolvem a produção de radicais livres utilizam o exercício aeróbio como protocolo de indução do estresse oxidativo, pois esta modalidade de atividade física eleva substancialmente o consumo de oxigênio (VO_2), a condição necessária para o aumento na produção de radicais livres. De acordo com essa teoria, o exercício está associado ao aumento da geração de radicais livres principalmente devido ao aumento do VO_2 pelos tecidos ativos (COOPER et al., 2002; CAZZOLA et al., 2003). A maior parte do oxigênio consumido é utilizada na mitocôndria para a fosforilação oxidativa, onde é reduzida a água. Entretanto, cerca de 2 a 5% do O_2 consumido pode escapar da cadeia transportadora de elétrons produzindo EROs (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

O exercício físico agudo provoca um aumento na concentração de leucócitos na circulação cuja função é a limpeza, reparo e desenvolvimento dos tecidos previamente danificados. Essa alteração na população de células inflamatórias circulantes ocorre inicialmente com os neutrófilos e, posteriormente, monócitos e linfócitos que são recrutados para o local de inflamação, onde produzem EROs através das reações de redução do sistema nicotinamida-adenina-dinucleotídeo-fosfato oxidase (NADPH-oxidase) presente nos

leucócitos, sendo durante este processo requeridas duas moléculas de O_2 , caracterizando uma reação conhecida como queima (*burst*) oxidativa (STUPKA et al., 2000; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

A produção de EROs por meio do fenômeno de isquemia e reperfusão no exercício físico ocorre devido um desvio natural da circulação sanguínea para os músculos em atividade causando uma hipóxia temporária em outros tecidos. Nos tecidos em hipóxia, a xantina desidrogenase pode ser convertida em xantina oxidase e, com o recebimento de grande quantidade de oxigênio durante a reperfusão sanguínea após o exercício, na presença de xantina e hipoxantina, ocorre a redução do oxigênio molecular a $^{\bullet}O_2^-$, H_2O_2 e $^{\bullet}OH$ (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

No sangue, a oxidação de hemoglobinas, catecolaminas e mioglobinas também é um importante fator do processo de produção de EROs. Durante o exercício físico, tanto a oxidação de hemoglobina como a de catecolaminas está aumentada. Já a mioglobina pode ser atacada por EROs durante o processo de isquemia e reperfusão ou pode sofrer auto-oxidação, tal como interagir com H_2O_2 e formar novas EROs (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Em geral, os danos musculares causados pelo estresse oxidativo são mais acentuados em indivíduos menos treinados, que realizam exercícios com intensidade e duração além do estado de condicionamento físico (LAMPRECHT; GREILBERGER; OETTL, 2004). Por outro lado, o treinamento físico com sobrecargas progressivamente ajustadas é capaz de gerar adaptações capazes de prevenir os efeitos nocivos provocados pelos radicais livres (SCHNEIDER; OLIVEIRA, 2004).

A utilização de métodos indiretos por meio da dosagem sanguínea, tecidual ou urinária para estimar a produção de EROs em sistemas biológicos são mais comumente utilizados (URSO; CLARKSON, 2003), uma vez que a detecção direta das EROs é dificultada pelas concentrações extremamente baixas em que ocorrem, pelas altas velocidades de reação e pelos métodos invasivos que são utilizados (JENKINS, 2000; SOUSA JR; OLIVEIRA, 2005). Desta forma, a maioria das investigações em humanos tem avaliado os níveis dos antioxidantes enzimáticos e não enzimáticos no sangue, assim como os subprodutos da peroxidação lipídica como os dienos conjugados, os F2-isopropanos, a quimioluminescência urinária, os peróxidos lipídicos, as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) como o malondialdeído (MDA), os subprodutos da peroxidação protéica (concentração de grupos carbonila) e os subprodutos do dano ao DNA (8-hidroxideoxiguanosina – 8 OHdG) com o intuito de inferir o estresse oxidativo induzido pelo exercício (ALESSIO et al., 2000; CLARKSON; THOMPSON, 2000; RADÁK et al., 2000; MASTALLOUDIS; LEONARD;

TRABER, 2001; COOPER et al., 2002; MARGARITIS et al., 2003; SOUSA JR; OLIVEIRA, 2005; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006; VERIT; EREL; CELIK, 2008; CARVALHO et al., 2012).

2.2.1 Sistema de Defesa Antioxidante no Exercício Físico

A produção contínua de EROs durante os processos metabólicos do organismo levou ao desenvolvimento de muitos mecanismos de defesa durante o processo evolutivo do organismo. A proteção do organismo dos efeitos deletérios da produção destas moléculas é feita por meio de um sistema antioxidante complexo, constituído de diversas substâncias antioxidantes enzimáticas ou não enzimáticas (DROGE, 2002; URSO; CLARKSON, 2003).

As enzimas antioxidantes são substâncias capazes de retardar ou inibir a oxidação dos substratos. Elas agem bloqueando a formação de EROs ou interagindo com eles, tornando-os menos tóxicos. Antioxidante pode ser definido como qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada à do substrato oxidável, regenera o substrato ou previne significativamente a oxidação do mesmo (HALLIWELL, 2000).

Ma et al. (2008) relatam que, fisiologicamente, o organismo pode se defender da agressão mediada pelas EROs utilizando-se das reservas de substâncias enzimáticas. As enzimas antioxidantes incluem a SOD, a CAT e as enzimas dependentes da glutathione como a GPx, a GST, a glutathione sintetase (GS) e a GR.

A SOD constitui a primeira linha de defesa contra as EROs e é responsável pela reação que reduz o $\cdot\text{O}_2^-$ a H_2O_2 e O_2 . Existem três tipos de SOD. A SOD-1 é encontrada no citosol e no núcleo e é dependente de zinco e de cobre, a SOD-2 está presente na parte interna da mitocôndria e é dependente de manganês e a SOD-3 é encontrada no meio extracelular. O peróxido de hidrogênio obtido como produto final da atividade da SOD é removido pela atividade da CAT e da GPx (ZELKO; MARIANI; FOLZ, 2002).

A CAT é dependente de ferro e está presente em todas as células, principalmente em peroxissomos, e age convertendo H_2O_2 em O_2 e água. A enzima GPx é dependente de selênio e atua no citosol e na mitocôndria catalisando a reação da GSH a glutathione oxidada (GSSG) pela remoção do H_2O_2 (THOMSON, 2004; FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006).

Dentre os antioxidantes não enzimáticos destacam-se a vitamina E (tocoferol), vitamina C (ácido ascórbico), beta-caroteno e vitamina A (retinol), flavanóides, tiols, coenzima Q10, ácido úrico, heat shock proteins (HSP90), ferritina, albumina, ceruloplasmina

e bilirrubina (FINAUD; LAC; FILAIRE, 2006). Por apresentar alguns desses componentes, uma larga capacidade antioxidante é observada em alimentos como alho, açaí, soja, silimarina, cúrcuma, vinho, chocolate amargo, algumas frutas, óleos vegetais, algas, cebola, brócolis, chás, cacau, café, arroz, tomate, linhaça e semente de gergelim (BOREK, 2001; SOTO et al., 2003; KHAN; SULTANA, 2004; OSAWA; KATO, 2006; SCHAUSS et al., 2006; PASCHOAL; NAVES; FONSECA, 2008; PIMENTEL, et al., 2010).

O tipo e a quantidade de micronutrientes oferecidos para atletas tornam as evidências sobre suplementação de antioxidantes frequentemente contraditórias. Além disso, diversos fatores como idade, estado nutricional, estresse emocional, nível de treinamento e tipo de atividade física podem influenciar nos resultados da suplementação dessas substâncias. Vários estudos comprovam a tese de que os efeitos positivos da suplementação de antioxidantes dependem diretamente da adequação nutricional dos sujeitos, uma vez que não foram constatados melhoras na *performance* ou na capacidade física de atletas que não apresentam deficiências nutricionais (CLARKSON; THOMPSON, 2000; FRANÇA et al., 2006).

Embora já comprovada a importância do sistema antioxidante no combate ao estresse oxidativo induzido pelo exercício, a adaptação ao treinamento físico pode também ser moduladora da geração de radicais livres. O estresse oxidativo ocasionado pelo exercício pode ser minimizado pela realização de um treinamento regular, pois ocorrem adaptações fisiológicas que reduzem a suscetibilidade dos músculos aos radicais livres e induzem o aumento das enzimas antioxidantes (RADÁK; CHUNG; GOTO, 2008).

2.3 INFLAMAÇÃO MUSCULAR INDUZIDA PELO EXERCÍCIO FÍSICO

O processo inflamatório ou inflamação caracteriza-se como uma resposta de defesa do organismo frente a um agente agressor, cujo objetivo é promover a cura/reparo. A magnitude desse processo é regulada por fatores pró e anti-inflamatórios. A inflamação é considerada um processo altamente benéfico e necessário quando relacionada ao treinamento físico regular e sistematizado, uma vez que em conjunto com a ação de hormônios e outras moléculas sinalizadoras é responsável pela regeneração e reparo das estruturas danificadas (ZALDIVAR et al., 2006).

Diferentes tipos e cargas de exercícios físicos podem provocar alterações distintas no sistema imunológico (PETERSEN; PEDERSEN, 2005). As sobrecargas podem ser manipuladas através de variáveis como intensidade, duração, pausa entre estímulos, ação

muscular, velocidade de execução do movimento, frequência dos exercícios/semana, número de exercícios/sessão, amplitude dos movimentos e combinação dos exercícios na sessão (TOIGO; BOUTELLIER, 2006). A aplicação de sobrecarga provoca microtraumas de graus variados no tecido muscular estriado esquelético, tecido conjuntivo e tecido ósseo. Esses microtraumas são considerados como danos temporários e reparáveis porque resultam em uma resposta inflamatória aguda que tem início com a síntese de substâncias vasodilatadoras como a Prostaglandina E₂ (PgE₂) para que haja a migração dos leucócitos para o local de inflamação. A PgE₂ consiste em um potente vasodilatador por si só e atua sinergicamente com outros vasodilatadores como a histamina e bradimicina (SUZUKI et al., 2002). A migração dos leucócitos para o local de inflamação, orquestrada, dentre outros, por neutrófilos e macrófagos, cuja função é a limpeza, reparo e desenvolvimento dos tecidos previamente danificados, induz acúmulo de plasma no espaço intersticial desencadeando o edema (SMITH, 2000; FEHRENBACH; SCHNEIDER, 2006).

A alteração na população de células inflamatórias circulantes ocorre inicialmente com os neutrófilos e, posteriormente, monócitos e linfócitos que são recrutados para o local de inflamação, onde produzem EROs e enzimas proteolíticas para limpar e reparar o tecido lesado (STUPKA et al., 2000).

Os neutrófilos são a primeira subpopulação de leucócitos a migrar para o tecido e sua principal função é a remoção, por fagocitose, dos elementos indesejáveis relacionados à lesão tecidual. Essa ação é considerada ponto de partida para as respostas subsequentes de reparo e crescimento tecidual. Para isso, os neutrófilos ativados liberam proteases lisossomais que degradam as proteínas locais. Formam também EROs como resultado da ação da enzima NADPH-oxidase, através de um processo conhecido como *burst* respiratório e também pela ativação da enzima mieloperoxidase (TIDBALL, 2005). A resposta mediada pelos neutrófilos não é específica e, desse modo, pode acarretar lesão de células normais adjacentes ao local lesado (STUPKA et al., 2000).

Os monócitos são leucócitos que aparecem logo em seguida no local lesado. Estes são células disponíveis no sangue periférico que continuamente se diferenciam em macrófagos após migrarem para os tecidos (TIDBALL, 2005). Os macrófagos, por sua vez, exercem uma função importante no reparo e crescimento do tecido lesado, provavelmente, pela secreção de moléculas pró-regenerativas (GLEESON, 2007). Além disso, eles ainda secretam diversas outras moléculas, como quimiocinas e prostaglandinas, além de EROs (TIDBALL, 2005).

Os linfócitos também constituem o grupo de células importantes no processo de regeneração tecidual pós-exercício. Sua concentração é aumentada durante o exercício físico

agudo, moderado ou intenso e decorre do recrutamento de todas as suas populações (células *natural killer* [NK], linfócitos T e linfócitos B) para o compartimento vascular, constituindo uma resposta altamente estereotipada (PEDERSEN; HOFFMAN-GOETZ, 2000).

Além da resposta local do processo inflamatório descrita acima, um grupo de glicoproteínas coletivamente chamadas de citocinas são as responsáveis pela coordenação, amplificação e regulação da magnitude e duração dos eventos inflamatórios e, conseqüentemente, de seus efeitos (SMITH, 2000). As citocinas são produzidas e liberadas, principalmente, pelas células do sistema imune, além da musculatura ativa e por uma variedade de tecidos como tecido adiposo e células endoteliais. As citocinas podem ter atividade pró-inflamatória (IL-1 β , TNF- α , IL-6), anti-inflamatória (IL-6, IL-10, IL-4, IL-5, IL-13 e IL-1ra), ou ainda, de moduladora da inflamação (IL-6), regulando, além da inflamação, a ativação de vias energéticas para suporte deste processo (PETERSEN; PEDERSEN, 2005).

O aparecimento de citocinas pró-inflamatórias IL-1 β , TNF- α e IL-6, juntamente com o edema muscular e a sensação de dor muscular tardia, indica que o exercício causa inflamação muscular especialmente se for realizado de forma intensa, prolongada e/ou envolver forte contração excêntrica, entretanto, embora ocorram com menor intensidade, as sessões com predominância do componente concêntrico também induzem a produção de citocinas. Além disso, a magnitude do aumento na concentração plasmática destas substâncias está intimamente ligada à duração do exercício (MALM, 2001; MOLDOVEANU; SHEPHARD; SHEK, 2001).

A participação dessas citocinas no processo inflamatório ocorre inicialmente com a síntese das citocinas pró-inflamatórias, TNF- α e IL-1 β , que, por sua vez, estimulam a síntese de IL-6. Esta citocina atua como mediador primário da reação de fase aguda, estimulando a produção hepática de proteínas de fase aguda, como a proteína c-reativa (PCR) e inibidores de proteases. A IL-6 restringe a extensão da resposta inflamatória por aumentar a síntese de citocinas antiinflamatórias. A resposta de fase aguda restabelece proteínas depletadas ou lesadas e reverte os efeitos prejudiciais da resposta inflamatória inicial. Vista deste ângulo, a IL-6 desempenha papel mais restaurativo do que pró-inflamatório. A IL-6 também estimula a glândula hipófise a liberar o hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), que promove, subsequentemente, o aumento da liberação do hormônio cortisol a partir do córtex adrenal (NIEMAN et al., 2005; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005).

A quantidade de publicações recentes abordando a participação do sistema imune no exercício físico vem demonstrando a grande relevância do tema para a comunidade científica.

Isto vem sendo comprovado pelo grande número de estudos realizados elucidando o papel desempenhado por citocinas e outras células imunológicas através de mecanismos por meio dos quais as defesas inatas e adquiridas do organismo são ativadas ou amplificadas, potencializando, assim, os efeitos benéficos do exercício (CRUZAT et al., 2007). No entanto, também é importante destacar que a inflamação é uma condição que se não for tratada através de um processo que permita a recuperação completa do organismo, pode progredir, tornar-se crônica, indesejável e impedir a melhoria do rendimento físico do atleta (SMITH, 2000).

2.4 LESÃO MUSCULAR INDUZIDA PELO EXERCÍCIO FÍSICO

O exercício físico intenso é capaz de promover lesões nos músculos esqueléticos que podem variar desde uma lesão ultraestrutural de fibras musculares até traumas envolvendo a completa ruptura do músculo (GLEESON et al., 2003).

Atualmente, tem-se o conhecimento de que microtraumas teciduais ocorrem naturalmente durante a execução de exercícios com elevada demanda metabólica, podendo induzir lesões musculares por meio de ocorrência do processo de isquemia e reperfusão e danos nas estruturas articulares envolvidas durante o movimento devido a elevada quantidade de repetições realizadas. Esses microtraumas podem ser induzidos por meio de diversos fatores, dos quais se destacam a realização de atividades onde se fazem abundantemente presentes a contração excêntrica, frequentemente realizadas em modalidades esportivas como futebol americano, basquetebol, futebol e rúgbi (CLEBIS; NATALI, 2001; GLEESON et al., 2003; BLOOMER; GOLDFARB, 2004; HIROSE et al., 2004). Os sintomas associados com as lesões induzidas pelo exercício incluem dor, sensibilidade, mudanças na amplitude de movimento, perda de força e liberação de proteínas musculares para o sangue (BLOOMER et al., 2007). As dores musculares iniciam-se, geralmente, 8 horas após o término do esforço físico, atingindo seu pico entre 24 e 72 horas (TRICOLI, 2001) e podendo perdurar por até 7 dias (CLARKSON; HUBAL, 2002), caracterizando, assim, um quadro de dor muscular de início tardio (DMIT).

Para elucidar a DMIT, seis teorias são frequentemente utilizadas, sendo elas: o acúmulo de ácido láctico, espasmo muscular, microtraumas, danos no tecido conjuntivo, inflamação e o efluxo de enzimas e eletrólitos. Embora estas seis teorias sejam apresentadas de forma independente uma da outra, o consenso atual é que uma única teoria por si só é insuficiente para explicar o processo, sendo importante utilizá-las em conjunto para explicar o

aparecimento da DMIT (LEWIS; RUBY; BUSH-JOSEPH, 2012).

Embora as fibras musculares e tecidos filamentosos sejam capazes de absorver impactos e lesões de forma constante, a realização excessiva e prolongada de exercícios extenuantes associada a uma inadequada recuperação comprometem o mecanismo de regeneração tecidual e alteram os processos metabólicos das células. Tal fato reduz a capacidade dos tecidos em resistir ao estresse ocasionado pelo exercício físico intenso (BLOOMER; GOLDFARB, 2004). Uma das consequências destas ações é o aumento na frequência de lesões, o que impossibilita o indivíduo de manter um bom condicionamento físico, levando a redução do volume de treinamentos e prejudicando assim o rendimento do atleta. Além destes aspectos, a inflamação aguda ou crônica induzida pelo exercício intenso e prolongado, posteriormente, pode evoluir para uma inflamação sistêmica e, principalmente, reduzir a massa magra, o que está associada a sintomas como cansaço, fadiga, *overtraining*, redução da mobilidade corporal e força muscular (TOUMI; BEST, 2003; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005; CUNHA; RIBEIRO; OLIVEIRA, 2006).

Diante do relato da ocorrência de injúrias ocasionadas por exercícios, cabe ressaltar a capacidade do músculo para se adaptar rapidamente a sequência desses prejuízos, isso ocorre quando se é respeitado o tempo de descanso necessário para a recuperação dos efeitos agudos do esforço físico, ocorrendo adaptação positiva do tecido muscular estriado esquelético e estruturas adjacentes, no sentido de um remodelamento morfológico e metabólico das miofibrilas (SMITH, 2004). Além disso, a aplicação de exercícios leves também é vista como estratégia que pode ser utilizada como forma de proteção ao músculo contra lesões mais graves (PROSKE; MORGAN, 2001).

Os danos musculares induzidos pelo exercício físico podem ser detectados por meio de medidas diretas e indiretas. Os métodos diretos são realizados através das análises de amostras do músculo ou de imagens por técnica de ressonância magnética. Já os métodos indiretos são obtidos principalmente por meio do registro de valores de ação voluntária máxima, aquisição de respostas subjetivas de dor (através de escalas de percepção) e análise das concentrações de enzimas plasmáticas, proteínas musculares, mioglobina no sangue, entre outras (CLARKSON; HUBAL, 2002).

Os métodos indiretos adotados para análise do dano muscular são os mais utilizados nos estudos em função da facilidade de coleta e, sobretudo, pelo baixo custo quando comparado aos métodos diretos. A proteólise muscular é frequentemente avaliada por meio indireto através da determinação do efluxo de enzimas citosólicas específicas, que em condições normais se mostram incapazes de atravessar a barreira da membrana

sarcoplasmática (STUPKA et al., 2000). A creatina quinase (CK) e a lactato desidrogenase (LDH) são, particularmente, as proteínas avaliadas com maior frequência para determinação desta proteólise, no entanto, aspartato aminotransferase, 3-metil-histidina, fragmentos da cadeia pesada de miosina (MHC), troponina-I e mioglobina também são encontradas como marcadores de dano muscular (WILLOUGHBY; MCFARLIN; BOIS, 2003; CRUZAT et al., 2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 QUESTÕES ÉTICAS

O projeto de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley da UFPB, em observância a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) que regulamenta os aspectos éticos de pesquisas envolvendo seres humanos, sendo aprovado sob o protocolo 04308612.2.0000.5183. Todos os indivíduos tiveram a autorização de seus responsáveis legais para participar do estudo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (APÊNDICE A), onde foram previamente esclarecidos acerca dos procedimentos realizados, riscos e benefícios previsíveis e sigilo de seu nome em ocasião de publicação dos resultados.

3.2 CASUÍSTICA

O poder amostral foi previamente calculado com base em um estudo de Wichitsranoi et al. (2011) que encontrou efeito antioxidante do gergelim com a redução do MDA de $1,8 \pm 0,6 \mu\text{mol/L}$ para $1,2 \pm 0,6 \mu\text{mol/L}$ em adultos jovens não atletas que consumiram a semente durante 4 semanas, o que resultou em um tamanho de efeito de 1.0. Com base na proposta de cálculo amostral de Eng (2003), adotou-se um erro alfa de 5% e um poder estatístico de 0,95, encontrando-se um número mínimo de 13 sujeitos por grupo. Os cálculos foram efetuados por meio do software G*Power 3.1.0 (Franz Faul, Universitat Kiel, Germany).

Portanto, para o presente estudo foram recrutados 26 atletas para divisão aleatória entre os dois grupos, sendo adolescentes da categoria juvenil masculina (última categoria antes do nível profissional) de uma equipe de futebol do município de João Pessoa-PB, sem distinção de raça, com idade média de $15,8 \pm 0,4$ anos e que apresentavam uma intensa rotina de treinos semanais (6 dias/semana) como forma de preparação para competições de nível nacional. Destes, sete foram excluídos do estudo por motivos relacionados a lesões e ausência nos treinos, sendo dois do grupo experimental e cinco do grupo placebo. Permaneceram, portanto, 19 atletas no estudo que formaram dois grupos: um experimental ($n=11$, $15,91 \pm 0,3$ anos) e um placebo ($n=8$, $15,63 \pm 0,5$ anos).

Foram considerados critérios de exclusão: problemas osteo-mio-articulares, consumo regular de gergelim, tabagismo, intolerância a lactose, uso de medicamentos para doenças

crônicas ou uso de esteróides anabólicos ou similares e inserção em período de competição. Como critérios de inclusão foi considerado o tempo de treino de pelo menos três meses na temporada atual e a participação em todas as tarefas de uma intensa rotina de treinos semanais (6 dias/semana) como forma de preparação para competições de nível nacional.

3.3 DESENHO DO ESTUDO

O estudo foi caracterizado como sendo do tipo experimental, randomizado, com placebo controlado. Antes do contato com os atletas, foi realizada a formulação dos produtos acompanhada por análise microbiológica, físico-química e sensorial. Uma vez concluída esta etapa, após 24 horas de descanso os participantes foram submetidos a uma avaliação física e nutricional, seguida da coleta sanguínea para posterior análise dos níveis séricos de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), malondialdeído (MDA) e proteína c-reativa ultrasensível (PCR-us). No dia posterior, se iniciou a intervenção com o oferecimento de pasta de gergelim ou placebo por quatro semanas. Após 24 horas do encerramento da intervenção, eles foram submetidos aos mesmos procedimentos para análise das mesmas variáveis. Os sujeitos foram orientados a manterem seus padrões dietéticos habituais durante toda a pesquisa e não consumirem qualquer suplemento nutricional, sendo aplicado semanalmente um inquérito alimentar no intuito de ter controle sobre o consumo durante este período. Todo o treinamento foi controlado e monitorado, de modo a garantir que estivesse sendo executado de acordo com os preceitos do treinamento científico moderno.

3.4 MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizadas sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) da cultivar BRS Seda (branca), adquiridas diretamente da EMBRAPA Meio-Norte (Teresina – PI). O mel de abelha (*Apis mellifera*) utilizado na preparação do produto foi adquirido com um apicultor autônomo da cidade de Cuité de Mamanguape (PB).

3.5 ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS

O produto à base de gergelim apresentou a forma física pastosa. Para tanto, as sementes de gergelim foram previamente selecionadas visando à obtenção de uma matéria-prima isenta

de sujidades. Em seguida, passaram por um processo de torrefação a uma temperatura de 105 °C por um período de 2 minutos, seguido de trituração até que as sementes atingissem uma consistência pastosa. Posteriormente, sobre 40 g de pasta de gergelim foi adicionado manualmente 17 g de mel de abelha (*Apis mellifera*) para obtenção do produto que foi oferecido aos atletas na etapa experimental do estudo.

Para a preparação do placebo foi elaborada uma pasta de forma física semelhante à pasta de gergelim, composta por amido de milho, leite de vaca in natura e corante artificial marrom para fins alimentícios. A mistura foi submetida a 105 °C durante o período suficiente para que o alimento atingisse a consistência e ponto de cozimento adequado com posterior adição de mel de abelha em quantidade idêntica a presente na pasta gergelim. Todos os procedimentos supracitados foram realizados no Laboratório de Técnica Dietética do Departamento de Nutrição, Centro de Ciências da Saúde (CCS) / UFPB.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DA PASTA DE GERGELIM

3.6.1 Análises Microbiológicas

As análises foram realizadas no Laboratório de Microbiologia e Bioquímica dos Alimentos do Departamento de Nutrição/CCS/UFPB. O produto foi acondicionado em uma embalagem de polipropileno devidamente lacrada, contendo 57 g do produto, sendo 40 g de gergelim e 17 g de mel de abelha. Foram realizadas análises microbiológicas de contagem padrão em placas, quantificação de bolores e leveduras, enumeração de coliformes a 35 °C e coliformes termotolerantes a 45 °C, contagem de estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* spp., conforme a metodologia preconizada pela American Public Health Association (APHA) (2001) e descrita por Vanderzant e Splittstoesser (1992).

3.6.2 Análises Físico-Químicas

Foram realizadas análises físico-químicas em duplicata da pasta de gergelim adicionada de mel segundo metodologias da Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2005) para determinação de umidade (925.09), acidez total titulável (935.57), cinzas (930.30), lipídeos (920.39), proteínas (939.02), fibra alimentar (991.43), açúcares totais (958.06), pH determinado em potenciômetro portátil com precisão de duas casas decimais e

valor energético total. Tais análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia - Departamento de Nutrição/CCS/UFPB e Laboratório de Análise e Química de Alimentos (LAQA) - Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Tecnologia/UFPB.

3.6.3 Análises Sensoriais

As análises sensoriais da pasta de gergelim foram realizadas no Laboratório de Técnica Dietética do Departamento de Nutrição/CCS/UFPB, após obtenção do TCLE (APÊNDICE B). Os tratamentos foram avaliados quanto à aceitação por um grupo de 50 provadores não treinados e previamente foram conduzidas análises microbiológicas para garantir os padrões de segurança para consumo.

Foram realizados testes de aceitabilidade seguindo-se metodologia proposta por Faria e Yotsuyanagi (2002) (ANEXO A). Avaliou-se as amostras de pasta de gergelim segundo a aparência, aroma, sabor, textura e aceitação global. Os provadores atribuíram valores às variáveis sensoriais em uma escala hedônica de nove pontos (1 = desgostei extremamente; 5 = nem gostei/nem desgostei; 9 = gostei extremamente). Os formulários destinados a este teste contiveram campos que possibilitavam aos provadores anotar descrições que julgassem importantes. A pasta foi considerada aceita com a obtenção da média $\geq 5,0$ (equivalente ao termo hedônico “gostei moderadamente”).

As amostras foram servidas simultaneamente, de forma aleatória e em diferentes concentrações de mel: A (20%), B (25%) e C (30%). Todas foram oferecidas em recipientes de polipropileno de cor transparente codificados com números aleatórios de 3 dígitos. Juntamente com as amostras foram oferecidos aos provadores bolacha, água e colher de plástico, sendo eles orientados a consumir a bolacha e a água entre uma amostra e outra para remoção do sabor residual.

3.7 PREPARAÇÃO DOS GRUPOS

3.7.1 Avaliação do Consumo Alimentar

Para avaliação do perfil nutricional dos participantes do estudo foram realizados inquéritos alimentares do tipo questionário de frequência de consumo alimentar disposto no Software Avanutri Revolution versão 4.0 (ANEXO B), além do recordatório de 24 horas

(ANEXO C) (FISBERG et al., 2005), sendo este último, aplicado em 3 dias de cada semana para a obtenção de informações referentes ao consumo alimentar de dois dias úteis da semana e um dia do final de semana. As análises do consumo constatado por meio dos recordatórios foram feitas mediante a utilização da média dos três valores, investigando o consumo de macro e micronutrientes, com ênfase na presença de substâncias antioxidantes da dieta. Para análise de adequação alimentar, os valores obtidos foram comparados com o valor preconizado pelas Dietary Reference Intakes (DRI's) (2002/2005) (OTTEN; HELLWIG; MEYERS, 2006). O instrumento utilizado para a análise dos inquéritos alimentares foi o Avanutri Revolution Software Package versão 4.0 (Avanutri Informática Ltda, Rio de Janeiro, Brasil).

3.7.2 Avaliação da Composição Corporal

Os sujeitos foram submetidos a aferições de medidas antropométricas (APÊNDICE C) antes e após o período de intervenção. Foram aferidos estatura com a utilização de um estadiômetro telescópico personal portátil Caprice Sanny com capacidade de 115 a 210 cm e tolerância de aproximadamente 2 mm em 210 cm, e peso corporal utilizando uma balança digital Control II, Plena (Brasil) com capacidade de aferição de 150 Kg e graduação de 100 g para realização de cálculo do IMC ou Índice de Quetelet por meio do quociente peso corporal/estatura², sendo o peso corporal expresso em quilogramas (kg) e a altura em metros (m). Para a classificação do IMC foi utilizado os valores propostos pela World Health Organization (1997).

Também foram aferidas as medidas de espessura das dobras cutâneas através de um adipômetro científico Sanny, Brasil, com capacidade de 0 a 78 mm para a avaliação de percentual de gordura e consequente definição de massa magra. As medidas foram realizadas do lado direito do corpo dos atletas, em uma série de três medidas sucessivas para o mesmo local, considerando a média dos três valores como sendo o valor adotado para este ponto. Foram mensuradas as dobras cutâneas tricipital, subescapular, bicipital, supra-ilíaca, abdominal, peitoral, coxa, panturrilha medial e axilar média, sendo escolhido o protocolo de Faulkner (1968) para a determinação do percentual de gordura.

3.7.3 Testes Funcionais

Para testar a velocidade de corrida do limiar de lactato de 3,5 mM (V_{3,5mM}), velocidade pico e VO₂ pico foi realizado um teste incremental em esteira com velocidade iniciando em 8 km/h e aumentando em 2 km/h a cada 3 minutos até a fadiga volicional, sendo a inclinação fixada em 1%. Ao final de cada estágio de três minutos, coletas sanguíneas foram tomadas para posterior dosagem da concentração sérica de lactato. Os valores referentes a tempo, velocidade, frequência cardíaca e inclinação da esteira foram utilizados para a realização do cálculo de estimativa da potência aeróbia por meio do consumo de oxigênio de pico seguindo o protocolo de Bruce (BRUCE; KUSUMI; HOSMER, 1973). Todos os procedimentos foram realizados no Laboratório de Estudos do Treinamento Físico Aplicado ao Desempenho e Saúde (LETFADS) - Departamento de Educação Física/CCS/UFPB.

3.8 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Durante o período de intervenção os atletas consumiram 57 g de pasta de gergelim com mel (40 g de gergelim e 17 g de mel) ou placebo (40 g de pasta de amido de milho e 17 g de mel) durante as quatro semanas, em duas doses diárias, sendo estas oferecidas antes e após os treinamentos. Os dois produtos consumidos eram fisicamente similares, tendo sido explicado que estavam sendo testadas duas preparações diferentes à base de gergelim. Durante todo o procedimento os produtos foram consumidos no local de treino sob as vistas do pesquisador responsável.

3.9 PROTOCOLO DE TREINAMENTO

Durante o período de intervenção, técnico e preparador físico mantiveram a mesma programação de treinamento previamente planejada para a temporada. O estudo iniciou com 35 dias de antecedência e terminou três dias antes da competição alvo. Neste período, os treinos foram voltados para o desenvolvimento da tática, força explosiva e velocidade, e apenas duas sessões de treinamento aeróbio (corrida de 30 minutos em intensidade moderada). Nenhum procedimento de polimento foi feito, a despeito da proximidade da competição alvo. Os treinos eram realizados com uma ou duas sessões diárias, dependendo do dia e foram todos acompanhados pelos pesquisadores que registravam os detalhes abordando questões como local, duração e tipo de treinamento (APÊNDICE D). Houve interferência nas cargas de treinamento apenas nos três dias anteriores as coletas sanguíneas, de forma que a

comissão técnica foi orientada a não realizar exercícios no período de 24 horas que antecederam as coletas e reduzir em 50% a carga de treinos nos dois dias que antecederam este período de descanso, sendo esta medida utilizada no intuito de eliminar os efeitos agudos do exercício físico.

3.10 COLETA E ANÁLISES SANGUÍNEAS

As coletas de sangue venoso foram realizadas por enfermeiros no LETFADS - Departamento de Educação Física/CCS/UFPB e no local de treino dos atletas. Um volume de 10 ml de sangue foi retirado da veia antecubital e colocado em tubos de ensaio com e sem anticoagulante (5 ml em cada tubo). Aproximadamente 20 minutos após cada coleta, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos e o sobrenadante colocado em tubos ependorffs e refrigerados a -80 °C até a análise.

3.10.1 Determinação de Creatina Quinase (CK)

Para análise de CK utilizou-se um kit comercial Labtest (Minas Gerais, Brasil). Um volume de 20 µl de plasma foi adicionado a 1 ml do reagente de trabalho conforme instruções do kit e a leitura foi feita em um espectrofotômetro, modelo SP 22, a um comprimento de onda de 340 nm.

3.10.2 Determinação de Lactato Desidrogenase (LDH)

A mensuração da atividade sérica da enzima LDH ocorreu por automação através do método enzimático, utilizando o kit comercial Labtest (Minas Gerais, Brasil) em aparelho Labmax Plenno, tendo sido a leitura realizada a um comprimento de onda de 340 nm.

3.10.3 Determinação de Malondialdeído (MDA)

A atividade oxidante foi quantificada por meio da reação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos. Para isto, 250 µl de amostra foi incubado em banho-maria a 37 °C por 60 minutos. Em seguida, a mistura foi precipitada com ácido

perclórico a 35% e centrifugado a 14000 rpm por 20 minutos à 4 °C. O sobrenadante foi transferido para novos ependorfs, onde foi adicionado 400 µl de ácido tiobarbitúrico a 0,6% e incubado a 60 °C por 1 hora. Após o resfriamento, o material foi lido em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 532 nm.

3.10.4 Determinação de Proteína C-Reativa Ultra-Sensível (PCR-us)

A PCR-us foi analisada pelo método imunoturbidimetria por meio do analisador bioquímico automático Cobas Mira Plus (Roche) utilizando o Reagente PCR Ultra Turbiquest Plus, com leitura feita a um comprimento de onda de 540 nm.

3.11 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados estão apresentados como média e desvio-padrão da média. A normalidade e homogeneidade dos dados foram previamente avaliadas por meio do teste de Shapiro-Wilks e Levene. Para comparar as diferenças obtidas pelos tratamentos foi realizado o teste T-Student para amostras pareadas. Comparações entre os valores pré e pós-intervenção entre os grupos experimental e placebo foram feitos por meio do teste T para amostras independentes. Para todos os testes foi adotada uma margem de erro de 5%. Todos os procedimentos foram realizados com auxílio do software GraphPad Prism 4.03 para Windows (GraphPad Software, San Diego-CA, USA).

REFERÊNCIAS

AGARWAL, A.; GUPTA, S.; SIKKA, S. The role of free radicals and antioxidants in reproduction. **Current Opinion in Obstetrics Gynecology**, v. 18, n. 3, p. 325-332, 2006.

AHMAD, S. et al. Effect of dietary sesame oil as antioxidant on brain hippocampus of rat in focal cerebral ischemia. **Life Sciences**, v. 79, n. 20, p. 1921-1928, 2006.

ALESSIO, H. M. et al. Generation of reactive oxygen species after exhaustive aerobic and isometric exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 32, n. 9, p. 1576-1581, 2000.

ALIPOOR, B. et al. Effect of sesame seed on lipid profile and redox status in hyperlipidemic patients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 63, n. 3, p. 674-678, 2012.

ANTONIASSI, R.; SOUZA, D. F. S. Composição, processamento e atividade antioxidante. In: BELTRÃO, N. E. M.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 327-348.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Washington, 2005. 1018 p.

APHA. American Public Health Association. **Copendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. APHA, Washignton, 2001. 676 p.

ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FIRMINO, P. T. **500 Perguntas 500 Respostas: Gergelim**. 1ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 209 p.

BEHRENS, J. H.; ROIG, S. M.; DA SILVA, M. A. P. Aspectos de funcionalidade de rotulagem e de aceitação de extrato hidrossolúvel de soja fermentado e culturas lácteas probióticas. **Boletim da Sociedade Brasileira e Tecnologia de Alimentos**, v. 34, n. 2, p. 99-106, 2000.

BELTRÃO, N. E. M. et al. Época relativa de plantio no consórcio mamona e gergelim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 5, p. 67-73, 2010.

BLOOMER, R. J. et al. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 4, p. 9, 2007.

BLOOMER, R. J.; GOLDFARB, A. H. Anaerobic exercise and oxidative stress: a review. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 29, p. 245-263, 2004.

BOREK, C. Antioxidant health effects of aged garlic extract. **Journal of Nutrition**, v. 131, n. 3, p. 1010S-1015S, 2001.

BRUCE, R. A.; KUSUMI, F.; HOSMER, D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. **American Heart Journal**, v. 85, n. 4, p. 546-562, 1973.

BURINI, F. H. P.; OLIVEIRA, E. P.; BURINI, R. C. (Mal) adaptações metabólicas ao treinamento contínuo: concepções não consensuais de terminologia e diagnóstico. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 16, n. 5, 2010.

CARAGAY, A. B. Cancer-preventive foods and ingredients. **Food Technology**, v. 46, n. 4, p. 65-68, 1992.

CARRARA, C. L. et al. Uso da semente de linhaça como nutracêutico para prevenção e tratamento da arteriosclerose. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 4, p. 1-9, 2009.

CARVALHO, L. F. P. et al. Oxidative stress biomarkers in patients with endometriosis: systematic review. **Archives of Gynecology Obstetrics**, v. 286, n. 4, 1033-1040, 2012.

CAZZOLA, R. et al. Biochemical assessments of oxidative stress, erythrocyte membrane fluidity and antioxidant status in professional soccer players and sedentary controls. **European Journal of Clinical Investigation**, v. 33, n. 10, p. 924-930, 2003.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induce Muscle Damage in Humans. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 81, p. 52S-69S, 2002.

CLARKSON, P. M.; THOMPSON, H. S. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 72, p. 637-646, 2000.

CLEBIS, N. K.; NATALI, M. J. M. Lesões musculares provocadas por exercícios excêntricos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, n. 4, p. 47-53, 2001.

COLLI, C. Nutracêutico é uma nova concepção de alimento. **Informativo da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, n. 1, p. 1-2, 1998.

COOPER, C. E. et al. Exercise, free radicals and oxidative stress. **Biochemical Society Transactions**, v. 30, n. 2, p. 280-285, 2002.

CRUZAT, V. F. et al. Aspectos atuais sobre estresse oxidativo, exercícios físicos e suplementação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 5, p. 336-342, 2007.

CUNHA, G. S.; RIBEIRO, J. L.; OLIVEIRA, A. R. Sobretreinamento: teorias, diagnóstico e marcadores. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, n. 5, 2006.

DROGE, W. Free radicals in the physiological control of cell function. **Physiological Reviews**, v. 82, p. 47-95, 2002.

EISENMANN, J. C.; WICKEL, E. E. Estimated energy expenditure and physical activity patterns of adolescent distance runners. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 2, p. 178-188, 2007.

ENG, J. Sample Size Estimation: How Many Individuals Should Be Studied? **Radiology**, v. 227, p. 309-313, 2003.

EVANS, W. J. Vitamin E, vitamin C, and exercise. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 72 (Suppl), p. 647S-652S, 2000.

FAO (Roma). **Necessidades de energia e de proteínas**. Genebra: FAO/OMS/ONU, 1985. p. 63-64.

FARIA, E.; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de análise sensorial**. Campinas: ITAL/LAFISE, 2002.

FEHRENBACH, E.; SCHNEIDER, M. E. Trauma-induced systemic inflammatory response versus exercise-induced immunomodulatory effects. **Sports Medicine**, v. 36, n. 5, p. 373-384, 2006.

FERREIRA, F.; FERREIRA, R.; DUARTE, J. A. Stress oxidativo e dano oxidativo muscular esquelético: influência do exercício agudo inabitual e do treino físico. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 7, n. 2, p. 257-275, 2007.

FIGUEIREDO, A. S.; MODESTO-FILHO, J. Efeito do uso da farinha desengordurada do *Sesamum indicum* L nos níveis glicêmicos em diabéticas tipo 2. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 18, n. 1, p. 77-83, 2008.

FINAUD, J.; LAC, G.; FILAIRE, E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. **Sports Medicine**, v. 36, n. 4, p. 327-358, 2006.

FIRMINO, P. T. et al. Valor protéico do grão, importância na alimentação humana e aplicações na fitoterapia e fitocosmética. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. (Ed.). **O agronegócio do gergelim no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001. p. 303 – 325.

FISBERG, R. M. et al. **Inquéritos alimentares: métodos e bases científicos**. Barueri, SP: Manole, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Production quantity of sesame seed in world**. 2011. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>> Acesso em: Abril de 2013.

FRANÇA, S. C. A. et al. Resposta divergente da testosterona e do cortisol séricos em atletas masculinos após uma corrida de maratona. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 6, 2006.

FUKUDA, Y. et al. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 857-862, 1986.

GLEESON, M. Immune function in sport and exercise. **Journal Applied Physiology**, v. 103, n. 2, p. 693-699, 2007.

GLESSON, N. et al. Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. **British Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 2, p. 119-125, 2003.

HALENG, J. et al. Oxidative stress. **Revue Medicale de Liege**, v. 62, n. 10, p. 628-638, 2007.

HALLIWELL, B. Lipid peroxidation, antioxidants and cardiovascular disease: how should we move forward? **Cardiovascular Research**, v. 47, p. 410-418, 2000.

HASLER, C. M. Functional foods: benefits, concerns and challenges: a position paper from the American Council on Science and Health, the American Society for Nutritional Sciences. **Journal of Nutrition**, v. 132, p. 3772-3781, 2002.

HIROSE, L. et al. Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. **Exercise Immunology Review**, v. 10, p. 75-90, 2004.

HIROSE, N. et al. Suppressive effect of sesamin against 7,12 dimethylbenz[a]-anthracene induced rat mammary carcinogenesis. **Anticancer Research**, v. 12, n. 4, p. 1259-1265, 1992.

JACKSON, L. W. et al. Oxidative stress and endometriosis. **Human Reproduction**, v. 20, n. 7, p. 2014-2020, 2005.

JENKINS, R. R. Exercise and oxidative stress methodology: a critique. **American Journal of American Nutrition**, v. 72, p. 670-674, 2000.

Jl, L. L. Exercise-induced modulation of antioxidant defense. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 959, p. 82-92, 2002.

JONES, P. J. Clinical nutrition: 7 functional foods-more than just nutrition. **Canadian Medical Association Journal**, v. 166, n. 12, p. 1555-1563, 2002.

KAMAL-ELDIN, A.; MOAZZAMI, A.; WASHI, S. Sesame Seed Lignans: Potent Physiological Modulators and Possible Ingredients in Functional Foods & Nutraceuticals, **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 3, n. 1, p. 17-29, 2011.

KHAN, N.; SULTANA, S. Abrogation of potassium bromate-induced renal oxidative stress and subsequent cell proliferation response by soy isoflavones in wistar rats. **Toxicology**. v. 201, n. 1-3, p. 173-184, 2004.

KOURI, J.; ARRIEL, N. H. C. Aspectos econômicos. In: ARRIEL, N. H. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; FIRMINO P. de T. (Ed.). **Gergelim: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.193 - 209. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

LAGO, A. A. et al. Maturação e produção de sementes de gergelim cultivar IAC-China. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 363-369, 2001.

LAHAIE-COLLINS, V. et al. Sesamin modulates tyrosine hydroxylase, superoxide dismutase, catalase, inducible NO synthase and interleukin-6 expression in dopaminergic cells under MPP⁺-induced oxidative stress. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, Québec, v. 1, p. 54-62, 2008.

LAJOLO, F. M. Functional foods: Latin American perspectives. **British Journal of Nutrition**, v. 88 (Suppl 2), p. 145S-150S, 2002.

LAMPRECHT, M.; GREILBERGER, J.; OETTL, K. Analytical aspects of oxidatively modified substances in sports and exercises. **Nutrition**, v. 20, n. 7-8, p. 728-730, 2004.

LEWIS, P. B.; RUBY, D.; BUSH-JOSEPH, C. A. Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. **Clinics in Sports Medicine**, v. 31, n. 2, p. 255-262, 2012.

MA, H. et al. Oxidative DNA damage and its repair in rat spleen following subchronic exposure to aniline. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 233, n. 2, p. 247-243, 2008.

MACHADO, C. N. et al. Efeito do exercício nas concentrações séricas de creatina cinase em triatletas de ultradistância. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, Niterói, v. 16, n. 5, 2010.

MACHEFER, G. et al. Multivitamin-Mineral Supplementation Prevents Lipid Peroxidation during “The Marathon des Sables”. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 26, n. 2, p. 111-120, 2007.

MALM, C. Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction? **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 171, n. 3, p. 233-239, 2001.

MASTALOUDIS, A.; LEONARD, S. W.; TRABER, M. G. Oxidative Stresse in athletes during extreme endurance exercise. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 31, n. 7, p. 911-922, 2001.

MARGARITIS, I. et al. Antioxidant supplementation and tapering exercise improve exercise-induced antioxidant response. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 22, n. 2, p. 147-156, 2003.

MATSUMOTO, K. et al. Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**. v. 49, n. 4, p. 424-431, 2009.

MAZZANI, H.; LAYRISSE, H. Características químicas del grano de cultivares de ajonjolí seleccionados de la colección venezolana de germoplasma. **Agronomía Tropical**, v. 48, p. 5-18, 1998.

MCANULTY, S. R. et al. Influence of carbohydrate, intense exercise, and rest intervals on hormonal and oxidative changes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 17, n. 5, p. 478-490, 2007.

MIYAWAKE, T. et al. Antihypertensive effects of sesamin in humans. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 55, p. 87-91, 2009.

MOLDOVEANU, A. L.; SHEPHARD, R. J.; SHEK, P. N. The cytokine response to physical activity and training. **Sports Medicine**, v. 31, n. 2, p. 115-144, 2001.

NAMIKI, M. Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 47, n. 7, p. 651-673, 2007.

NAMIKI, M. The chemistry and physiological functions of sesame. **Food Reviews International**, v. 11, n. 2, p. 281-329, 1995.

NEUMANN, A. I. C. P.; ABREU, E. S.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos Saudáveis, Alimentos Funcionais, Fármaco Alimentos, Nutracêuticos. Você Já Ouviu Falar? **Revista Higiene Alimentar**. São Paulo, v. 14, n. 71, p. 19-23, 2000.

NGO, C. et al. Reactive oxygen species controls endometriosis progression. **American Journal of Pathology**, v. 175, p. 225-234, 2009.

NIEMAN, D. C. Immune response to heavy exertion. **Journal of Applied Physiology**, v. 82, n. 5, p. 1385-1394, 1997.

NIEMAN D.C. et al. Muscle cytokine mRNA changes after 2.5 h of cycling: influence of carbohydrate. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 37, p. 1283-1290, 2005.

OGONOVSKY, H. et al. The effects of moderate, strenuous, and overtraining on oxidative stress markers and DNA repair in rat liver. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 30, p. 186-195, 2005.

OSAWA, T.; KATO, Y. Protective role of antioxidative food factors in oxidative stress caused by hyperglycemia. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1043, p. 440-451, 2006.

OTTEN, J. J.; HELLWIG, J. P.; MEYERS, L. D. **Dietary Reference Intake: the essential guide to nutrient. Requirements**. Washington: The National Academies Press, 2006.

PADILHA, P. C., PINHEIRO, R. L. O papel dos alimentos funcionais na prevenção e controle do câncer de mama. **Revista Brasileira de Cancerologia**. v. 50, n. 3, p. 251-260. 2004.

PALAZZETTI, S. et al. Overloaded training increases exercise-induced oxidative stress and damage. **Canadian Journal of Applied Physiology**, v. 28, n. 4, p. 588-604, 2003.

PARAVIDINO, A. B.; PORTELLA, E. S.; SOARES, E. A. Metabolismo energético em atletas de endurance é diferente entre os sexos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 317-325, 2007.

PASCHOAL, V.; NAVES, A.; FONSECA, A. B. B. L. **Nutrição Clínica Funcional dos Princípios à Prática Clínica**. São Paulo: VP, 2008.

PEDERSEN, B. K.; HOFFMAN-GOETZ, L. Exercise and the immune system: regulation, integration and adaptation. **Physiological Reviews**, v. 80, n. 3, p. 1055-1081, 2000.

PETERSEN, A. M. W.; PEDERSEN, B. K. The anti-inflammatory effect of exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 98, p. 1154-1162, 2005.

PIMENTEL, F. A. et al. Chocolate and red wine – A comparison between flavonoids content. **Food Chemistry**, v. 120, p. 109-112, 2010.

PROSKE, U.; MORGAN, D. L. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. **Journal of Physiology**, v. 537, p. 333-345, 2001.

RADÁK, Z.; CHUNG, H. Y.; GOTO, S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 44, n. 2, p. 153-159, 2008.

RADÁK, Z. et al. Changes in urine 8-hidroxideoxiguanosina level of super-marathon runners during a four-day race period. **Life Science**, v. 66, n. 18, p. 1763-1767, 2000.

RODRIGUEZ, N. R.; DIMARCO, N. M.; LANGLEY, S. Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 109, n. 3, p. 509-527, 2009.

ROGERO, M. M.; MENDES, R. R.; TIRAPGUI, J. Aspectos neuroendócrinos e nutricionais em atletas com overtraining. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 49, n. 3, 2005.

SACHECK, J. M. et al. Effect of vitamin E and eccentric exercise on selected biomarkers of oxidative stress in young and elderly men. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 34, n. 12, p. 1575–1588, 2003.

SANKAR, D. et al. Effect of Sesame Oil on Diuretics or β -blockers in the Modulation of Blood Pressure, Anthropometry, Lipid Profile, and Redox Status. **Yale Journal of Biology and Medicine**, v. 79, p. 19-26. 2006.

SANKAR, D. et al. Sesame oil exhibits synergistic effect with anti-diabetic medication in patients with type 2 diabetes mellitus. **Clinical Nutrition**, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2011.

SCHARHAG, J. et al. Effects of graded carbohydrate supplementation on the immune response in cycling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 38, n. 2, p. 286-292, 2006.

SCHAUSS, A. G et al. Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, euterpe oleracea mart (açai). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 22, p. 8604-8610, 2006.

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, p. 308-313, 2004.

SCHRODER, H. et al. Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: effects of a three compound antioxidative supplement. **International Journal of Sports Medicine**, v. 21, n. 2, p. 146–150, 2000.

SEN, C. K. Antioxidant and redox regulation of cellular signaling. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 33, n. 3, p. 368-370, 2001.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M.T. Alimentos Funcionais Fisiológicos. **Brazilian Journal of food technology**, v. 2, n. 1-2, p. 7-19, 1999.

SILVA, E. R. et al. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 736-742, 2011.

SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, n. 2, p. 317-331, 2000.

SMITH, L. L. Tissue trauma: the underlying cause of overtraining syndrome? **Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 18, p. 185-193, 2004.

SOTO, C. et al. Silymarin increases antioxidant enzymes in alloxan-induced diabetes in rat pancreas. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C Toxicology & Pharmacology**, v. 136, n. 3, p. 205-212, 2003.

SOUSA JR, T. P.; OLIVEIRA, P. R. Exercício físico e estresse oxidativo: efeitos do exercício físico intenso sobre a quimioluminescência urinária e malondialdeído plasmático. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, p. 91-96, 2005.

SOUZA, C. F.; FERNANDES, L. C.; CYRINO, E. S. Produção de espécies reativas de oxigênio durante o exercício aeróbio e anaeróbio. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, v. 8, n. 2, p. 102-109, 2010.

SOUZA, G.; VALLE, J. L. E; MORENO, I. Efeitos dos Componentes da Soja e seus Derivados na Alimentação Humana. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 34, n. 2, p. 61-69, 2000.

STUPKA, N. et al. Gender differences in muscle inflammation after eccentric exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 6, p. 2325-2332, 2000.

SUWIMOL, S. et al. Effects of Sesame Seeds Consumption on Serum Cholesterol and Oxidative Status in Hypercholesterolemia. **Food and Public Health**, v. 2, n. 6, p. 193-196, 2012.

SUZUKI K. et al. Systemic inflammatory response to exhaustive exercise. Cytokine kinetics. **Exercise Immunology Review**, v. 8, p. 6-48, 2002.

TAGHIYAR, M. et al. The effect of vitamin C and e supplementation on muscle damage and oxidative stress in female athletes: a clinical trial. **International Journal of Preventive Medicine**, v. 4 (Suppl 1), p. 16S-23S, 2013.

TASHIRO, T. et al. Oil and minor components of sesame (*Sesamum indicum L.*) strains. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 67, n. 8, p. 506–511, 1990.

THOMSON, C. D. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, n. 3, p. 391-402, 2004.

THONG, F. S. L.; MCLEAN, C.; GRAHAM, T. E. Plasma leptin in female athletes: relationship with body fat, reproductive, nutritional, and endocrine factors. **Journal of Applied Physiology**, v. 88, n. 6, p. 2037-2044, 2000.

TIDBALL, J. G. Inflammatory processes in muscle injury and repair. **American Journal of Physiology – Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 288, n. 2, p. 345-353, 2005.

TOIGO, M.; BOUTELLIER, U. New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. **European Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 6, p. 643-663, 2006.

TOUMI, H.; BEST, T. M. The inflammatory response: friend or enemy for muscle injury? **Journal of Sports Medicine**, v. 37, p. 284-286, 2003.

TRICOLI, V. Mecanismos envolvidos na etiologia da dor muscular tardia. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 9, p. 39-44, 2001.

UNNEVEHR, L. J.; HASLER, C. Health Claims and Labelling regulation: How will consumers learn about functional foods? **The Journal of Agrobiotechnology Management & Economics**, v. 3, p. 10-13, 2000.

URSO, M. L.; CLARKSON, P. M. Oxidative stress, exercise and antioxidant supplementation. **Toxicology**, v. 189, p. 41-54, 2003.

UTSUNOMIYA, T. et al. Antioxidant and anti-inflammatory effects of a diet supplemented with sesamin on hepatic ischemia-reperfusion injury in rats. **Hepatogastroenterology**, v. 50, n. 53, p. 1609-1613, 2003.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3. ed. Washington, DC.: APHA, 1992. p. 325-369.

VERIT, F. F.; EREL, O.; CELIK, N. Serum paraoxonase-1 activity in women with endometriosis and its relationship with the stage of the disease. **Human Reproduction**, v. 23, p. 100-104, 2008.

WICHITSRANOI, J. et al. Antihypertensive and antioxidant effects of dietary black sesame meal in pre-hypertensive humans. **Nutrition Journal**, v. 10, p. 82, 2011.

WILLOUGHBY, D. S.; MCFARLIN, B.; BOIS, C. Interleukin-6 expression after repeated bouts of eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 24, p. 15–21, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. In: CUPPARI, L. **Guia de nutrição: nutrição clínica no adulto**. São Paulo: Manole; (2^a ed), 2005. p. 92-93.

WU, J. H. et al. Sesame supplementation does not improve cardiovascular disease risk markers in overweight men and women. **Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases**, v. 19, n. 11, p. 774-780, 2009.

WU, W. et al. Sesame Ingestion Affects Sex Hormones, Antioxidant Status, and Blood Lipids in Postmenopausal Women. **Journal of Nutrition**, v. 136, n. 5, p. 1270-1275, 2006.

YOSHIDA, H. Composition and quality characteristics of sesame seed (*Sesame indicum*) oil roasted at different temperatures in an electric oven. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 65, n. 3, p. 331-336, 1994.

ZALDIVAR, et al. Constitutive pro and anti-inflammatory cytokine and growth factor response to exercise in leukocytes. **Journal of Applied Physiology**, v. 100, n. 4, p. 1124-1133, 2006.

ZELKO, I. N.; MARIANI, T. J.; FOLZ, R. J. Superoxide dismutase multigene family: a comparison of the CuZn-SOD (SOD1), Mn-SOD (SOD2, and EC-SOD (SOD3) genes structures, evolution, and expression. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 33, n. 3, p. 337-349, 2002.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO

Título da pesquisa: Avaliação dos efeitos do consumo de pasta de gergelim (*Sesamum indicum L.*) no estado fisiológico de atletas de futebol.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado Senhor,

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim (*Sesamum indicum L.*) no estresse oxidativo, marcadores inflamatórios e danos musculares em atletas de futebol e está sendo desenvolvida por Carlos Vinícius da Silva Barbosa, nutricionista e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição da UFPB, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani e co-orientação do Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva.

Solicitamos a sua colaboração no sentido de responder a questionários de consumo alimentar, consentir nas aferições de medidas antropométricas e coletas sanguíneas, como também sua autorização para publicar os resultados dessa pesquisa em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo. Informamos que essa pesquisa não oferece riscos previsíveis para sua saúde.

Esclarecemos que, conforme determina a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde que regulamenta os aspectos éticos de pesquisa envolvendo seres humanos, sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o senhor não é obrigado a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador e não receberá pagamento pela sua participação. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do seu consentimento, não sofrerá dano algum.

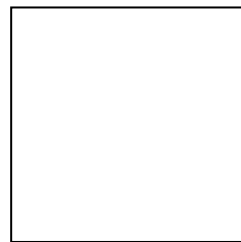
Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

CONSENTIMENTO:

Tendo sido esclarecido sobre os objetivos, procedimentos, riscos, desconfortos, benefícios e confidencialidade da pesquisa, onde inclusive ressalta o meu direito de dispensa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou ônus, aceito participar desta pesquisa. Declaro que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento.

Rubrica do Participante

Rubrica do pesquisador responsável



Assinatura do participante

Assinatura de Testemunha

Assinatura do Pesquisador Responsável

Contato do Pesquisador Responsável: Carlos Vinícius da Silva Barbosa
Rua Sindá Félix de Lima nº 180, CEP 58051 – 821, João Pessoa-PB, Brasil.
Telefones: (83) 8700-1619/93076418
E-mail: cv_vinicius17@hotmail.com

APÊNDICE B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Avaliação dos efeitos do consumo de pasta de gergelim (*Sesamum indicum L.*) no estado fisiológico de atletas de futebol.

Prezado Senhor (a),

Convido-lhe a participar desta pesquisa que está sendo desenvolvida por Carlos Vinícius da Silva Barbosa, nutricionista e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição da UFPB, sob a orientação da Prof.^a Dr.^a Marciane Magnani e co-orientação do Prof. Dr. Alexandre Sérgio Silva. Sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo pesquisador e não receberá pagamento pela sua participação. Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do seu consentimento, não sofrerá dano algum.

Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas sobre o projeto e sobre sua participação.

PESQUISADORES RESPONSÁVEIS: Carlos Vinícius da Silva Barbosa, Marciane Magnani e Alexandre Sérgio Silva.

OBJETIVO: Avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim (*Sesamum indicum L.*) no estresse oxidativo, marcadores inflamatórios e danos musculares em atletas de futebol.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO: Será aplicado um teste de aceitação segundo metodologia descrita Faria e Yotsuyanagi (2002). Para tanto, será empregado a escala hedônica de nove pontos. A seleção dos provadores será feita de forma aleatória, considerando o costume e/ou gosto por consumir gergelim. As amostras dos produtos serão servidas aos provadores em cabines individuais e estarão aleatoriamente codificadas.

RISCOS: Não há riscos à saúde dos provadores.

BENEFÍCIOS: O projeto é relevante para a sociedade por trazer informações ainda ausentes na literatura a respeito do gergelim, além de propiciar uma nova alternativa como forma de consumo do alimento. Os resultados da pesquisa serão disponibilizados aos participantes, que ficarão cientes das vantagens e limitações do produto.

Rubrica do Participante

Rubrica do pesquisador responsável

CUSTO/REEMBOLSO PARA O PARTICIPANTE: Os participantes de pesquisa não arcarão com nenhum gasto decorrente da sua participação, assim como não receberão qualquer espécie de gratificação devido à participação na pesquisa.

CONFIDENCIALIDADE DA PESQUISA: Garantimos a privacidade e confidencialidade dos sujeitos quanto aos dados pessoais e a divulgação apenas os dados diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa.

CONSENTIMENTO:

Tendo sido esclarecido sobre os objetivos, procedimentos, riscos, desconfortos, benefícios e confidencialidade da pesquisa, onde inclusive ressalta o meu direito de dispensa a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou ônus, aceito participar desta pesquisa. Declaro que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura de Testemunha

Assinatura do Pesquisador Responsável

Contato do Pesquisador Responsável: Carlos Vinícius da Silva Barbosa Rua Sindá Félix de Lima nº 180, CEP 58051 – 821, João Pessoa-PB, Brasil. Telefones: (83) 8700-1619/93076418 E-mail: cv_vinicius17@hotmail.com

APÊNDICE C – Ficha individual para coleta de dados

Data da entrevista: ____/____/____

Identificação

Nome: _____

Sexo: _____ Data de nascimento: ____/____/____

Mensuração de medidas antropométricas

Massa corporal (Kg)	
Estatura (m)	
Dobra Cutânea Tricipital (mm)	
Dobra Cutânea Bicipital (mm)	
Dobra Cutânea Subescapular (mm)	
Dobra Cutânea Suprailíaca (mm)	
Dobra Cutânea Abdominal (mm)	
Dobra Cutânea Peitoral (mm)	
Dobra Cutânea Axilar Média (mm)	
Dobra Cutânea Coxa (mm)	
Dobra Cutânea Panturrilha Medial (mm)	

Informações referentes ao treinamento

Tempo de treino na vida (anos): _____

Tempo de treino na temporada: _____

ANEXOS

ANEXO A – Ficha para análise sensorial

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA NUTRIÇÃO**

Teste de Aceitação

Nome: _____ **Idade:** _____

E-mail: _____ **Fone:** _____

Escolaridade: _____ **Data:** ____/____/____

Você está recebendo 03 amostras codificadas de PASTA DE GERGELIM COM MEL. Prove-as da esquerda para direita e avalie sensorialmente as amostras de acordo com cada atributo e escreva o valor da escala que você considera correspondente à amostra (código) no que diz respeito aos atributos avaliados. Antes de cada avaliação, você deverá fazer uso da água e da bolacha.

- 9 – gostei muitíssimo
- 8 – gostei muito
- 7 – gostei moderadamente
- 6 – gostei ligeiramente
- 5 – nem gostei/nem desgostei
- 4 - desgostei ligeiramente
- 3 – desgostei moderadamente
- 2 – desgostei muito
- 1 – desgostei muitíssimo

ATRIBUTOS	AMOSTRAS		
	(Código)		
Aparência			
Cor			
Textura			
Aroma			
Sabor			
Avaliação Global			

Comentários: _____

Fonte: Faria e Yotsuyanagi (2002).

ANEXO B - Questionário de frequência de consumo alimentar


SALVAR


RELATÓRIO


EXCLUIR


RETORNAR

Proteínas

Carboidratos

Lípidios

Frutas

Legumes e Verduras

Suplementos

Resumo

Alimento	Medida	Qtd.	Frequência	G/Dia	PTN/Dia	CH/Dia	LIP/Dia
CARNE DE BOI COZIDA MÚSCULO							
CARNE DE PORCO ASSADA							
FILÉ DE FRANGO COZIDO							
LINGUIÇA DE PORCO FRITA							
FILÉ DE PEIXE COZIDO							
ATUM GRATED EM ÓLEO COMESTÍVEL							
CARNE MOÍDA REFOGADA							
OVO DE GALINHA GEMA COZIDA							
OVO DE GALINHA CLARA COZIDA							
CARNE BOVINA ASSADA							
CARNE DE PATO ASSADO							
MORTADELA							
CARNE DE CORDEIRO ASSADO							
CARNE DE PERU ASSADO SEM PELE SEM SAL							
ALMÔNDEGA DE CARNE BOVINA FRITA							

Observações :

Fonte: Avanutri Revolution Software Package versão 4.0.

ANEXO C – Recordatório de 24 horas

Nome: _____

Data da aplicação: ____/____/____ Dia referente: ____/____/____

Local/Horário	Alimentos	Quantidades

Fonte: Fisberg et al. (2005).

ARTIGO

O CONSUMO DE PASTA DE GERGELIM (*Sesamum indicum L.*) REDUZ PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA, INFLAMAÇÃO E DANO MUSCULAR, AUMENTANDO O DESEMPENHO DE ATLETAS DE FUTEBOL

PERIÓDICO: The Journal of Nutritional Biochemistry

ÁREA: Nutrição

QUALIS: A1

ISSN: 0955-2863

FATOR DE IMPACTO: 3.891

**O CONSUMO DE PASTA DE GERGELIM (*Sesamum indicum L.*) REDUZ
PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA, INFLAMAÇÃO E DANO MUSCULAR,
AUMENTANDO O DESEMPENHO DE ATLETAS DE FUTEBOL**

Carlos V. S. Barbosa ^a, Alexandre S. Silva ^b, Caio V. C. de Oliveira ^a, Nayara M. L. Massa ^a,
Yasmim R. F. de Sousa ^a, Whyara K. A. da Costa ^a, Ayice C. Silva ^c, Plínio Delatorre ^d,
Marciane Magnani ^e

^a Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, da Universidade Federal da Paraíba,
João Pessoa, Paraíba, Brasil.

^b Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, Departamento de Educação Física, da
Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

^c Técnico agroindustrial, assistente de pesquisa da Embrapa Algodão, Campina Grande,
Paraíba, Brasil.

^d Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular e Molecular, Departamento de Biologia
Molecular, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

^e Programa de Pós-Graduação em Ciências da Nutrição, Departamento de Engenharia de
Alimentos, da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Endereço de correspondência do autor: Rua Antônio João de Sales, número 30, Conjunto
José Feliciano, Sapé – Paraíba. Brasil. CEP: 58340-000. E-mail: cv_vinicius17@hotmail.com
Telefone: +55 (83) 8700 – 1619.

Resumo

O consumo de alimentos com propriedades antioxidantes e antiinflamatórias, como o gergelim (*Sesamum indicum L.*) pode ser uma alternativa para reduzir o desgaste físico em atletas promovido pelo exercício físico intenso. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim sobre o estresse oxidativo, inflamação e danos musculares em atletas de futebol. Em estudo randomizado placebo controlado, 19 atletas de futebol do sexo masculino com idade média de $15,8 \pm 0,4$ anos consumiram 40 gramas de pasta de gergelim ou placebo diariamente, durante quatro semanas de treinamentos normais. Antes e após a intervenção foram conduzidas avaliações antropométricas, testes funcionais e dosagens sanguíneas de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), malondialdeído (MDA) e proteína c-reativa ultra-sensível (PCR-us). As análises bioquímicas indicaram desequilíbrio fisiológico dos atletas no início do procedimento experimental. A ingestão da pasta de gergelim resultou na redução da peroxidação lipídica ($P=0,002$) e dos níveis séricos de PCR-us ($P=0,010$) e LDH ($P=0,001$), acompanhados por uma melhora da potência aeróbia ($P=0,011$) e da velocidade pico ($P=0,005$). Em contrapartida, não foram observadas alterações destes índices no grupo placebo. Para as variáveis antropométricas, velocidade de corrida do limiar de lactato e CK não foram observadas diferenças entre os grupos após a intervenção. Os resultados sugerem que o consumo de pasta de gergelim representa uma estratégia nutricional capaz de reduzir a inflamação, estresse oxidativo e reparar o tecido muscular, aumentando o desempenho de atletas de futebol, particularmente em atletas previamente desgastados.

Palavras-chave: Gergelim, Atletas, Estresse oxidativo, Malondialdeído, Desgaste muscular, Desempenho.

1. Introdução

O treinamento físico intenso é realizado por atletas como forma de promover um alto padrão de desempenho esportivo. Entretanto, quando este exercício é executado em desequilíbrio com a dieta e o período de recuperação do atleta pode promover um estado crônico de inflamação e gerar espécies reativas de oxigênio (EROs) que degradam proteínas musculares e contribuem para os sinais e sintomas de lesões como a perda de força muscular, dor muscular e extravasamento de proteínas celulares para o plasma [1,2,3].

Tendo em vista a necessidade de proteção contra o estresse oxidativo, atletas buscam alternativas através do uso de antioxidantes exógenos fornecidos pela dieta ou através de suplementos, de modo que estes interagem com antioxidantes endógenos conferindo a proteção necessária. Relatos prévios sugerem que alguns minerais como cobre, zinco e selênio, além das vitaminas E, C e beta-caroteno contribuem para o sistema de defesa antioxidante em atletas [3,4,5]. Entretanto, apesar do amplo uso de suplementos entre atletas, ainda não há um consenso quanto a verdadeira eficácia e segurança de seu consumo como recurso ergogênico. Paralelamente a esta discussão, alguns alimentos se destacam por possuir naturalmente compostos com propriedades antioxidantes como vitaminas, carboidratos e aminoácidos de cadeia ramificada que podem reduzir o estresse oxidativo, aumentar a imunocompetência e acelerar o processo de recuperação de atletas [6,7,8,9].

Neste contexto, o gergelim (*Sesamum indicum L.*) tem sido estudado, pois apresenta elevado valor nutricional, com quantidade significativa de fibras dietéticas, proteínas, antioxidantes naturais, ácidos graxos insaturados, além de vitaminas e constituintes minerais em sua composição [10]. Em adição, sua fração lipídica possui boa estabilidade oxidativa devido aos ácidos graxos constituintes e a presença de antioxidantes naturais como sesamina, sesamolina, sesamol, sesaminol e gama tocoferol [11,12]. Estas propriedades nutricionais tem sido associadas a ações antioxidantes e antiinflamatórias em indivíduos portadores de enfermidades crônicas relacionadas a disfunções no balanço oxidativo ou inflamatório [13,14,15,16,17]. No entanto, informações sobre a capacidade ergogênica do gergelim, quando administrado a atletas são escassas, ou inexistentes.

Uma vez que o treinamento intenso pode aumentar o estresse oxidativo e a atividade inflamatória de atletas, hipotetizamos que o consumo de gergelim pode resultar em ação ergogênica por melhorar estes efeitos deletérios em atletas submetidos a jornadas intensas de treinamento e competição. Considerando estes aspectos, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos do consumo de pasta de gergelim sobre o estresse oxidativo,

inflamação e danos musculares induzidos por treinamento físico de atletas futebolistas.

2. Materiais e métodos

2.1. Indivíduos e questões éticas

O estudo foi conduzido com atletas adolescentes semi-profissionais de uma equipe de futebol da primeira divisão de um campeonato estadual do Brasil. Foi iniciado com 26 atletas ($15,8 \pm 0,4$ anos) de um seletivo grupo formado com pelo menos dois anos no clube. Foram considerados como critérios de exclusão problemas osteo-mio-articulares, consumo regular de gergelim, tabagismo, intolerância a lactose, uso de medicamentos para doenças crônicas ou uso de esteróides anabólicos ou similares e inserção em período de competição. Como critérios de inclusão foram considerados o tempo de treino de pelo menos três meses na temporada atual e a participação em todas as tarefas de uma intensa rotina de treinos semanais (6 dias/semana) como forma de preparação para competições de nível nacional. Dos 26 atletas, sete foram excluídos do estudo por motivos relacionados a lesões e ausência nos treinos, sendo dois do grupo experimental e cinco do grupo placebo. Permaneceram, portanto, 19 atletas no estudo que formaram dois grupos: um experimental ($n=11$, $15,91 \pm 0,3$ anos) e um placebo ($n=8$, $15,63 \pm 0,5$ anos).

O projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos do Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), sendo aprovado sob o protocolo 04308612.2.0000.5183. Todos os participantes do estudo tiveram a autorização de seus responsáveis legais por meio da assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido para inclusão nos grupos experimentais conforme preconiza a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) que regulamenta os aspectos éticos de pesquisas envolvendo seres humanos.

2.2. Delineamento e protocolo experimental

O estudo caracterizou-se como experimental, randomizado, com placebo controlado. No dia anterior a primeira ingestão da pasta de gergelim ou placebo os atletas foram submetidos a uma avaliação física e nutricional, seguida da coleta sanguínea após 24 horas de descanso para posterior análise dos níveis séricos de creatina quinase (CK), lactato desidrogenase (LDH), malondialdeído (MDA) e proteína c-reativa ultra-sensível (PCR-us).

Durante 28 dias, os atletas consumiram 57 g de pasta de gergelim com mel (40 g de gergelim e 17 g de mel) ou placebo (40 g de pasta de amido de milho e 17 g de mel) imediatamente antes e após os treinamentos sob as vistas do pesquisador responsável; decorridas 24 horas do seu término todas as análises realizadas antes da intervenção foram repetidas.

2.3. Preparo da pasta de gergelim e placebo

A pasta de gergelim foi preparada utilizando a cultivar BRS Seda (branca) da EMBRAPA Meio-Norte (Teresina, Piauí, Brasil). As sementes foram submetidas a torrefação a 105 °C, 2 minutos e posteriormente trituradas em liquidificador (Oster®) de alta rotação durante 10 minutos para obtenção de uma pasta, a qual foi adicionada de mel de *Apis mellifera* na proporção de 17 g de mel para 40 g de pasta de gergelim. Para a preparação do placebo foi elaborada uma pasta de forma física semelhante à pasta de gergelim, composta por amido de milho e leite de vaca in natura (40 g / 150 ml) com corante artificial marrom para fins alimentícios à base de caramelo (Otkcer®, São Paulo, Brasil). A mistura foi submetida a 105 °C durante 5 minutos para que fosse então adicionado mel em quantidade idêntica aquela presente na pasta gergelim.

Análises físico-químicas (Tabela 1) e microbiológicas para garantir a inocuidade do produto foram conduzidas com a pasta de gergelim, conforme a Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [18] e a American Public Health Association (APHA) [19].

2.4. Avaliação Física e Nutricional

Os atletas incluídos no estudo foram submetidos a aferições antropométricas de massa corporal, estatura e dobras cutâneas, além de testes funcionais para determinação da velocidade de corrida do limiar de lactato de 3,5 mM (V_{3,5mM}), velocidade pico e consumo de oxigênio de pico (VO₂ pico) seguindo o protocolo de Bruce [20]. O registro alimentar foi realizado por meio do recordatório de 24 horas, aplicado semanalmente em dois dias alternados da semana e um dia no final de semana, sem considerar os produtos oferecidos no estudo. Para análise de adequação, os valores obtidos foram comparados com o valor preconizado pelas Dietary Reference Intakes (DRI's) (2002/2005) [21] e os resultados analisados com auxílio do Avanutri Revolution Software Package versão 4.0.

2.5. Protocolo de treinamento

Durante o período de intervenção, foi mantida a programação de treinamento previamente planejada para a temporada. O estudo iniciou com 35 dias de antecedência e terminou três dias antes da competição alvo. Neste período, os treinos foram voltados para o desenvolvimento da tática, força explosiva e velocidade, tendo apenas duas sessões de treinamento aeróbio (corrida de 30 minutos em intensidade moderada). Nenhum procedimento de polimento foi feito, a despeito da proximidade da competição alvo. Os treinos foram realizados com uma ou duas sessões diárias, sempre acompanhadas pelos pesquisadores envolvidos no presente estudo. A comissão técnica foi orientada a não realizar exercícios nas 24 horas que antecederam as coletas sanguíneas e reduzir em 50% a carga de treinos nos dois dias que antecederam este período de descanso para eliminar os efeitos agudos do exercício físico.

2.6. Análises sanguíneas

Para a realização dos exames, um volume de 10 ml de sangue foi coletado da veia antecubital e distribuído em tubos com e sem anticoagulante (5 ml em cada tubo). Aproximadamente 20 minutos após cada coleta, as amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos, o sobrenadante coletado e armazenado a -80 °C até o momento da análise.

Para análise de CK utilizou-se um kit comercial Labtest (Minas Gerais, Brasil). Um volume de 20 µl de plasma foi adicionado a 1 ml do reagente de trabalho, conforme instruções do fabricante, e a leitura realizada em espectrofotômetro a 340 nm. A mensuração automatizada da atividade sérica da enzima LDH foi realizada através do método enzimático, utilizando o kit comercial Labtest (Minas Gerais, Brasil) em aparelho Labmax Plenno, em comprimento de onda de 340 nm. Para avaliar a peroxidação lipídica a atividade oxidante foi quantificada por meio da reação do ácido tiobarbitúrico com os produtos de decomposição dos hidroperóxidos, sendo a leitura realizada a 532 nm. A PCR-us foi analisada pelo método imunoturbidimetria por meio do analisador bioquímico automático Cobas Mira Plus (Roche) utilizando o Reagente PCR Ultra Turbiquest Plus, com leitura a 540 nm.

2.7. Análise estatística

Os dados estão apresentados como média e desvio-padrão da média. A normalidade e homogeneidade dos dados foram previamente avaliadas por meio do teste de Shapiro-Wilks e

Levene. Para comparar as diferenças obtidas pelos tratamentos foi realizado o teste T-Student para amostras pareadas. Comparações entre os valores pré e pós-intervenção entre os grupos experimental e placebo foram feitos por meio do teste T para amostras independentes. Para todos os testes foi adotada uma margem de erro de 5%. Todos os procedimentos foram realizados com auxílio do software GraphPad Prism 4.03 para Windows (GraphPad Software, San Diego-CA, USA).

3. Resultados

3.1. Caracterização da amostra

Os atletas de futebol avaliados no presente estudo estavam em média no sétimo mês de $(6,7 \pm 1,2)$ de treinamento físico e apresentaram indícios de desgaste muscular, inflamação sistêmica e estresse oxidativo nas avaliações conduzidas 24 horas antes do início da intervenção. Na distribuição randômica em grupo experimental e placebo, não houve diferença ($p \geq 0,05$) entre os dois grupos formados para desgaste muscular, inflamação sistêmica, estresse oxidativo, composição corporal, VO_2 pico, velocidade pico e velocidade de corrida do limiar de lactato (Tabela 2). Não houve nenhum relato de sintomas como inchaço abdominal, cólica, náusea, vômito ou diarreia entre os atletas durante os 28 dias de consumo da pasta de gergelim ou do placebo.

Os recordatórios de 24 horas realizados semanalmente mostraram que os atletas não modificaram seus hábitos alimentares ao longo do estudo. Os dois grupos apresentaram similaridade quanto aos aspectos nutricionais, não sendo observadas diferenças ($p \geq 0,05$) quanto ao consumo de calorias ou substâncias antioxidantes. Os atletas apresentavam uma dieta normoglicídica, normoprotéica e normolipídica, classificada por parâmetros percentuais e hiperprotéica baseado no consumo em g/kg/dia. No entanto, os dois grupos demonstraram um consumo deficiente em vitamina A, E, zinco e cobre, enquanto apenas o grupo placebo tinha um consumo de selênio abaixo do recomendado com relação ao que preconiza as DRI's (2002/2005) [21] (Tabela 3).

3.2. Avaliação Antropométrica e testes funcionais após o período de intervenção

Após o período de intervenção não foram constatadas alterações relacionadas à composição corporal dos atletas de ambos os grupos (experimental e placebo). Uma melhora

da potência aeróbia ($p=0,011$) foi observada apenas entre os atletas do grupo que consumiu a pasta de gergelim quando comparados os dados obtidos nos períodos pré e pós-intervenção (Gráfico 1). A melhora da potência aeróbia foi acompanhada de similar incremento na velocidade pico ($p=0,005$) (Gráfico 2). Entretanto, os valores pós-intervenção do grupo experimental não diferiram daqueles observados pós-intervenção no grupo placebo e, não houve alteração na velocidade de corrida do limiar de lactato de 3,5 mM no grupo experimental ou placebo.

3.3. Influência da administração dos produtos sobre os marcadores bioquímicos

A ingestão de pasta gergelim ou placebo não afetou os níveis séricos de CK. No entanto, nos atletas do grupo que ingeriu a pasta de gergelim observou-se uma tendência de redução ($p=0,075$) dos níveis séricos de CK quando comparados com os valores obtidos antes e depois da intervenção (Tabela 4). Por outro lado, considerando os valores pré e pós-intervenção do grupo que consumiu a pasta de gergelim foi observada uma queda nos níveis da enzima LDH ($p=0,001$), o que não ocorreu no grupo placebo. Ainda, o grupo experimental terminou o estudo com valores de LDH menores ($p=0,040$) em relação ao grupo placebo (Tabela 4).

Os níveis de MDA do grupo que ingeriu a pasta de gergelim reduziram após o período experimental ($p=0,002$), diferindo do grupo placebo onde não foram encontradas alterações. De modo semelhante ao que ocorreu com a LDH, os valores de peroxidação lipídica ao final da intervenção estavam menores no grupo experimental em comparação ao grupo placebo ($p=0,023$) (Tabela 4). O consumo da pasta de gergelim também diminuiu os níveis de PCR-us ($p=0,010$), porém os valores pós-intervenção do grupo experimental não diferiram daqueles encontrados pós-intervenção para o grupo placebo (Tabela 4).

4. Discussão

Os atletas incluídos no presente estudo encontravam-se em estado de desgaste muscular, estado inflamatório sistêmico e estresse oxidativo. Este desequilíbrio fisiológico foi evidenciado pelas variáveis bioquímicas analisadas, e apesar de não ser possível constatar uma queda progressiva no desempenho ou em outros parâmetros fisiológicos no período precedente ao estudo, os valores inadequados de CK, LDH, MDA e PCR-us indicaram o desgaste fisiológico antes de iniciar o procedimento experimental, uma vez que estes

marcadores bioquímicos são comumente explorados no diagnóstico do estado fisiológico de atletas [22].

O consumo de pasta de gergelim pelos atletas reduziu o desgaste muscular, o estado inflamatório sistêmico e o estresse oxidativo, além de promover um discreto aumento da potência aeróbia e velocidade pico. A capacidade antioxidante do gergelim é atribuída a um efeito sinérgico das lignanas com a vitamina E presentes em sua composição [10]. No presente estudo, a redução dos níveis séricos de MDA dos atletas indica a capacidade do gergelim de reduzir a peroxidação lipídica concordando com o relatado em estudos anteriores realizados por Wichitsranoi e colaboradores [16] e Alipoor e colaboradores [17] com indivíduos pré-hipertensos e dislipidêmicos respectivamente. Conforme relata Sankar e colaboradores [23], os efeitos antioxidantes do gergelim ocorrem pela ação de compostos naturalmente presentes nesta semente que agem detoxificando os radicais hidroxila, conduzindo a uma redução da peroxidação lipídica.

Assim como ocorreu com os níveis de MDA, a PCR-us foi significativamente reduzida, sugerindo uma redução da resposta inflamatória nos atletas que consumiram a pasta de gergelim. A redução conjunta dos níveis inflamatórios e oxidativos pode ser explicada pela associação direta do processo inflamatório ao estresse oxidativo, uma vez que via sinalização dos fatores de transcrição e lesão celular, o estresse oxidativo gera modificações gênicas no núcleo das células agindo como um potente indutor da resposta inflamatória por alterar a síntese de citocinas, prostaglandinas, tromboxanos, leucotrienos, moléculas de adesão e quimiocinas [24]. A capacidade de antioxidantes exógenos detoxificar EROs, bloqueando a ativação desses fatores de transcrição e restringindo a extensão da resposta inflamatória é bem reconhecida [25], e com base neste conhecimento é possível hipotetizar que a redução do estresse oxidativo a partir do consumo da pasta de gergelim esteja relacionada a redução do estado inflamatório dos atletas.

Assim como ocorreu em estudos envolvendo o gergelim realizados com pessoas portadoras de enfermidades crônicas [13,14,15,16,17], as variáveis de peroxidação lipídica e inflamação também foram evidentemente melhoradas nos atletas, sugerindo efeito ergogênico do gergelim no presente estudo. Curiosamente, além destas variáveis, o desgaste muscular evidenciado pelos valores de CK e LDH também apresentou tendência a melhora (Tabela 4). Enquanto a ingestão da pasta de gergelim induziu a uma redução expressiva dos níveis de LDH, a enzima CK demonstrou apenas uma tendência à queda no grupo tratado com pasta de gergelim.

De acordo com Kourie [26], as EROs desempenham um importante papel na etiologia da lesão muscular por provocar a desestruturação deste tecido. Taghiyar e colaboradores [9] destacam que a peroxidação lipídica decorrente do aumento da produção de EROs pode levar a liberação de constituintes musculares. Os mesmos autores relatam ainda que a peroxidação lipídica pode ser suprimida com o oferecimento de substâncias antioxidantes, o que pode proteger o tecido muscular de danos ocasionados pelo exercício físico. Desta maneira, como o consumo da pasta de gergelim se mostrou capaz de reduzir a peroxidação lipídica, este mecanismo pode ser encarado como uma das possíveis razões para a redução dos marcadores de danos musculares utilizados neste estudo. Outro importante fator a ser mencionado é o fato de que a alteração na população de células inflamatórias estimuladas por exercícios intensos levam a uma maior produção de EROs [27]. Assim, a redução da inflamação sistêmica observada neste estudo pode ter propiciado melhor recuperação do tecido muscular entre os treinamentos.

Diante do estado o qual se encontravam os atletas no início do estudo, os resultados obtidos sugerem que a pasta de gergelim também seja capaz de acelerar o processo de restauração ou aumento do desempenho de atletas em condições de desequilíbrio fisiológico por ocasionar melhorias em parâmetros bioquímicos. Interessantemente, a restauração do perfil inflamatório, oxidativo e dano muscular a valores adequados foi acompanhado por melhoria do desempenho em termos de potência aeróbia e velocidade pico, embora não tenha sido observada alteração na velocidade de corrida para 3,5 mM. Durante o estudo, os atletas se encontravam em período pré-competitivo, com baixo volume de treino, não havendo prioridade de treinamento visando a melhoria do condicionamento aeróbio. Portanto, estes fatos não justificam qualquer melhora da potência aeróbia via treinamento, como suportado pelos valores de VO_2 pico inalterados no grupo placebo, sugerindo a melhoria do estado fisiológico como explicação para as mudanças observadas nos índices do grupo experimental. Estes dados corroboram com estudos realizados por Achten e colaboradores [28] e Halson e colaboradores [29] que demonstram que a restauração do desempenho é acompanhada pela redução de outros sintomas que acometem indivíduos em estado de desequilíbrio fisiológico.

Diversos alimentos como leite achocolatado [30,31], chá verde [32,33], uva [34], tomate [35], óleo de peixe [36], ginseng [37,38,39], gengibre e canela [40,41] têm sido alvo de investigações quanto a sua capacidade de prevenir ou atenuar o efeitos deletérios provocados pelo exercício intenso. No entanto, diferente do presente estudo, grande parte dos estudos citados basearam-se em protocolos de exercícios extenuantes de caráter agudo, não respondendo desta forma seus reais efeitos em situações crônicas. Portanto, o presente estudo

sugere o gergelim como um alimento com poder ergogênico capaz de melhorar o perfil inflamatório, estresse oxidativo e promover reparo do tecido muscular. É interessante ressaltar que os resultados do presente estudo mostram melhoras em atletas fisiologicamente desgastados e que embora tais resultados não possam ser extrapolados para atletas em condições fisiológicas normais, o consumo de gergelim permitiu restaurar um estado de desgaste fisiológico, que sustentado por longo período pode provocar a síndrome de *overtraining*, um importante problema entre atletas. Ainda, considerando que estudos envolvendo a suplementação de atletas em estado de adequação nutricional satisfatória com compostos antioxidantes não tenham evidenciado melhoras no desempenho físico destes atletas [4,42], é possível que o estado de carência de nutrientes antioxidantes em que se encontravam os atletas envolvidos no presente estudo tenha influenciado na resposta positiva observada no grupo que ingeriu a pasta de gergelim.

Em conclusão, os resultados do presente estudo sugerem que o consumo de pasta de gergelim pode ser uma estratégia nutricional capaz de melhorar o perfil inflamatório, reduzir o estresse oxidativo e reparar o tecido muscular, aumentando o desempenho físico de atletas de futebol, em particular atletas previamente desgastados.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro durante a pesquisa.

Referências

- [1] Armstrong LE, VanHeest JL. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Med.* 2002;32:185-209.
- [2] Venkatraman JT, Pendergast DR. Effect of dietary intake on immune function in athletes. *Sports Med.* 2002;32:323-37.
- [3] Bloomer RJ, Falvo MJ, Schilling BK, Smith WA. Prior exercise and antioxidant supplementation: effect on oxidative stress and muscle injury. *J Int Soc Sports Nutr.* 2007;4:9.
- [4] Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2 Suppl):637S-46S.

- [5] Machefer G, Groussard C, Vincent S, Zouhal H, Faure H, Cillard J, Radák Z, Gratas-Delamarche A. Multivitamin-Mineral Supplementation Prevents Lipid Peroxidation during “The Marathon des Sables”. *J Am Coll Nutr.* 2007;26:111-20.
- [6] Scharhag J, Meyer T, Auracher M, Gabriel HH, Kindermann W. Effects of graded carbohydrate supplementation on the immune response in cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38:286-92.
- [7] McAnulty SR, McAnulty LS, Morrow JD, Nieman DC, Owens JT, Carper CM. Influence of carbohydrate, intense exercise, and rest intervals on hormonal and oxidative changes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2007;17:478-90.
- [8] Matsumoto K, Koba T, Hamada K, Sakurai M, Higuchi T, Miyata H. Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program. *J Sports Med Phys Fitness.* 2009;49:424-31.
- [9] Taghiyar M, Darvishi L, Askari G, Feizi A, Hariri M, Mashhadi NS, Ghiasvand R. The effect of vitamin C and e supplementation on muscle damage and oxidative stress in female athletes: a clinical trial. *Int J Prev Med.* 2013;4(Suppl 1):S16-23.
- [10] Namiki M. Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2007;47:651-73.
- [11] Fukuda Y, Nagata M, Osawa T, Namiki M. Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric Biol Chem.* 1986;50:857-62.
- [12] Yoshida H. Composition and quality characteristics of sesame seed (*Sesame indicum*) oil roasted at different temperatures in an electric oven. *J Sci Food Agric.* 1994;65:331-6.
- [13] Utsunomiya T, Shimada M, Rikimaru T, Hasegawa H, Yamashita Y, Hamatsu T, Yamasaki M, Kaku S, Yamada K, Sugimachi K. Antioxidant and anti-inflammatory effects of a diet supplemented with sesamin on hepatic ischemia-reperfusion injury in rats. *Hepatogastroenterology.* 2003;50:1609-13.
- [14] Sankar D, Rao MR, Sambandam G, Pugalendi KV. Effect of Sesame Oil on Diuretics or β -blockers in the Modulation of Blood Pressure, Anthropometry, Lipid Profile, and Redox Status. *Yale J Biol Med.* 2006;79:19-26.

[15] Wu WH, Kang YP, Wang NH, Jou HJ, Wang TA. Sesame Ingestion Affects Sex Hormones, Antioxidant Status, and Blood Lipids in Postmenopausal Women. *J Nutr.* 2006;136:1270-5.

[16] Wichitsranoi J, Weerapreeyakul N, Boonsiri P, Settasatian C, Settasatian N, Komanasin N, Sirijaichingkul S, Teerajetgul Y, Rangkadilok N, Leelayuwat N. Antihypertensive and antioxidant effects of dietary black sesame meal in pre-hypertensive humans. *Nutr J.* 2011;10:82.

[17] Alipoor B, Haghighian MK, Sadat BE, Asghari M. Effect of sesame seed on lipid profile and redox status in hyperlipidemic patients. *Int J Food Sci Nutr.* 2012;63:674-8.

[18] AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. Washington, 2005. 1018 p.

[19] APHA. American Public Health Association. Cependium of methods for the microbiological examination of foods. 4 ed, Washignton: APHA, 2001. 676 p.

[20] Bruce RA, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 1973;85:546-62.

[21] Otten JJ, Hellwig JP, Meyers LD. Dietary Reference Intake: the essential guide to nutrient. Requirements. Washington: The National Academies Press; 2006.

[22] Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, Raglin J, Rietjens G, Steinacker J, Urhausen A; European College of Sport Science; American College of Sports Medicine. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45:186-205.

[23] Sankar D, Sambandam G, Ramakrishna Rao M, Pugalendi KV. Modulation of blood pressure, lipid profiles and redox status in hypertensive patients taking different edible oils. *Clin Chim Acta.* 2005;355:97-104.

[24] Haddad JJ. Antioxidant and prooxidant mechanism in the regulation of redox(y)-sensitve transcription factors. *Cell Signal.* 2002;14:879-97.

[25] Askari G, Ghasvand R, Feizi A, Ghanadian SM, Karimian J. The effect of quercetin supplementation on selected markers of inflammation and oxidative stress. *J Res Med Sci.* 2012;17:637-41.

- [26] Kourie JJ. Interaction of reactive oxygen species with ion transport mechanism. *Am J Physiol*. 1998;275:C1-24.
- [27] Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress: relationship with exercise and training. *Sports Med*. 2006;36:327-58.
- [28] Achten J, Halson SL, Moseley L, Rayson MP, Casey A, Jeukendrup AE. Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *J Appl Physiol*. 2004;96:1331-40.
- [29] Halson SL, Lancaster GI, Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Effects of carbohydrate supplementation on performance and carbohydrate oxidation after intensified cycling training. *J Appl Physiol*. 2004;97:1245-53.
- [30] Karp JR, Johnston JD, Tecklenburg S, Mickleborough TD, Fly AD, Stager JM. Chocolate milk as a post-exercise recovery aid. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2006;16:78-91.
- [31] Pritchett K, Pritchett R. Chocolate milk: a post-exercise recovery beverage for endurance sports. *Med Sport Sci*. 2012;59:127-34.
- [32] Eichenberger P, Mettler S, Arnold M, Colombani PC. No effects of three-week consumption of a green tea extract on time trial performance in endurance-trained men. *Int J Vitam Nutr Res*. 2010;80:54-64.
- [33] Jówko E, Sacharuk J, Balasinska B, Wilczak J, Charmas M, Ostaszewski P, Charmas R. Effect of a single dose of green tea polyphenols on the blood markers of exercise-induced oxidative stress in soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2012;22:486-96.
- [34] Gonçalves MC, Bezerra FF, Eleutherio EC, Bouskela E, Koury J. Organic grape juice intake improves functional capillary density and postocclusive reactive hyperemia in triathletes. *Clinics (Sao Paulo)*. 2011;66:1537-41.
- [35] Tsitsimpikou C, Kioukia-Fougia N, Tsarouhas K, Stamatopoulos P, Rentoukas E, Koudounakos A, Papalexis P, Liesivuori J, Jamurtas A. Administration of tomato juice ameliorates lactate dehydrogenase and creatinine kinase responses to anaerobic training. *Food Chem Toxicol*. 2013.

- [36] Santos VC, Levada-Pires AC, Alves SR, Pithon-Curi TC, Curi R, Cury-Boaventura MF. Effects of DHA-rich fish oil supplementation on lymphocyte function before and after a marathon race. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2013;23:161-9.
- [37] Gaffney BT, Hügel HM, Rich PA. The effects of *Eleutherococcus senticosus* and *Panax ginseng* on steroidal hormone indices of stress and lymphocyte subset numbers in endurance athletes. *Life Sci.* 2001;70:431-42.
- [38] Youl Kang H, Hwan Kim S, Jun Lee W, Byrne HK. Effects of ginseng ingestion on growth hormone, testosterone, cortisol, and insulin-like growth factor 1 responses to acute resistance exercise. *J Strength Cond Res.* 2002;16:179-83.
- [39] Jung HL, Kwak HE, Kim SS, Kim YC, Lee CD, Byurn HK, Kang HY. Effects of *Panax ginseng* supplementation on muscle damage and inflammation after uphill treadmill running in humans. *Am J Chin Med.* 2011;39:441-50.
- [40] Mashhadi NS, Ghiasvand R, Hariri M, Askari G, Feizi A, Darvishi L, Hajishafiee M, Barani A. Effect of ginger and cinnamon intake on oxidative stress and exercise performance and body composition in Iranian female athletes. *Int J Prev Med.* 2013;4(Suppl 1):S31-5.
- [41] Mashhadi NS, Ghiasvand R, Askari G, Feizi A, Hariri M, Darvishi L, Barani A, Taghiyar M, Shiranian A, Hajishafiee M. Influence of ginger and cinnamon intake on inflammation and muscle soreness endured by exercise in Iranian female athletes. *Int J Prev Med.* 2013;4(Suppl 1):S11-5.
- [42] Franca GAM, Silva AS, Costa MJC, Júnior JSM, Nóbrega TKS, Gonçalves MCR, Asciutti LSR. Spirulina does not decrease muscle damage nor oxidative stress in cycling athletes with adequate nutritional status. *Biol Sport.* 2010;27:249-53.

Tabela 1

Composição nutricional da pasta de gergelim com mel (por 100 g) oferecida aos atletas participantes do estudo

Componente^a	Pasta de gergelim com mel
Valor Energético Total (Kcal)	568
Umidade (%)	9,96
Lipídios (%)	51,58
Proteínas (%)	20,88
Açúcares Totais (%)	4,88
Fibras Solúveis (%)	19,35
Fibras Insolúveis (%)	1,88
Cinzas (%)	3,35
Acidez Titulável (%)	0,05
pH	5,96 / 27,65 °C

^a Componentes com resultados obtidos por meio de análises em duplicata.

Tabela 2

Características dos atletas antes do período de intervenção.

Variável	Grupo Experimental (n = 11)	Grupo Placebo (n = 8)	P
Peso (Kg)	70,08 ± 4,52	68,02 ± 5,73	0,393
Altura (cm)	179,6 ± 7,47	174,1 ± 6,04	0,102
Índice de Massa Corporal (Kg/m ²)	21,77 ± 1,51	22,45 ± 1,46	0,336
Gordura corporal (%)	12,45 ± 2,14	13,76 ± 1,98	0,190
VO ₂ pico (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	52,47 ± 9,10	52,61 ± 4,71	0,969
Velocidade Pico (km.h ⁻¹)	16,00 ± 1,33	16,25 ± 0,71	0,639
V3,5mM (km.h ⁻¹)	12,02 ± 2,01	12,04 ± 2,33	0,985
CK (U/L)	775,7 ± 321,8	515,9 ± 433,4	0,151
LDH (U/L)	537,4 ± 193,1	516,1 ± 231,4	0,830
MDA (μmol/L)	1,8 ± 1,0	1,8 ± 0,5	0,893
PCR-us (mg/dL)	0,366 ± 0,331	0,147 ± 0,184	0,112

VO₂ pico: Consumo de oxigênio de pico; V3,5mM: Velocidade de corrida do limiar de lactato de 3,5 mM; CK: Creatina quinase; LDH: Lactato desidrogenase; MDA: Malondialdeído; PCR-us: Proteína c-reativa ultra-sensível. Dados estão descritos como Média ± Desvio Padrão da Média.

Tabela 3

Consumo alimentar dos atletas envolvidos no estudo

Variáveis	Grupo Experimental (n = 11)	Grupo Placebo (n = 8)	P
Valor Energético Total (Kcal)	2470 ± 810,4	2993 ± 703,7	0,161
Carboidratos (g/kg/dia)	5,13 ± 1,6	6,53 ± 2,18	0,125
Carboidratos (%)	58,44 ± 4,13	57,71 ± 4,36	0,713
Proteínas (g/kg/dia)	1,39 ± 0,43	1,59 ± 0,39	0,299
Proteínas (%)	14,92 ± 2,69	14,78 ± 3,03	0,919
Lipídios (g/kg/dia)	1,06 ± 0,42	1,35 ± 0,36	0,129
Lipídios (%)	26,64 ± 3,54	27,61 ± 3,68	0,570
Vitamina A (RE)	*789,8 ± 1480	*698,4 ± 421,2	0,868
Vitamina C (mg)	677,5 ± 809,5	486 ± 415,3	0,553
Vitamina E (mg)	*9,73 ± 5,15	*10,95 ± 6,3	0,658
Cobre (mcg)	*0,87 ± 0,59	*0,74 ± 0,29	0,566
Zinco (mg)	*7,53 ± 3,87	*8,84 ± 2,03	0,398
Selênio (mcg)	57,05 ± 24,8	*52,61 ± 22,05	0,692

Recomendação alimentar diária de nutrientes antioxidantes pelas DRI's (2002/2005):

Vitamina A: 900 RE; Vitamina C: 75 mg; Vitamina E: 15 mg; Cobre: 890 mcg; Zinco: 11 mg; Selênio: 55 mcg. *Indica valores abaixo do recomendado. Dados estão descritos como Média ± Desvio Padrão da Média.

Tabela 4

Parâmetros bioquímicos dos atletas antes e após a intervenção

Variáveis	Pasta de gergelim (n = 11)		Placebo (n = 8)	
	Antes	Depois	Antes	Depois
CK (U/L)	775,7 ± 321,8	445,4 ± 458,1	515,9 ± 433,4	584,3 ± 287,1
LDH (U/L)	537,4 ± 193,1	315,0 ± 98,1 ^{a b}	516,1 ± 231,4	425,0 ± 118,0
MDA (μmol/L)	1,8 ± 1,0	0,7 ± 0,2 ^{a b}	1,8 ± 0,5	1,3 ± 0,1
PCR-us (mg/dL)	0,366 ± 0,331	0,072 ± 0,086 ^a	0,147 ± 0,184	0,049 ± 0,054

CK: Creatina quinase; LDH: Lactato desidrogenase; MDA: Malondialdeído; PCR-us: Proteína c-reativa ultra-sensível. Dados estão descritos como Média ± Desvio Padrão da Média. ^a Indica $p < 0,05$ em relação ao período pré-intervenção. ^b Indica $p < 0,05$ em relação ao grupo placebo.

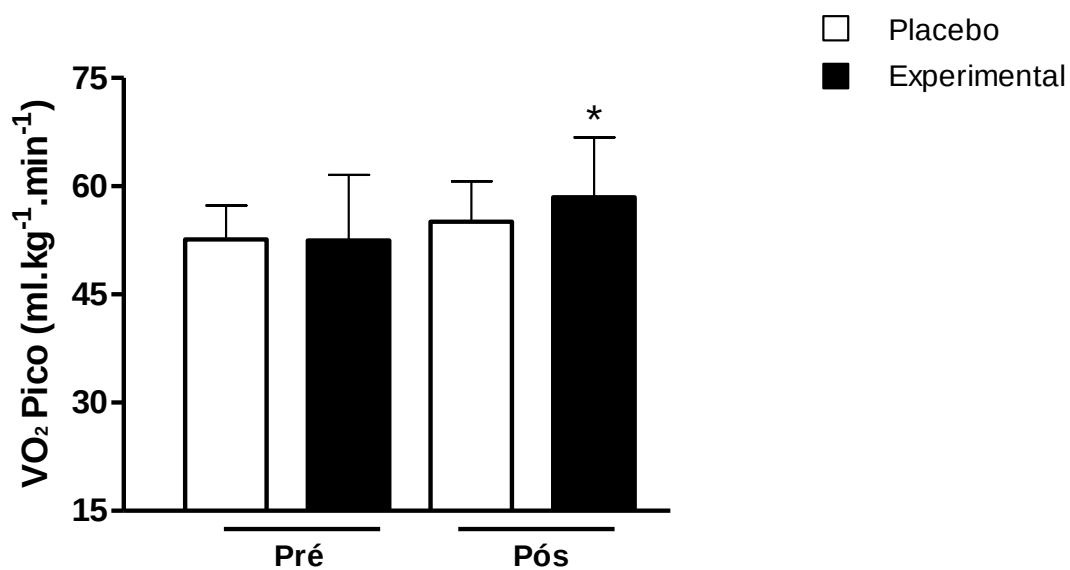


Gráfico 1. Aumento da potência aeróbia do grupo tratado com pasta de gergelim. Dados estão descritos como Média $\pm$ Desvio Padrão da Média. * Indica $p < 0,05$ em relação ao período pré-intervenção do grupo experimental.

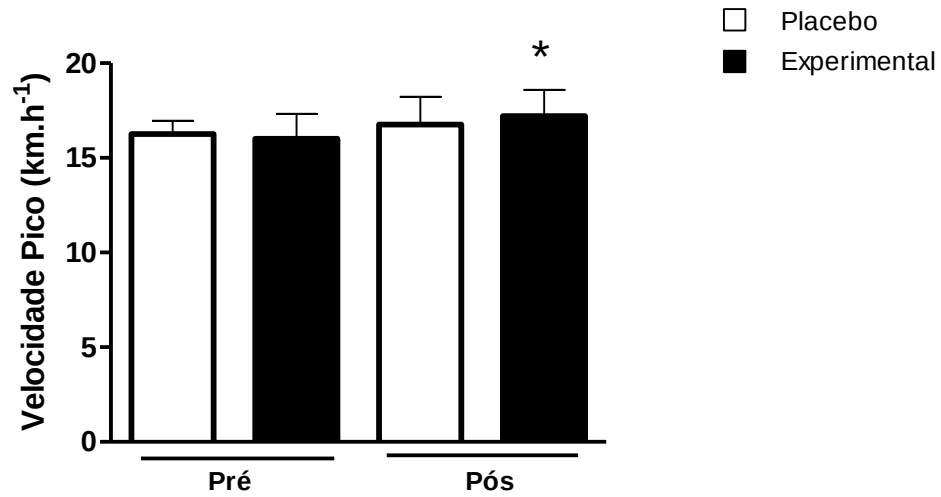


Gráfico 2. Aumento da velocidade pico do grupo tratado com pasta de gergelim. Dados estão descritos como Média $\pm$ Desvio Padrão da Média. * Indica $p < 0,05$ em relação ao período pré-intervenção do grupo experimental.