



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**CAMPUS SOBRAL**

**FACULDADE DE MEDICINA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**YARA NARA GUILHERME MESQUITA DE ANDRADE**

**EFEITOS DA INGESTÃO DO SUCO DE ACEROLA EM MULHERES  
SUBMETIDAS A UM TREINO ESPECÍFICO DE  
TREINAMENTO FUNCIONAL DE ALTA INTESIDADE**

**SOBRAL**

**2023**

**YARA NARA GUILHERME MESQUITA DE ANDRADE**

**EFEITOS DA INGESTÃO DO SUCO DE ACEROLA EM MULHERES  
SUBMETIDAS A UM TREINO ESPECÍFICO DE  
TREINAMENTO FUNCIONAL DE ALTA INTESIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra. Área de concentração: Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Luíz Vieira da Silva Neto.

**SOBRAL**

**2023**

**YARA NARA GUILHERME MESQUITA DE ANDRADE**

**EFEITOS DA INGESTÃO DO SUCO DE ACEROLA EM MULHERES  
SUBMETIDAS A UM TREINO ESPECÍFICO DE  
TREINAMENTO FUNCIONAL DE ALTA INTESIDADE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra. Área de concentração: Biotecnologia.

Orientadora: Prof. Dr. Luiz Vieira da Silva Neto.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luiz Vieira da Silva Neto (Orientador)  
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

---

Profa. Dra. Lissiana Magna Vasconcelos Aguiar  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Enrico Fuini Puggina  
Universidade de São Paulo (USP)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A571e Andrade, Yara Nara Guilherme Mesquita de.  
Efeitos da ingestão do suco de acerola em mulheres submetidas a um treino específico de treinamento funcional de alta intensidade / Yara Nara Guilherme Mesquita de Andrade. – 2023.  
29 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Sobral, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Sobral, 2023.  
Orientação: Prof. Dr. Luiz Vieira da Silva Neto.
1. Acerola. 2. Treinamento funcional de alta intensidade. 3. Exercício. I. Título.
- CDD 660.6
-

A Deus.

À minha mãe Francisca, ao meu esposo Ticiano e ao meu  
filho Gabriel.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força e serenidade nos momentos de fragilidade e dificuldades.

Ao professor Luiz Vieira da Silva Neto, meu orientador, pela demonstração de apoio e disponibilidade, pelo aconselhamento preciso e pelo estímulo constante, os quais contribuíram significativamente para intensificar o desafio e aprimorar a profundidade e a clareza da pesquisa, sou grata pela sua amizade.

Aos queridos professores Enrico e Lissiana que estão conosco nesta banca, pelo tempo concedido, pelas pertinentes considerações e pelo conhecimento repassado!!

De forma incondicional, ao meu esposo Ticiano e ao meu filho Gabriel, que suportaram minha ausência com amor, incentivo e paciência, fazendo-me acreditar que sou capaz de mais do que posso imaginar.

À minha mãe e aos meus dois irmãos, pelo amor, carinho e atenção que sempre me dedicaram.

À minha amiga Bruna Linhares, grande incentivadora para o início dessa caminhada, segurou firme, me apoiou e não me deixou desistir.

À minha amiga Tatiana Albuquerque, que por tantas vezes me ajudou a organizar coletas e análises, sendo essencial para o sucesso de todas as etapas da pesquisa.

Ao meu colega de trabalho, Ricardo Canafístula, que me apoiou e organizou minha carga horária no trabalho de modo que eu conseguisse conciliar com o mestrado.

Aos meus amigos Francisco, Felipe, Klinger, Maycon, Waldir, Ingrid e Dânio, pelo apoio e auxílio durante todo o processo, sobretudo no momento das coletas, estiveram comigo e fizeram tudo acontecer da melhor forma possível.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Desempenho e Saúde no Esporte (GEPDSE) pelo acolhimento, auxílio, troca e apoio nessa caminhada!

A toda a equipe de colaboradores da UFC e UVA que sempre foram muito gentis e me auxiliaram nesses anos.

Às voluntárias, pelo tempo concedido e pela participação valiosa no estudo.

## RESUMO

A acerola destaca-se por possuir alto teor de ácido ascórbico e de flavonoides, que possuem propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Os efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes da acerola já foram demonstrados *in vitro* e *in vivo*. Porém, ao que se sabe, ainda não foram investigados os efeitos da suplementação com suco de acerola na prática de exercício. O treinamento funcional de alta intensidade (HIFT) é organizado em sessões diárias, que consistem em uma combinação de movimentos funcionais de ginástica, levantamento de peso, força e resistência, com pouco ou nenhum tempo de recuperação. O dinamismo e a melhora da aptidão física têm sido essenciais para o aumento de sua popularidade, com grande adesão, motivação e envolvimento dos participantes. Entretanto, a prática de HIFT resulta em estresse metabólico substancial, levando à perturbação no sistema imunológico. Apesar da crescente popularidade e da alta demanda energética inerente a esta modalidade, ainda existem lacunas a respeito de suplementação que possam atenuar as respostas imunológicas e melhorar o desempenho dos participantes. Diversas estratégias nutricionais são utilizadas para melhorar o desempenho de praticantes, no entanto, a maioria delas é empírica e carece de evidências científicas. Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos de seis dias de suplementação com suco de acerola em mulheres praticantes de HIFT. Ao todo, 16 mulheres participaram do estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. As voluntárias consumiram seis doses de suco de acerola (ACE) ou de uma bebida placebo (PLA) durante cinco dias que antecederam o treino teste e no dia do teste duas horas antes do treino. O treino teste consistiu em cinco minutos de aquecimento, seguido pelo máximo de repetições realizadas em 20 minutos, da combinação de 5 *pull-ups*, 10 *push-ups* e 15 *squats*. A contagem do total de repetições não diferiu significativamente entre os grupos. Porém, houve diferença nas respostas hematológicas. O grupo que consumiu ACE apresentou maior valor na contagem de hemácias, hemoglobina e hematócrito após a suplementação, enquanto o grupo PLA demonstrou maior suscetibilidade às perturbações na série vermelha provocadas pelo exercício. A contagem global e diferencial de leucócitos não foi alterada nem pelo exercício e nem pela suplementação. Assim, a suplementação com suco de acerola melhorou parâmetros da série vermelha do sangue, porém não influenciou na resposta leucocitária e nem no desempenho.

**Palavras-chave:** Acerola; Treinamento funcional de alta intensidade; Exercício.

## ABSTRACT

Acerola stands out for its high content of ascorbic acid and flavonoids. Flavonoids have antioxidant and chelating properties. The anti-inflammatory and antioxidant effects of acerola have already been demonstrated *in vitro* and *in vivo*. However, to our knowledge, the effects of acerola juice supplementation on exercise have not yet been investigated. High-intensity functional training is organized into daily sessions consisting of a combination of functional gymnastic movements, weight lifting, strength and endurance, with little or no recovery time. The dynamism and improvement in physical fitness have been key to its increasing popularity, with great adherence, motivation and involvement from participants. However, the practice of HIFT results in substantial metabolic stress, leading to disturbances in the immune system. Despite the growing popularity and high energy demand inherent in this sport, there are still gaps in supplementation that can attenuate immune responses and improve performance. Various nutritional strategies are used to improve the sports performance of practitioners, however, most of them are empirical and lack scientific evidence. Thus, we aimed to evaluate the effects of six days of acerola juice supplementation on women practicing HIFT. Sixteen women took part in the randomized, double-blind, placebo-controlled study. The volunteers consumed six doses of acerola juice (ACE) or a placebo drink (PLA) during 5 days prior to the test workout and two hours before the workout. The test workout consisted of a 5-minute warm-up, followed by the maximum number of repetitions performed in 20 minutes of a combination of 5 pull-ups, 10 push-ups and 15 squats. The total number of repetitions did not differ significantly between the groups. However, there was a difference in the hematological responses. The group that consumed ACE had a higher number of red blood cells, hemoglobin and hematocrit after five days of supplementation. The PLA group was more susceptible to red blood cell disorders caused by exercise. The overall and differential leukocyte count was not altered by either exercise or supplementation. Thus, supplementation with acerola juice improved parameters of the red blood series, but did not influence the leukocyte response and performance.

**Keywords:** Acerola; High-intensity functional training, Exercise.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** - Diferenças entre grupo experimental e placebo; e momentos 19  
experimentais, das variáveis Hemácias, Hemoglobina e Hematócrito. #  
diferença estatisticamente significativa para  $p \leq 0,05$  entre momentos  
experimentais.
- Figura 02** - Diferenças entre grupo experimental e placebo; e momentos 22  
experimentais, das variáveis Volume Corpuscular Médio (VCM),  
Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de hemoglobina  
Corpuscular Média (CHCM). # diferença estatisticamente significativa para  
 $p \leq 0,05$  entre momentos experimentais.
- Figura 03** - Diferenças entre grupo experimental e placebo; e momentos 23  
experimentais, das variáveis Volume Corpuscular Médio (VCM),  
Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de hemoglobina  
Corpuscular Média (CHCM). # diferença estatisticamente significativa para  
 $p \leq 0,05$  entre momentos experimentais.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 01** - Características da amostra (n=16) (média  $\pm$  desvio padrão). 19
- Tabela 02** - Média e desvio padrão ( $\pm$ ) das variáveis Plaquetas, MPV, PDW e PCT dos 23  
grupos experimental e placebo, de acordo com o momento experimental.
- Tabela 03** - Média e desvio padrão ( $\pm$ ) das variáveis Leucócitos, Basófilos, Neutrófilos, 24  
Linfócitos e Monócitos dos grupos experimental e placebo, de acordo com  
o momento experimental.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Acerola: origem e importância econômica</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Propriedades funcionais da acerola</b>	<b>11</b>
<b>2.3</b>	<b>Exercício de alta intensidade e resposta imunológica</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>ARTIGO</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>RESUMO</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ABSTRACT</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Amostra</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Desenho experimental</b>	<b>19</b>
<b>5.3</b>	<b>Suco de Acerola (ACE) e Bebida Placebo (PLA)</b>	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Treino teste</b>	<b>20</b>
<b>5.5</b>	<b>Coleta de sangue</b>	<b>20</b>
<b>5.6</b>	<b>Parâmetros hematológicos</b>	<b>20</b>
<b>5.7</b>	<b>Análise Estatística</b>	<b>20</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>21</b>
<b>6.1</b>	<b>Parâmetros hematológicos</b>	<b>21</b>
<b>6.1.1</b>	<b>Hemácias, Hemoglobina (Hb) e Hematócrito (Ht)</b>	<b>21</b>
<b>6.2</b>	<b>Índices hematimétricos</b>	<b>22</b>
<b>6.3</b>	<b>Plaquetas</b>	<b>23</b>
<b>6.4</b>	<b>Série branca</b>	<b>23</b>
<b>6.5</b>	<b>Desempenho</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>LIMITAÇÕES DO ESTUDO</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>25</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>26</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A acerola, também denominada *Malpighia emarginata*, é uma fruta tropical com cultivo bastante desenvolvido no Brasil, que se destaca por explorá-la bem comercialmente e por ter estabelecido um mercado estruturado de base agroindustrial (ASSIS et al., 2008). No âmbito internacional, o mercado da acerola tem crescido de forma considerável nos Estados Unidos, no Japão e na Europa, principalmente na apresentação de suplementos alimentares e bebidas (BELWAL et al., 2018; PRAKASH; BASKARAN, 2018).

Há um aumento de interesse por esta fruta entre a comunidade científica e a indústria farmacêutica nos últimos anos, devido à sua composição rica em ácido ascórbico, ácido málico, fitonutrientes como fenólicos, antocianinas e flavonoides (PRAKASH; BASKARAN, 2018; FERREIRA et al., 2021).

Tanto os compostos polifenólicos quanto o ácido ascórbico apresentam atividades antioxidantes (AOX) que já foram demonstradas *in vitro* (HANAMURA; HAGIWARA; KAWAGISHI, 2005; XU et al., 2020a; FERREIRA et al., 2021) e *in vivo* (DIAS et al., 2014; LEFFA et al., 2014; HU et al., 2020). Além disso, a acerola também tem atividade anti-inflamatória e antifadiga (KLOSTERHOFF et al., 2018).

Mesmo diante das propriedades funcionais da acerola, o efeito da suplementação com esta fruta em praticantes de exercício ainda não foi investigado.

O treinamento funcional é uma modalidade de exercícios que vem ganhando popularidade e é organizado em sessões diárias de curta duração, com combinações constantemente variadas e de alta intensidade (QUARESMA; MARQUES; NAKAMOTO, 2021). O exercício intenso aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio (EROS), reduz a capacidade antioxidante enzimática total, o que gera estresse oxidativo e regula a resposta imunológica (KLISZCZEWICZ et al., 2015). A resposta imunológica ao exercício intenso é caracterizada por leucocitose, aumento de citocinas e por alterações na série vermelha do sangue (CERQUEIRA et al., 2020).

Apesar das medidas fisiológicas revelarem a natureza intensa de treinos de HIFT, os dados de intervenção sobre estratégias nutricionais e de suplementação para otimizar o desempenho dos praticantes são limitados (QUARESMA; MARQUES; NAKAMOTO, 2021).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da suplementação do suco de acerola no desempenho e nos parâmetros hematológicos em mulheres praticantes de HIFT após um treino específico.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Acerola: origem e importância econômica

A acerola é também conhecida como cereja de Barbados ou cereja das Índias Ocidentais e, cientificamente, é denominada por *Malpighia emarginata* DC., *Malpighia glabra* L. ou *Malpighia puniceifolia* L., porém *Malpighia emarginata* é o mais aceito pelos taxonomistas (ASSIS et al., 2008).

*Malpighia emarginata* é uma fruta tropical, cultivada a partir do sul do Texas, passando pelo México e pela América Central até o norte da América do Sul e em todo o Caribe, tendo sido introduzida, mais recentemente, nas áreas subtropicais (Ásia, Índia e América do Sul); entretanto, somente o Brasil desenvolveu amplamente o seu cultivo (ASSIS et al., 2008).

Segundo o censo agro de 2017, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), o Brasil possui 5.753 hectares de área de colheita de acerola, distribuídos em 6.646 estabelecimentos, produzindo 60.966 toneladas, sendo o país com maior produção e exportação de acerola comercial. As áreas de cultivo de acerola estão espalhadas por quase todas as regiões, sendo que o Nordeste possui maior produção, pois as condições climáticas e de solo, caracterizadas como semiárido tropical, possibilitam a colheita da acerola várias vezes ao longo do ano (FERREIRA et al., 2021). Os estados de Pernambuco e Ceará destacam-se a nível nacional como as maiores áreas de cultivo no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017).

O mercado da acerola tem crescido de forma considerável nos Estados Unidos, no Japão e na Europa, principalmente na apresentação suplementos alimentares e bebidas. Em 2016, foram responsáveis por aproximadamente 27% e 22%, respectivamente, do mercado total do extrato de acerola (BELWAL et al., 2018; PRAKASH; BASKARAN, 2018).

### 2.2 Propriedades funcionais da acerola

A acerola tem ganhado espaço tanto na indústria farmacêutica quanto na comunidade científica, devido ao seu alto valor nutracêutico. Esta fruta destaca-se pelo elevado teor de ácido ascórbico (1,18 g a 2,43 g /100 g), além de aminoácidos, minerais e compostos bioativos, como carotenoides, compostos fenólicos, licopeno e antocianinas (XU et al., 2020b; FERREIRA et al., 2021; PAIVA et al., 2023).

Nos seres humanos, foi observado que a vitamina C encontrada no suco de acerola possui maior absorção e menor excreção em comparação com o ácido ascórbico isolado. Isso

indica que os flavonoides presentes na fruta afetam positivamente esses dois processos farmacocinéticos do ácido ascórbico, sugerindo que o suco de acerola é uma fonte eficaz dessa vitamina (UCHIDA et al., 2011).

Em células Caco-2 incubadas com ácido ascórbico isolado e na forma de suco de acerola, foi obtida maior concentração de ácido ascórbico nas células incubadas com suco de acerola. Além disso, foi demonstrado que os polifenóis quercetina e cianidina-3-glicosídeo aumentam a expressão do gene do transportador de vitamina C dependente de sódio (SVCT 1), sugerindo que os polifenóis da acerola aumentam a expressão do gene SVCT1 em células Caco-2 e promovem a captação de ácido ascórbico (TAKINO et al., 2020).

Os compostos bioativos presentes na acerola já foram bem caracterizados e demonstram propriedades antioxidantes (FERREIRA et al., 2021; DZIALO et al., 2023; PAIVA et al., 2023), anti-inflamatórias (MIN et al., 2007; GONZALEZ et al., 2020) e imunomoduladoras (PELUSO et al., 2015).

Nos estudos *in vitro*, a acerola revela sua atividade antioxidante tanto através de seus compostos totais, presentes na polpa (PAIVA et al., 2023), quanto na forma isolada de polifenóis e antocianinas, que demonstraram capacidade de neutralizar o ânion superóxido, caracterizando assim sua atividade antioxidante (HANAMURA; HAGIWARA; KAWAGISHI, 2005).

Já nas pesquisas *in vivo*, foi possível constatar as propriedades antioxidantes do suco de acerola por meio da investigação em camundongos que consumiram uma dieta de cafeteria. Nesse sentido, os resultados revelaram que o suco apresenta um potencial antioxidante maior do que a vitamina C pura e a rutina isolada (LEFFA et al., 2014). De forma semelhante, o subproduto da acerola demonstrou maior potencial de redução da inflamação comparado ao fenofibrato em ratos que seguiram uma dieta rica em gordura (BATISTA et al., 2023). O suco de acerola também foi capaz de reduzir a inflamação de baixo grau e de melhorar os processos lipolíticos associados à obesidade. Isso foi observado pela redução nos níveis de triglicerídeos e pelo aumento da relação IL-10/TNF- $\alpha$  no tecido adiposo de ratos (DIAS et al., 2014; HU et al., 2020).

Diante da rica e sinérgica composição da acerola que lhe confere características funcionais, espera-se que esta fruta seja uma candidata potencial para suplementos dietéticos (XU et al., 2020b).

### 2.3 Exercício de alta intensidade e resposta imunológica

Sabe-se que o exercício moderado e regular é capaz de gerar alterações imunológicas controladas, desencadeando processo inflamatório transitório, com efeito adaptativo e benéfico. Entretanto, essas respostas são moduladas pela intensidade, pela duração e pelo tempo de recuperação, podendo induzir uma desregulação persistente no sistema imunológico (CERQUEIRA et al., 2020; WANG et al., 2020).

O programa HIFT baseia-se em combinações de movimentos funcionais que são constantemente variados e executados em alta intensidade, cujo objetivo é melhorar o condicionamento físico dos praticantes, incentivando-os a alcançar o melhor tempo possível ou a realizar o maior número de rodadas e repetições em um determinado período (JACOB et al., 2020). Por conseguinte, o treinamento funcional de alta intensidade tem se tornado popular, devido à sua dinâmica e capacidade de adaptação de acordo com a aptidão física de cada praticante (LU et al., 2021).

A prática do treinamento funcional de alta intensidade causa alterações hormonais, metabólicas e inflamatórias relacionadas às variáveis do treinamento. Os protocolos com maior volume e intensidade resultam em respostas bioquímicas mais significativas (JACOB et al., 2020). Nesse sentido, Gomes et al. (2020) demonstraram que uma única sessão de treinamento torna os participantes suscetíveis a alterações nos parâmetros imunológicos e nos marcadores de estresse.

Assim, com a crescente popularidade e a demanda energética desse tipo de treinamento, diversas estratégias nutricionais são utilizadas para melhorar o desempenho esportivo dos praticantes. No entanto, há poucas informações sobre a relação entre as intervenções dietéticas e o desempenho, sendo que a maioria delas é baseada em experiências empíricas e carece de evidências científicas (QUARESMA; MARQUES; NAKAMOTO, 2021).

Caféina, carboidratos, chá verde, epicatequinas, betaína, nitrato e bicarbonato já foram avaliados quanto ao seu potencial ergogênico em praticantes de CrossFit®, entretanto, dentre todos esses recursos nutricionais, somente o bicarbonato melhorou o desempenho no HIFT (QUARESMA; MARQUES; NAKAMOTO, 2021).

Acredita-se que suplementação com substâncias antioxidantes podem ser utilizadas para controlar as reações imunológicas e oxidativas causadas pelo treino de alta intensidade, resultando em melhorias no desempenho dos praticantes e na redução da predisposição a distúrbios imunológicos. Nesse sentido, sugere-se que o suco de acerola, por apresentar

propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes já comprovadas, possa atuar como um recurso ergogênico, atenuando as respostas inflamatórias ocasionadas pelo exercício intenso.

## 1 ARTIGO

### EFEITOS DA INGESTÃO DE SUCO DE ACEROLA EM PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS APÓS UMA SESSÃO ESPECÍFICA DE TREINAMENTO FUNCIONAL DE ALTA INTENSIDADE

Yara Nara Guilherme Mesquita de ANDRADE<sup>1</sup>; Tatiana Albuquerque Melo KRAMER<sup>2</sup>; Luíz Vieira da SILVA NETO<sup>3 4</sup>

<sup>1</sup>Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Ceará, Sobral - Ceará, Brasil; <sup>2</sup>Mestra em Biotecnologia, Universidade Federal do Ceará, Sobral - Ceará, Brasil; <sup>3</sup>Professor adjunto da Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral - Ceará, Brasil; <sup>4</sup>Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, Sobral-Ceará, Brasil.

\*AUTOR CORRESPONDENTE: Yara Nara Guilherme Mesquita de Andrade, Universidade Federal do Ceará, Sobral - Ceará, Brasil. E-mail: yaraguilherme@hotmail.com.br

## 2 RESUMO

O Brasil se destaca como produtor e exportador de acerola. Reconhecida pela sua alta concentração de ácido ascórbico, essa fruta tem ganhado notoriedade na comunidade científica também pelo seu elevado teor de compostos bioativos, tais como: carotenóides, compostos fenólicos, licopeno e antocianinas. A combinação desses diversos ativos confere à acerola atividades antioxidantes e anti-inflamatórias superiores às de outras frutas. Durante a prática de exercícios intensos, ocorre estresse oxidativo e, conseqüentemente, inflamação. Levando em consideração as propriedades funcionais desta fruta, foi investigado o impacto da suplementação com suco de acerola durante seis dias, nos parâmetros hematológicos de mulheres que praticam treinamento funcional de alta intensidade. A suplementação com suco de acerola resultou no aumento do número de hemácias, hemoglobina e hematócrito, além de proteger os glóbulos vermelhos das alterações pós-exercício. No entanto, não apresentou efeito no desempenho nem na contagem global e diferencial dos glóbulos brancos.

### **3 ABSTRACT**

Brasil stands out as a producer and exporter of acerola. Recognised for its high concentration of ascorbic acid, this fruit has also gained notoriety in the scientific community for its high content of bioactive compounds, such as carotenoids, phenolic compounds, lycopene and anthocyanins. The combination of these various active ingredients gives acerola antioxidant and anti-inflammatory activities that are superior to other fruits. During intense exercise, oxidative stress and, consequently, inflammation occur. Taking into account the functional properties of acerola, we investigated the impact of acerola juice supplementation for 6 days on the haematological parameters of women who practice high-intensity functional training. Acerola juice supplementation resulted in an increase in the number of red blood cells, haemoglobin and haematocrit, as well as protecting red blood cells from post-exercise changes. However, it had no effect on performance or on the overall and differential white blood cell count.

## 4 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata*) tem ganhado destaque por possuir altos teores de vitamina C e de fitoquímicos, incluindo estilbeno (resveratrol) (PAIVA et al., 2023), carotenoides (pretofiteno e luteína) e compostos fenólicos, tais como ácidos clorogênicos, antocianinas, flavonas, isoflavonoides, lignanas, ácidos fenólicos e polifenóis (XU et al., 2020a). Essa combinação de ingredientes promove melhor absorção de vitamina C em humanos e culturas de células epiteliais intestinais em comparação à substância isolada (UCHIDA et al., 2011; TAKINO et al., 2020).

A sinergia entre os compostos da acerola lhe confere propriedades funcionais como uma potente atividade antioxidante (MEZADRI et al., 2008; XU et al., 2020a; FERREIRA et al., 2021; PAIVA et al., 2023) e anti-inflamatória (HU et al., 2020). Ademais, o potencial antioxidante da acerola é superior ao de outras frutas também ricas em polifenóis, como morango, uva, maçã (MEZADRI et al., 2008), goiaba e pitanga (PAIVA et al., 2023); já tendo sido avaliada *in vitro*, com base na sua atividade sequestradora de radicais livres (HU et al., 2020a; XU et al., 2020b; FERREIRA et al., 2021; PAIVA et al., 2023) e na sua potência antioxidante redutora férrica (FERREIRA et al., 2021; PAIVA et al., 2023), e *in vivo*, reduzindo a formação hepática de malondialdeído (MDA), aumentando a proporção GSH/GSSG e as atividades enzimáticas antioxidantes de SOD e CAT (HU et al., 2020). Além disso, os polissacarídeos de acerola purificados apresentam potencial anti-inflamatório *in vivo* e reduzem os níveis de TNF- $\alpha$ , IL-6 e IL-1 $\beta$  em camundongos alimentados com dieta rica em gordura (HU et al., 2020).

Diante do perfil nutricional rico e das consequentes atividades funcionais da *Malpighia emarginata*, acredita-se que essa fruta pode ter influência nas respostas imunológicas ao exercício físico.

Embora as respostas imunológicas ainda sejam motivo de ampla discussão, sabe-se que o exercício altera a regulação do sistema imunológico, desencadeando inflamação, caracterizada pelo aumento nas concentrações sanguíneas de citocinas, perturbações agudas significativas na contagem de células brancas do sangue (NEVES et al., 2015; CERQUEIRA et al., 2020; GOMES et al., 2020) e também afetando a série vermelha do sangue (WANG et al., 2020; DZIALO et al., 2023).

A inflamação que ocorre após o exercício é um processo dinâmico e fortemente coordenado que, eventualmente, leva à remodelação adaptativa e ao retorno à homeostase. Entretanto, a extensão dessas respostas são dependentes da intensidade, da duração e do tempo

de recuperação, sendo considerada limitada e adaptativa para o exercício moderado e regular, podendo tornar-se persistente e provocar desregulação do sistema imunológico para o exercício de alta intensidade (CERQUEIRA et al., 2020; MCFADDEN et al., 2023). A leucocitose, um marcador comum de inflamação aguda, ocorre após a realização de exercícios de alta intensidade em diferentes modalidades (CERQUEIRA et al., 2020), incluindo o treinamento funcional (GOMES et al., 2020).

O treinamento funcional de alta intensidade (HIFT) tem curta duração (máximo 20 minutos), com períodos de descanso curtos ou inexistentes, e é capaz de gerar respostas metabólicas, hormonais e inflamatórias (GOMES et al., 2020).

Sabendo que os alimentos ricos em polifenóis são uma estratégia promissora para atenuar distúrbios inflamatórios (SUZUKI et al., 2020), pode-se esperar que a suplementação com suco de acerola influencie nas respostas ao exercício intenso. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi investigar se a suplementação com suco de acerola melhora o desempenho e influencia nos hematológicos de mulheres após uma sessão específica de treinamento funcional de alta intensidade.

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 Amostra**

Participaram do estudo 18 mulheres saudáveis, com idade entre 18 e 39 anos, praticantes de HIFT há no mínimo 12 meses, que realizassem todos os movimentos do treino teste, que não tivessem apresentado lesões musculotendíneas ou sido submetidas a cirurgias nos 6 meses que antecederam a pesquisa. Seriam excluídas da pesquisa aquelas participantes que se ausentassem de alguma das etapas previstas para o estudo ou que nas 24 horas antes da intervenção ingerissem bebidas alcoólicas, produtos de tabaco, suplementação antioxidante, medicamentos ou participassem de sessões de treinos ou competição. Duas voluntárias não fizeram a ingestão de todo o protocolo de suplementação, sendo excluídas da pesquisa. O estudo foi finalizado com 16 participantes. Os dados descritivos da amostra são apresentados na Tabela 01.

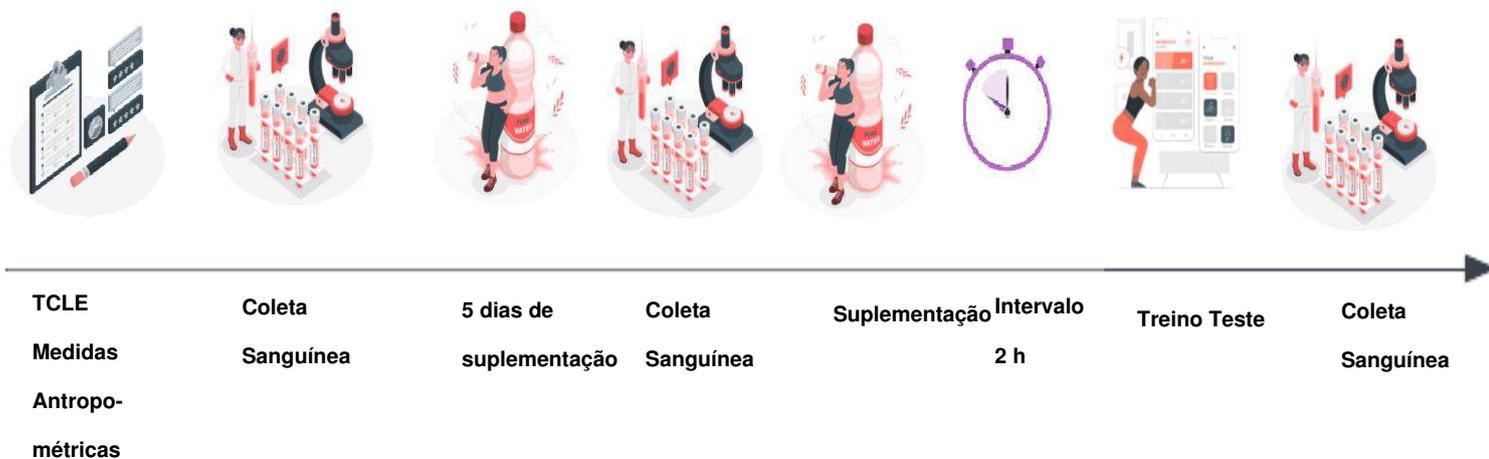
Todas as participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Além disso, a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Vale do Acaraú (CEP - UVA), sob número de parecer: 5.467.530.

**Tabela 01**- Características da amostra (n=16) (média  $\pm$  desvio padrão).

Idade (anos)	$28 \pm 4,73$ anos
Estatura (centímetros)	$158,25 \pm 5,22$ cm
Peso corporal (kg)	$62,3 \pm 7,58$ kg
Percentual de gordura (%)	$-20,74 \pm 5,06\%$
Tempo de Treinamento (anos)	$2,5 \pm 2,6$ anos

## 5.2 Desenho experimental

O estudo foi randomizado, controlado, duplo-cego com grupos paralelos. A amostra foi balanceada de acordo com o tempo de prática de HIFT e randomizada por meio de randomização simples. As voluntárias foram divididas em dois grupos: grupo acerola (N=8) e grupo placebo (N=8). O protocolo de suplementação ocorreu durante seis dias e as suplementações foram entregues por um pesquisador que não sabia o que continha, da mesma forma que as participantes não foram informadas sobre a composição da suplementação. O desenho experimental com maiores detalhes é ilustrado na Figura 01.

**Figura 01** - Desenho experimental do estudo. TCLE: Termo de Compromisso Livre e Esclarecido.

## 5.3 Suco de Acerola (ACE) e Bebida Placebo (PLA)

Para a produção do suco de acerola, as frutas frescas foram higienizadas em água clorada (200 ppm), processadas por 50 segundos em aparelho liquidificador doméstico e passadas por uma peneira com abertura de malha de 850  $\mu$ m (DALA-PAULA et al., 2019).

Após preparado, o suco de acerola foi acondicionado em recipientes de vidro âmbar, sob refrigeração a 4°C, não ultrapassando 24 horas para sua utilização. Foram adicionadas

quatro gotas de adoçante dietético sucralose (Adocyl) para cada 100 ml no intuito de tornar a bebida mais palatável.

A bebida placebo resultou de uma mistura de seis gotas de essência de acerola (Arcolor) e quatro gotas de adoçante dietético sucralose (Adocyl) para cada 100 ml de água mineral gelada.

O protocolo de suplementação foi realizado durante seis dias, com dose ajustada pelo peso corporal (10 ml/kg corporal). Nos cinco primeiros dias, a bebida foi consumida próximo ao horário do treino, já no dia do treino teste, a bebida foi consumida duas horas antes do teste. O volume de ingestão e o tempo pré-teste para o consumo do suco foi realizado com base no estudo de Toscano et al. (2020) que mostrou uma maior capacidade antioxidante total e um aumento no desempenho de corrida até a exaustão devido ao consumo de um suco rico em flavonóides.

#### **5.4 Treino teste**

A sessão do treino teste foi iniciada com aquecimento, composto por cinco minutos de corrida de baixa intensidade, cinco minutos de mobilidade articular e exercícios de alongamento dinâmico seguidos pela execução do treino.

O treino escolhido consiste no máximo de repetições realizadas em 20 minutos, com a combinação de 5 *pull-ups*, 10 *push-ups* e 15 *squats*. A contagem do total de repetições foi realizada e registrada por pesquisadores.

Esse treino foi escolhido por utilizar o peso do corpo, buscando uniformizar ao máximo a carga de treino e por ser capaz de desencadear, em praticantes novatos e experientes, perturbações agudas significativas na contagem de leucócitos, em marcadores de estresse e de dano muscular em uma única sessão (GOMES et al., 2020).

Durante o período experimental, todos os sujeitos seguiram seu programa regular de exercícios físicos, abstendo-se da prática apenas nas 24 horas que antecederam o treino teste.

#### **5.5 Coleta de sangue**

Amostras de sangue foram coletadas para análise em três momentos: baseline, pré-teste e imediatamente após o teste.

Ademais, o sangue foi coletado da veia antecubital e transferido para tubos a vácuo contendo EDTA como anticoagulante.

## 5.6 Parâmetros hematológicos

Após as coletas, os tubos foram centrifugados a 2500 rpm por dez minutos. Foram analisados em analisador automático os seguintes parâmetros hematológicos: hematócrito (HCT); hemoglobina (Hb); glóbulos vermelhos (GV); volume corpuscular médio (VCM); hemoglobina corpuscular média (HCM); concentração média de hemoglobina corpuscular (CHCM); plaquetas (Pla); volume médio de plaquetas (MPV), amplitude de distribuição das plaquetas (PDW) e volume total de plaquetas (PCT); contagem total e diferencial de leucócitos.

## 5.7 Análise Estatística

Os dados foram caracterizados através de média e desvio padrão. Dessa forma, foi utilizado teste “t” independente para comparar o desempenho entre os dois grupos. Para a análise dos demais dados, utilizou-se ANOVA mista de duas vias, tanto variáveis que atenderam a hipótese de distribuição normal como as que não atenderam. Essa abordagem seguiu o modelo proposto por Blanca et al. (2017). Todas as análises foram realizadas no programa SPSS 23.0.

# 6 RESULTADOS

## 6.1 Parâmetros hematológicos

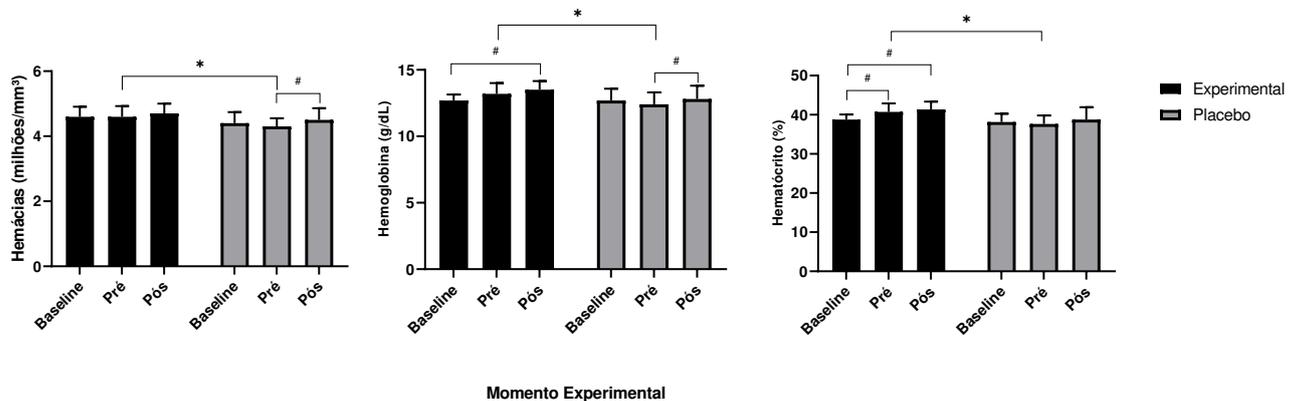
### 6.1.1 Hemácias, Hemoglobina (Hb) e Hematócrito (Ht)

Na comparação entre grupos, o da acerola apresentou valores significativamente maiores na contagem de hemácias (GACE=4,66 ± 0,330 milhões/mm<sup>3</sup>; GPLA=4,32 ± 0,257 milhões/mm<sup>3</sup>), na concentração de hemoglobina (GACE=13,26 g/dl ± 0,80; GPLA=12,37 g/dl ± 0,89) e no hematócrito (GACE =40,71 % ± 2,20; GPLA=37,64 % ± 2,20) no instante pré-treino (Figura 02).

As análises da contagem de eritrócitos e de concentração de hemoglobina no grupo placebo demonstraram efeito tempo, com quantidade aumentada após o exercício, enquanto no grupo acerola não houve diferença significativa entre os momentos experimentais (Figura 02).

A concentração de hemoglobina foi estatisticamente maior no GACE no pós-treino quando comparado ao baseline (pós-treino=13,53 ± 0,66; baseline= 12,69 ± 0,46; p=0,015); no GPLA a diferença significativa ocorreu no pós-treino em relação ao pré-treino (pré-treino=12,37; pós-treino=12,85 ± 1,06).

Os valores de hematócrito do GACE demonstraram efeito tempo entre baseline e pré-treino (baseline=38,75%  $\pm$  1,31; pré-treino=40,71%  $\pm$  2,20); e baseline e pós-treino (baseline=38,75%  $\pm$  1,31; pós-treino=41,35%  $\pm$  1,98), enquanto o GPLA não apresentou diferença significativa entre os momentos (Figura 02).



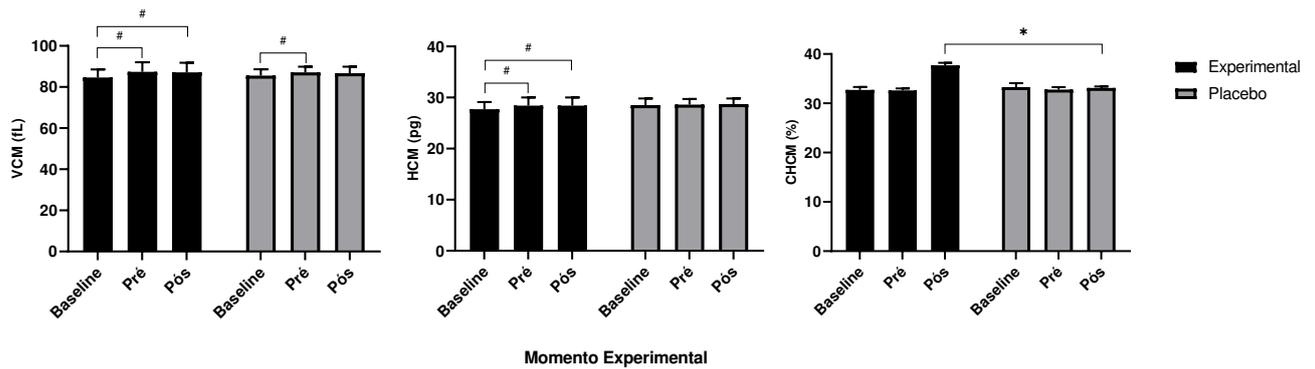
**Figura 02** - Diferenças entre grupo experimental e placebo; e momentos experimentais, das variáveis Hemácias, Hemoglobina e Hematócrito. # diferença estatisticamente significativa para  $p \leq 0,05$  entre momentos experimentais. \*diferença estatisticamente significativa para  $p \leq 0,05$  entre grupos.

## 6.2 Índices hematimétricos

As análises dos valores de CHCM demonstraram diferença significativa entre os grupos no momento pós-treino (GACE=32,7125; GPLA=33,1625). Já os índices VCM e HCM não diferiram entre os grupos em nenhum dos momentos.

Nas análises intragrupo, o VCM do grupo acerola aumentou significativamente nos momentos pré-treino ( $87,48 \pm 4,63$ fl) e pós-treino ( $87,11 \pm 4,63$ fl) quando comparados ao baseline ( $84,64 \pm 3,88$  fl). Já no grupo placebo ocorreu aumento significativo no momento pré-treino ( $87,15 \pm 2,85$  fl) comparado ao baseline ( $85,49 \pm 3,19$  fl).

Os valores de HCM aumentaram significativamente nos momentos pré ( $32,56 \pm 0,44$  pg) e pós-treino ( $32,71 \pm 0,50$  pg) em relação ao baseline ( $32,74$  pg  $\pm$  0,62 pg) no GACE, porém no GP não houve efeito tempo. A CHCM não demonstrou efeito tempo em nenhum dos grupos. Todos os resultados estão representados na Figura 03.



**Figura 03** - Diferenças entre grupo experimental e placebo; e momentos experimentais, das variáveis Volume Corpuscular Médio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM) e Concentração de hemoglobina Corpuscular Média (CHCM). # diferença estatisticamente significante para  $p \leq 0,05$  entre momentos experimentais. \*diferença estatisticamente significante para  $p \leq 0,05$  entre grupos.

### 6.3 Plaquetas

A contagem de plaquetas (PLT), o volume médio de plaquetas (MPV), a amplitude de distribuição das plaquetas (PDW) e o volume total de plaquetas (PCT) não diferiram significativamente entre os grupos e nem ao longo do tempo.

**Tabela 02** - Média e desvio padrão ( $\pm$ ) das variáveis Plaquetas, MPV, PDW e PCT dos grupos experimental e placebo, de acordo com o momento experimental.

	Experimental			Placebo		
	Baseline	Pré	Pós	Baseline	Pré	Pós
PLT(m	316.250( $\pm 6$ )	316.875( $\pm 6$ )	335.125( $\pm 7$ )	283.571( $\pm 4$ )	273.125( $\pm 4$ )	307.500( $\pm 5$ )
m <sup>3</sup> )	1.364)	9.884)	4.904)	2.050)	3.757)	3.577)
MPV	7,3( $\pm 0,8$ )	7,4( $\pm 0,9$ )	7,4( $\pm 0,7$ )	7,4( $\pm 0,4$ )	7,3( $\pm 0,5$ )	7,3( $\pm 0,5$ )
(%)						
PDW	14,3( $\pm 1,5$ )	13,9( $\pm 1,8$ )	14( $\pm 1,7$ )	14,5( $\pm 0,8$ )	14,2( $\pm 1,4$ )	14,3( $\pm 1,5$ )
(%)						
PCT	0,22( $\pm 0,03$ )	0,22( $\pm 0,03$ )	0,24( $\pm 0,05$ )	0,21( $\pm 0,03$ )	0,20( $\pm 0,03$ )	0,22( $\pm 0,03$ )
(%)						

### 6.4 Série branca

As contagens global e diferencial de leucócitos não diferiram significativamente entre os grupos e nem ao longo do tempo.

**Tabela 03** - Média e desvio padrão ( $\pm$ ) das variáveis Leucócitos, Basófilos, Neutrófilos, Linfócitos e Monócitos dos grupos experimental e placebo, de acordo com o momento experimental.

	Experimental			Placebo		
	Baseline	Pré	Pós	Baseline	Pré	Pós
Leucócitos(células/mm <sup>3</sup> )	7.746 ( $\pm$ 1.407)	7.067 ( $\pm$ 1.154)	7.725 ( $\pm$ 1.333)	7.160 ( $\pm$ 1.505)	6.628 ( $\pm$ 1.336)	7.688 ( $\pm$ 1.655)
Basófilos(células/mm <sup>3</sup> )	48,6 ( $\pm$ 9,6)	46,7 ( $\pm$ 7,9)	50,2 ( $\pm$ 8,8)	41,6 ( $\pm$ 10)	42,7 ( $\pm$ 8,9)	43,1 ( $\pm$ 16)
Neutrófilos(células/mm <sup>3</sup> )	4.227 ( $\pm$ 1.242)	3.643 ( $\pm$ 874)	4.145 ( $\pm$ 1.402)	3.825 ( $\pm$ 1.498)	3.562 ( $\pm$ 762)	4.271 ( $\pm$ 1.015)
Linfócitos(células/mm <sup>3</sup> )	2.775,6 ( $\pm$ 545)	2.613,5 ( $\pm$ 534)	2.922 ( $\pm$ 477)	2.744 ( $\pm$ 769)	2.454 ( $\pm$ 790)	2.788 ( $\pm$ 773)
Monócitos(células/mm <sup>3</sup> )	513,2 ( $\pm$ 131,6)	530,7 ( $\pm$ 177,6)	473,9 ( $\pm$ 169,7)	383,2 ( $\pm$ 122,9)	408 ( $\pm$ 99,3)	476,6 ( $\pm$ 208,5)

## 6.5 Desempenho

Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes no desempenho entre o grupo experimental ( $418,5 \pm 131,7$  repetições) e o grupo placebo ( $440,7 \pm 118,6$ ).

## 7 DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da suplementação com suco de acerola em mulheres que praticam treinamento funcional de alta intensidade após uma sessão específica de exercícios. No entanto, não foi observado nenhum efeito significativo na performance das voluntárias decorrente da suplementação com suco de acerola. Embora acredite-se que os carboidratos e os compostos antioxidantes e anti-inflamatórios presentes em sucos de frutas possam atuar como recursos ergogênicos (HOWATSON et al., 2011; TOSCANO et al., 2020), não foi possível comprovar tal efeito neste estudo.

Além disso, ao comparar os grupos após cinco dias de suplementação, observou-se que o número de glóbulos vermelhos, a concentração de hemoglobina e o hematócrito do grupo GACE foram significativamente maiores, embora não tenha sido encontrada nenhuma diferença entre eles inicialmente. No grupo que recebeu suplementação de acerola, verificou-

se que o volume médio dos glóbulos vermelhos, hematócrito e hemoglobina corpuscular média foram maiores tanto antes quanto após o teste em comparação com o início do experimento. Com base nesses resultados, pode-se inferir que o consumo de suco de acerola influenciou tanto na quantidade quanto no tamanho dos glóbulos vermelhos, bem como nos níveis de hemoglobina. Esses achados corroboram estudos que mostram que a suplementação com antocianinas aumenta a concentração de hemoglobina (DZIALO et al., 2023) e reduz a susceptibilidade dos glóbulos vermelhos de produzir espécies reativas, evitando sua auto-oxidação, tanto *in vivo* como *in vitro* (YOUUDIM et al., 2000).

Nos resultados intragrupo, o número de glóbulos vermelhos e a concentração de hemoglobina aumentaram imediatamente após o exercício no grupo placebo, enquanto no grupo acerola não houve diferença significativa. Esses resultados indicam que a suplementação com suco de acerola teve um efeito protetor nos parâmetros hematológicos no pós-exercício. Estudos demonstram que os compostos fenólicos presentes na acerola estão relacionados com a atividade antioxidante dessa fruta (PAIVA et al., 2023) e que a suplementação antioxidante ajuda a prevenir as alterações hematológicas causadas pelo exercício de alta intensidade (SARKAR et al., 2023), o que corrobora com os resultados deste estudo.

Nesta análise, após uma única sessão de treinamento funcional de alta intensidade, não houve mudanças no número de leucócitos e subconjuntos circulantes. Esse resultado difere do estudo de Gomes et al. (2020), que utilizou o mesmo tipo de treino com uma amostra mista de homens e mulheres, na qual todos os grupos apresentaram leucocitose. No entanto, é importante notar que neste estudo em particular a amostra foi composta apenas por mulheres. Portanto, supõe-se que o sexo pode ter influenciado na resposta dos leucócitos após o exercício.

## **8 LIMITAÇÕES DO ESTUDO**

Uma vez que foi empregado na análise um modelo de suplementação de seis dias, torna-se possível considerar que pesquisas futuras que adotem períodos de suplementação mais extensos possam resultar em resultados distintos.

## **9 CONCLUSÃO**

Com base nos dados apresentados, conclui-se que a suplementação com suco de acerola por seis dias não resulta em melhorias no desempenho físico nem nas respostas leucocitárias. No entanto, é possível notar alterações nas respostas das células vermelhas do

sangue, provavelmente relacionadas à ação exercida pelos compostos bioativos da acerola nos glóbulos vermelhos.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, S. A. et al. Acerola: importance, culture conditions, production and biochemical aspects. **Fruits**, v. 63, n. 2, p. 93-101, 2008.
- BATISTA, K. S. et al. Acerola fruit by-product alleviates lipid, glucose, and inflammatory changes in the enterohepatic axis of rats fed a high-fat diet. **Food Chemistry**, v. 403, p. 134322, 2023.
- BLANCA, M. J. et al. Non-normal data: Is ANOVA still a valid option? **Psicothema**, v. 29, n. 4, p. 552–557, nov. 2017.
- BELWAL, T. et al. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science and Technology**, v. 74, p. 99–106, abr. 2018.
- CERQUEIRA, É. et al. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise—A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 2020.
- DALA-PAULA, B. M. et al. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. e021519, 20 dez. 2019.
- DIAS, F. M. et al. Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake protects against alterations to proteins involved in inflammatory and lipolysis pathways in the adipose tissue of obese mice fed a cafeteria diet. **Lipids in Health and Disease**, v. 13, p. 24, 2014.
- DZIALO, M. et al. Concerted phenotypic flexibility of avian erythrocyte size and number in response to dietary anthocyanin supplementation. **Frontiers in Zoology**, v. 20, n. 1, p. 9, 24 fev. 2023.
- FERREIRA, I. et al. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal of Food Biochemistry**, v. 45, n. 8, 2021.
- GOMES, J. H. et al. Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training. **PLOS ONE**, v. 15, n. 12, p. e0243276, 3 dez. 2020.
- GONZALEZ, A. et al. SARS-CoV-2/Renin–Angiotensin System: Deciphering the Clues for a Couple with Potentially Harmful Effects on Skeletal Muscle. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 21, nov. 2020.
- HANAMURA, T; HAGIWARA, T; KAWAGISHI, H. Structural and Functional Characterization of Polyphenols Isolated from Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Fruit. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v. 69, n. 2, p. 280–286, 1 jan. 2005.

HU, Y. et al. Acerola polysaccharides ameliorate high-fat diet-induced non-alcoholic fatty liver disease through reduction of lipogenesis and improvement of mitochondrial functions in mice. **Food & Function**, v. 11, n. 1, p. 1037–1048, 29 jan. 2020.

HOWATSON, G. et al. Antioxidant supplementation does not attenuate exercise-induced cardiac troponin release. **International Journal of Cardiology**, v. 152, n. 1, p. 101–102, 4 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Acerola**. 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acerola/br>. Acesso em: 04 nov. 2023.

JACOB, N. et al. Characterization of Hormonal, Metabolic, and Inflammatory Responses in CrossFit® Training: A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 2020.  
KLISZCZEWICZ, B. et al. Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit™ vs. Treadmill Bout. **Journal of Human Kinetics**, v. 47, p. 81–90, 29 set. 2015.

KLOSTERHOFF, R. R. et al. Anti-fatigue activity of an arabinan-rich pectin from acerola (*Malpighia emarginata*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1147–1153, 1 abr. 2018.

LEFFA, D. D. et al. Corrective effects of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) juice intake on biochemical and genotoxic parameters in mice fed on a high-fat diet. **Mutation Research**, v. 770, p. 144–152, dez. 2014.

LU, Y. et al. The Effects of Running Compared with Functional High-Intensity Interval Training on Body Composition and Aerobic Fitness in Female University Students. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 21, p. 11312, jan. 2021.

MCFADDEN, B. A. et al. Effects of fucoidan supplementation on inflammatory and immune response after high-intensity exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 20, n. 1, p. 2224751, 31 dez. 2023.

MEZADRI, T. et al. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 4, p. 282–290, 1 jun. 2008.

MIN, Y.-D. et al. Quercetin inhibits expression of inflammatory cytokines through attenuation of NF-kappaB and p38 MAPK in HMC-1 human mast cell line. **Inflammation Research: Official Journal of the European Histamine Research Society ... [et Al.]**, v. 56, n. 5, p. 210–215, maio. 2007.

NEVES, P. R. D. S. et al. Acute effects of high- and low-intensity exercise bouts on leukocyte counts. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 13, n. 1, p. 24–28, 1 jun. 2015.

PAIVA, Y. F. et al. Physicochemical Aspects, Bioactive Compounds, Phenolic Profile and In Vitro Antioxidant Activity of Tropical Red Fruits and Their Blend. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 28, n. 12, p. 4866, 20 jun. 2023.

PELUSO, I. et al. Flavonoids and immune function in human: a systematic review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 383–395, 2015.

PRAKASH, A; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3373–3384, set. 2018.

QUARESMA, M. V. L; MARQUES, C. G; NAKAMOTO, F. P. Effects of diet interventions, dietary supplements, and performance-enhancing substances on the performance of CrossFit-trained individuals: A systematic review of clinical studies. **Nutrition**, v. 82, p. 110994, 2021.

SARKAR, S. et al. Vitamin C and E supplementation and high intensity interval training induced changes in lipid profile and haematological variables of young males. **Sports Medicine and Health Science**, v. 5, n. 2, p. 137–145, 1 jun. 2023.

SUZUKI, K. et al. Characterization and Modulation of Systemic Inflammatory Response to Exhaustive Exercise in Relation to Oxidative Stress. **Antioxidants**, v. 9, n. 5, p. 401, maio. 2020.

TAKINO, Y. et al. Acerola (*Malpighia emarginata* DC.) Promotes Ascorbic Acid Uptake into Human Intestinal Caco-2 Cells via Enhancing the Gene Expression of Sodium-Dependent Vitamin C Transporter 1. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 66, n. 4, p. 296–299, 2020.

UCHIDA, E. et al. Absorption and excretion of ascorbic acid alone and in acerola (*Malpighia emarginata*) juice: comparison in healthy Japanese subjects. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, v. 34, n. 11, p. 1744–1747, 2011.

WANG, J. et al. Exercise Regulates the Immune System. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 1228, p. 395–408, 2020.

XU, M. et al. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International (Ottawa, Ont.)**, v. 130, p. 108915, abr. 2020a.

XU, M. et al. Metabolomic analysis of acerola cherry (*Malpighia emarginata*) fruit during ripening development via UPLC-Q-TOF and contribution to the antioxidant activity. **Food Research International**, v. 130, p. 108915, abr. 2020b.

YOUDIM, K. A. et al. Polyphenolics enhance red blood cell resistance to oxidative stress: in vitro and in vivo.1Mention of trade name, proprietary product, or specific equipment does not constitute a guarantee by the US Department of Agriculture and does not imply its approval to the exclusion of other products that may be suitable.1. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v. 1523, n. 1, p. 117–122, set. 2000.