

O HIBISCUS AUMENTA A CAPACIDADE FUNCIONAL E O EFEITO ANTI-OBESIDADE EM RATOS OBESOS TREINADOS

HIBISCUS INCREASES FUNCTIONAL CAPACITY AND THE ANTI-OBESITY EFFECT IN TRAINED OBESE RATS


EL HIBISCUS AUMENTA LA CAPACIDAD FUNCIONAL Y EL EFECTO ANTI-OBESIDAD EN RATAS OBESAS ENTRENADAS


Debora Bento Ortêncio de Oliveira¹ 
(Profissional de Educação Física)

Gisela Arsa Cunha¹ 
(Profissional de Educação Física)

Morena Alana Giandoni² 
(Farmacêutica)

Paulo Cesar de Jesus Carvalho² 
(Profissional de Educação Física)

Gisele Facholi Bonfim² 
(Farmacêutica)

Ana Paula Lima Leopoldo³ 
(Profissional de Educação Física)

André Soares Leopoldo³ 
(Profissional de Educação Física)

Mário Mateus Sugizaki¹ 
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Federal do Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.
2. Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências da Saúde, Sinop, Mato Grosso, Brasil.
3. Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Educação Física e Nutrição e Saúde, Vitória, Espírito Santo, Brasil.

Correspondência:

Debora Bento Ortêncio de Oliveira
Avenue Vila Lobos, 1292 –
Residencial Aquarela Brasil.
78556-544. Sinop, Mato Grosso,
Brasil.
deborabento1982@gmail.com

RESUMO

Introdução: O Hibiscus Sabdariffa (Hs) tem sido amplamente utilizado para emagrecimento e no combate às comorbidades associadas à obesidade. **Objetivos:** Avaliar os efeitos do Hs e do treinamento físico sobre a capacidade funcional de ratos eutróficos e obesos. **Métodos:** Ratos Wistar foram distribuídos em oito grupos experimentais: Controle (C, n = 8), Hibiscus Sabdariffa (Hs, n = 8), treinamento intervalado de alta intensidade (TI, n = 8), treinamento intervalado de alta intensidade + Hibiscus Sabdariffa (TIHs, n = 8), obeso (O, n = 8), obeso + treinamento contínuo aeróbico (OTA, n = 8), obeso+ Hibiscus Sabdariffa (OHS, n = 8), obeso + treinamento contínuo aeróbico + Hibiscus Sabdariffa (OTAHs, n = 8). O extrato de Hibiscus Sabdariffa foi administrado por 60 dias na dose de 150 mg/kg de peso corporal. Foi realizado teste de esforço progressivo máximo (TEPM) em esteira no início e no final do estudo. As variáveis analisadas foram: velocidade máxima (V_{máx}), tempo e distância percorrida. O lactato foi mensurado imediatamente depois do TEMP. A capacidade funcional foi avaliada pela distância/índice de adiposidade. Empregou-se ANOVA com post hoc de Bonferroni e correlação de Pearson, adotando-se o nível de significância de 5%. **Resultados:** Depois de ambos os tipos de treinamento, o contínuo em moderada intensidade e o intervalado de alta intensidade realizados em esteira, reduziram o peso corporal final, o ganho de peso e o índice de adiposidade, bem como aumentaram a V_{máx}, tempo e distância percorrida no TEPM, além de melhora da capacidade funcional. A suplementação de Hs diminuiu o índice de adiposidade nos ratos eutróficos e obesos. O Hs associado ao treinamento aeróbico reduziu o peso corporal final e aumentou a capacidade funcional. **Conclusão:** A suplementação de Hs promoveu redução no índice de adiposidade em ratos eutróficos e obesos e aumentou a capacidade funcional de ratos obesos treinados.

Nível de evidência III; Estudos Terapêuticos - Investigação de Resultados. Estudo caso controle.

Descritores: Hibiscus; Treinamento intervalado de alta intensidade; Treino aeróbico; Obesidade; Teste de esforço.

ABSTRACT

Introduction: Hibiscus sabdariffa (Hs) has been widely used for weight loss and in the fight against obesity-associated comorbidities. **Objective:** To evaluate the effects of Hs and physical training on the functional capacity of normal-weight and obese rats. **Methods:** Wistar rats were distributed into eight experimental groups: control (C, n = 8), Hibiscus Sabdariffa (Hs, n = 8), high-intensity interval training (IT, n = 8), high-intensity interval training + Hibiscus Sabdariffa (ITHs, n = 8), obese (O, n = 8), obese + continuous aerobic training (OAT, n = 8), obese + Hibiscus Sabdariffa (OHS, n = 8), and obese + continuous aerobic training + Hibiscus Sabdariffa (OATHs, n = 8). Hibiscus Sabdariffa extract was administered for 60 days in a dose of 150 mg/kg of body weight. The maximum progressive effort test (MPET) was performed on a treadmill at the beginning and end of the study. The variables analyzed were maximum speed V_{máx}, time, and distance covered. Lactate was measured immediately after the MPET. Functional capacity was evaluated by the distance/adiposity index. The ANOVA with Bonferroni post hoc and Pearson's correlation tests were used at a 5% significance level. **Results:** After both types of training, moderate-intensity continuous and high-intensity interval performed on the treadmill, final body weight, weight gain, and the adiposity index decreased, and V_{máx}, time, and distance covered in the MPET increased, in addition to an improvement in functional capacity. Hs supplementation reduced the adiposity index in normal-weight and obese rats. Hs associated with aerobic training reduced final body weight and increased functional capacity. **Conclusion:** Hs supplementation promoted a reduction in the adiposity index in normal-weight and obese rats and an increase in the functional capacity of trained obese rats. **Level of Evidence III; Therapeutic Studies - Outcome Investigation. Case study – control.**

Keywords: Hibiscus; High-intensity interval training; Endurance training; Obesity; Exercise test.

RESUMEN

Introducción: El Hibiscus Sabdariffa (Hs) ha sido ampliamente utilizado para promover la pérdida de peso y tratar las comorbilidades asociadas a la obesidad. **Objetivos:** Evaluar los efectos del Hs y el entrenamiento físico sobre la capacidad funcional de ratos eutróficos y obesos. **Métodos:** Se distribuyeron ratos Wistar en ocho grupos experimentales: Control (C, n=8), Hibiscus Sabdariffa (Hs, n=8), , entrenamiento de intervalos de alta intensidad (EI, n=8)), entrenamiento de intervalos de alta intensidad + Hibiscus Sabdariffa (EIHS, n=8), obeso (O, n=8)), obeso + entrenamiento continuo



aeróbico (OEA, n=8), obeso + *Hibiscus Sabdariffa* (OHS, n=8), obeso + treinamento contínuo aeróbico + *Hibiscus Sabdariffa* (OEAHS, n=8). Se administró extracto de *Hibiscus Sabdariffa* durante 60 días a una dosis de 150 mg / kg de peso corporal. Se realizó una prueba de esfuerzo progresivo máximo (PEPM) en una cinta rodante al principio y al final del estudio. Las variables analizadas fueron: velocidad máxima $V_{m\acute{a}x}$, tiempo y distancia recorrida. El nivel de lactato se midió inmediatamente después de la PEPM. La capacidad funcional se evaluó mediante el índice de distancia / adiposidad. Se empleó el método ANOVA con post hoc de Bonferroni y las pruebas de correlación de Pearson, a un nivel de significancia del 5%. Resultados: Después de ambos tipos de entrenamiento, el entrenamiento contínuo a intensidad moderada y el entrenamiento de intervalos de alta intensidad realizados en cinta rodante, las ratas presentaron disminución del peso corporal final, aumento de peso e índice de adiposidad, así como aumentaron la $V_{m\acute{a}x}$, el tiempo y la distancia recorrida en la PEPM, y mejoraron la capacidad funcional. La suplementación con Hs disminuyó el índice de adiposidad en ratas eutróficas y obesas. El *Hibiscus* asociado al entrenamiento aeróbico redujo el peso corporal final y aumentó la capacidad funcional. Conclusión: La suplementación con Hs redujo el índice de adiposidad en ratas eutróficas y obesas y aumentó la capacidad funcional de ratas obesas entrenadas. **Nivel de Evidencia III; Estudios Terapéuticos - Investigación de Resultados. Estudio de caso – control.**

Descriptor: *Hibiscus*; Entrenamiento de intervalos de alta intensidad; Entrenamiento aeróbico; Obesidad; Prueba de esfuerzo.

DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0119

Artigo recebido em 09/02/2022 aprovado em 27/04/2022

INTRODUÇÃO

Atualmente, a obesidade é considerada um grande problema de saúde pública e está associada ao aumento do risco de mortalidade, redução na expectativa de vida e numerosas comorbidades como doenças metabólicas, cardiovasculares e câncer.¹

A obesidade é causada por um estilo de vida sedentário, dieta inadequada, e fatores psicológicos e genéticos.² Várias abordagens, incluindo tratamentos medicamentosos, mudança no estilo de vida como exercícios regulares e abordagens dietéticas, visam reduzir o peso corporal e do acúmulo da gordura. No entanto, elas são consideradas temporárias e de difícil manutenção por longos períodos, causando o chamado “efeito ioiô”.³ Para soluções de longo prazo, muitas pesquisas têm focado no uso de compostos bioativos como uma nova abordagem terapêutica para tratar a obesidade. Recentemente, compostos bioativos naturais como flavonóides e fenóis, têm demonstrado eficácia no tratamento da obesidade. Compostos bioativos de plantas comestíveis, como a epigalocatequina galato (EGCG) de chá verde, nobiletina de casca de frutas cítricas, curcumina de açafrão, resveratrol, pterostilbeno de bagas e antocianinas de *Hibiscus Sabdariffa* (Hs), respectivamente, demonstraram potencial ação anti-obesidade in vivo e in-vitro.^{4,5}

O Hs é uma espécie botânica pertencente à família Malvaceae, originária da Malásia, e cultivada em regiões tropicais e subtropicais, incluindo o Brasil. A produção de Hs tem aumentado ao longo dos anos como em bebidas culinárias e medicinais. É rico em polifenóis, flavonoides e antocianinas. Foram relatados efeitos terapêuticos anti-obesidade, hipocolesterolemiantes, hipoglicemiantes, anti-aterosclerose, anti-inflamatório, antioxidante, diurético, anti-hipertensivo e hepatoprotetor.⁴⁻⁷

A atividade física é considerada chave primária na prevenção e tratamento da obesidade. A revisão sistemática⁸ ratificam os efeitos anti-obesidade do treinamento físico (TF) na redução do peso corporal, da gordura corporal, aumentando o condicionamento físico, capacidade cardiorrespiratória, massa magra e capacidade funcional.

A peso corporal pode ser reduzido com diferentes formas de TF. O exercício contínuo de intensidade moderada é o mais investigado. Recentemente o treinamento intervalado de alta intensidade tem sido amplamente investigado, devido a de eficiência de tempo na redução do peso corporal. Uma meta-análise mostrou que ambas as formas de exercício foram eficientes em reduzir o peso corporal.⁹

Não há relatos sobre os efeitos do Hs sobre a capacidade funcional. Uma vez que a obesidade gera acúmulo de gordura e reduz a capacidade funcional e tanto o Hs como o TF têm efeitos anti-obesidade, este estudo tem como hipótese que a suplementação de Hs associada ao TF reduzirá a gordura corporal e aumentará a capacidade funcional de ratos eutróficos e obesos. Para tanto, avaliamos os efeitos do Hs e do TF sobre a capacidade funcional de ratos eutróficos e obesos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Animal e modelo experimental

Participaram do estudo ratos Wistar com 30 dias de idade (n=64) do Biotério Central da Universidade Federal de Cuiabá, UFMT, Brasil. Após 30 dias de aclimação os ratos foram distribuídos em oito grupos experimentais (oito ratos cada): Controle (C), *Hibiscus Sabdariffa* (Hs), treinamento intervalado de alta intensidade (TI), treinamento intervalado de alta intensidade + *Hibiscus Sabdariffa* (TIHs), obeso (O), obeso + *Hibiscus Sabdariffa* (OHS), obeso + treinamento aeróbico moderado (OTA) e obeso + treinamento aeróbico moderado + *Hibiscus Sabdariffa* (OTAHS).

O peso corporal foi medido semanalmente para monitorar o desenvolvimento dos ratos, os quais foram mantidos em gaiolas coletivas sob temperatura controlada (24 ± 2 °C) e umidade ($55 \pm 5\%$) em ciclo claro-escuro alternado (12 h-12 h). O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da UFMT (nº 23108,722977 / 2017-35) e seguiu as recomendações do Guia para o Cuidado e Uso de Animais Experimentais e dos Princípios Éticos em Experimentação Animal do Colégio Brasileiro de Animais Experimentação (COBEA).¹⁰

Modelo de dieta e suplementação

Os grupos C, HS, TI, e TIHS receberam ração padrão para roedores (NUVILAB CR-1, Colombo, Paraná, Brasil) e água *ad libitum*. Os ratos dos grupos: O, OHS, OTA e OTAHS receberam uma ração hipercalórica (composta por: pó de ração NUVILAB CR-1, caseína, banha, leite condensado, bolacha de maisena, mistura vitamínica e mineral) e água com sacarose (300g/500ml). A Tabela 1 apresenta a composição nutricional da ração.

Preparação e tratamento com *hibiscus sabdariffa*

O Hs foi adquirido da empresa Chá e Cia (www.chaecia.com.br). O pó do *hibiscus* foi diluído em álcool etílico absoluto na proporção de 10g :100 ml. Essa solução foi armazenada no refrigerador por sete

Tabela 1. Composição Nutricional da ração.

Componentes	Rações	
	Padrão	Hiperclorídica*
Carboidrato	65,6	45,2
Proteína (Caseína > 99%)	22	20,9
Gordura	4	24,5
Fibras	4	4
Mistura de vitaminas ⁺	1	Adicionada
Mistura Mineral ⁺	3,5	Adicionada
Total (%)	100	100
Energia (Kcal/100g)	380	485 [#]
Energia (Kj/100g)	1,591	2,031 [#]

Notas: A dieta comercial NUVILAB Cr-1 contém gordura do óleo de soja e carboidratos como uma soma de amido e sacarose. *A dieta hiperlipídica elaborada pelo nosso grupo contém ração comercial em pó, caseína, biscoito de milho, leite condensado, banha (principal fonte de lipídios), vitaminas e minerais (4,5%). +Com base nas quantidades de vitaminas / minerais da dieta alimentar, a cada 100g da dieta hiperlipídica foi adicionado: ferro: 25,2 mg; potássio: 104,8 mg; selênio 73,1 µg; sulfato de molibdênio: 150,0 µg; vitamina B12: 34,5 µg; vitamina B6: 6 mg; biotina: 0,12 mg; vitamina E: 48,9 IU; vitamina D: 2.447,0 IU; e vitamina A: 15.291,2. #Calorias de açúcar na água potável (1,2 Kcal / mL) não estão incluídas.

dias e foi agitada por duas horas diárias. Após esse período, a solução foi filtrada, seguida evaporação do álcool no rotaevaporador. O extrato então foi seco em estufa por dois dias a 37° C, sendo posteriormente armazenado e diluído em água destilada. Os ratos receberam extrato de Hs diariamente (150mg/kg de peso corporal) por 60 dias.

Teste de esforço progressivo máximo

Os ratos foram submetidos ao teste de esforço progressivo máximo (TEPM) em esteira para avaliação do desempenho físico pré/pós – treinamento e determinação de carga de treinamento.¹¹ As variáveis analisadas durante o teste foram: velocidade máxima ($Vel_{m\acute{a}x}$), tempo e distância percorrida. A velocidade inicial do teste foi de 10 m/min, sendo progressivamente aumentada (dois m/min) a cada dois minutos, até a exaustão. O critério de exaustão adotado para o teste foi a incapacidade de manter a velocidade exigida durante cinco segundos. O TEPM foi repetido após 30 dias do início do treinamento para ajustar cargas do treinamento. Ao final do período experimental todos os ratos foram novamente submetidos ao TEPM.

Protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade e treinamento aeróbio contínuo

Os animais dos grupos TI e TIHs foram submetidos a um programa de treinamento intervalado de alta intensidade (TI) em esteira (oito e dois minutos a uma velocidade correspondente à 80% e 20% da $Vel_{m\acute{a}x}$, respectivamente) por 60 dias.com tempo diário de treinamento de 60 minutos.

Os animais dos grupos OTA e OTAhs foram submetidos a um programa de treinamento contínuo aeróbio de intensidade moderada (TA) em esteira (60 minutos em velocidade correspondente à 50% da $Vel_{m\acute{a}x}$ cinco dias/semana por 60 dias).

Caracterização do índice de adiposidade

O índice de adiposidade (IndA) é um indicador de obesidade que analisa a quantidade de gordura corporal em animais. Após a eutanásia, os depósitos de gordura epididimal, visceral e retroperitoneal dos ratos foram dissecados e pesados. A soma do peso dos depósitos, normalizada pelo peso corporal [(epididimal + retroperitoneal + visceral)/peso corporal x 100] é considerada como IndA.¹²

Determinação do lactato sanguíneo e avaliação da capacidade funcional

Os níveis de lactato sanguíneo foram determinados imediatamente após o TEPM para avaliar a intensidade do exercício por meio do lactímetro portátil (Roche, Accutrend Plus, Alemanha), que quantifica os níveis de

lactato em pequenas quantidades de sangue. Uma gota de sangue foi coletada da ponta da cauda para cada teste.

A capacidade funcional foi medida pela distância percorrida no TEPM dividida pela gordura total.

Análise estatística

Os dados são expressos em média e desvio padrão da média ou erro padrão da média. A normalidade de todas as variáveis foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk. A ANOVA two-way foi utilizada para comparar os grupos (TF, Hs) e complementada pelo teste de Bonferroni.¹³ O teste de correlação de Pearson foi usado para analisar a relação entre a distância percorrida com gordura corporal total. Foi considerado um nível de significância de cinco % para todas as variáveis. O Software GraphPad Prism 8 (Graph-Pad Software, San Diego, CA, USA) foi usado para analisar e criar os gráficos.

RESULTADOS

Nos ratos eutróficos, o TI não suplementado reduziu significativamente em 10% o peso corporal final (PCF), o ganho de peso e o índice de adiposidade em 10%, 26% e 32%, respectivamente. O TI suplementado reduziu o ganho de peso em 20% e IndA em 43% (Tabela 2). Nos ratos obesos, o TA não suplementado reduziu significante o PCF, o ganho de peso, o consumo calórico e o IndA em 25%, 79%, 21% e 21%, respectivamente. O TA suplementado reduziu em 32% o ganho de peso e o IndA em 32% (Tabela 3). A suplementação de Hs não teve efeito sobre PCF e ganho de peso em ratos eutróficos. No Entanto, o IndA diminuiu significativamente em 24% e 12% com ou sem TI, respectivamente (Tabela 2). Nos ratos obesos, a suplementação de Hs reduziu significativamente o PCF, o ganho de peso e IndA em ratos sedentários em 22%, 45% e seis%, respectivamente. O Hs em ratos obesos treinados aumentou em seis% o PCF, 78% o ganho de peso e reduziu em 18% o IndA. Houve associação do Hs com TA no PCF, e ganho de peso nos ratos obesos (Tabela 3).

Na avaliação do desempenho usado o TEPM mostrou que o TI aumentou a distância percorrida, tempo total e na $Vel_{m\acute{a}x}$ e o nível de lactato sanguíneo em 327%, 147%, 99% e 14% em ratos eutróficos e em 311%,106%, 73% e 157%, respectivamente, quando combinada com a suplementação de Hs. A suplementação isolada de Hs não mostrou impacto nos parâmetros do TEPM em ratos eutróficos ou obesos.

Tabela 2. Características gerais dos animais eutróficos submetidos ao protocolo de TI.

	C (n=9)	Hs (n=8)	TI (n=9)	TIHs (n=9)
PCI (g)	358 ± 26	349 ± 22	343 ± 25	345 ± 10
PCF (g)	438 ± 29	419 ± 26	396 ± 20*	401 ± 20
GP (g)	80 ± 17	70 ± 14	59 ± 13*	56 ± 18*
IndA (%)	4,76 ± 1,16	4,03 ± 1,26*	3,33 ± 0,62 [†]	2,91 ± 0,55 ⁺

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão da média; C: Controle; Hs: Hibiscus Sabdariffa; TI: treinamento intervalado de alta intensidade; TIHs: Treinamento intervalado de alta intensidade + Hibiscus Sabdariffa; n: número de animais; PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GP: ganho de peso; IndA: índice de adiposidade (gordura total/PCF). ANOVA, Bonferroni, p <0,05; * vs C; + vs Hs; # vs TI.

Tabela 3. Características gerais dos animais obesos submetidos ao protocolo de TA.

	C (n=8)	O (n=8)	OHs (n=8)	OTA (n=6)	OTAhs (n=7)
PCI (g)	435 ± 62	517 ± 55	463 ± 49	478 ± 41	485 ± 52
PCF (g)	454 ± 44	712 ± 62	553 ± 99*	531 ± 66*	559 ± 83 [#]
GP (g)	30 ± 0,8	205 ± 28	111 ± 18*	42 ± 15*	75 ± 19 ^{##}
CC (Kcal/d)	105 ± 15	133 ± 21	114 ± 16	105 ± 15*	112 ± 11
IndA (%)	4,72 ± 1,77	11,9 ± 1,92	11,7 ± 3,59 [†]	9,93 ± 0,83 [†]	7,95 ± 2,02 ^{##}

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão da média; E: eutrófico (utilizado como padrão de resposta); O: obeso; OTA: obeso + treinamento aeróbio; OHs: obeso + Hibiscus Sabdariffa; OTAhs: obeso + treinamento aeróbio + Hibiscus Sabdariffa; n: número de animais; PCI: peso corporal inicial; PCF: peso corporal final; GP: ganho de peso; CC (Kcal/dia/rato): ingestão calórica inclui a energia da dieta rica em gordura e o açúcar da água potável; Ind. A: índice de adiposidade (gordura total/PCF). ANOVA, Bonferroni, p <0,05; * vs O; + vs OHs; # vs OTA.

(Tabela 4). Em ratos obesos, o TA aumentou a distância percorrida, tempo total e a $Vel_{m\acute{a}x}$ em 187%, 97% e 61% e em 191%, 101% e 66%, respectivamente, quando suplementado com Hs (Tabela 5).

Na avaliação da associação entre a gordura corporal e desempenho, o teste de correlação de Pearson mostrou associação significativa entre distância e o IndA em ratos eutróficos e obesos. A associação entre a

Tabela 4. Dados referente à distância percorrida, tempo gasto e a velocidade máxima no TEPM e do lactato sanguíneo nos animais eutróficos.

	C (n=9)	Hs (n=8)	TI (n=9)	TIHs (n=9)
Distância (m)	354 ± 61	334 ± 93	1511 ± 307*	1376 ± 319+
Tempo (min)	18,7 ± 2,2	21,1 ± 3,1	46,3 ± 5,4*	43,4 ± 6,2+
$Vel_{m\acute{a}x}$ (m/min)	27,6 ± 2,2	30,2 ± 3,1	55,0 ± 5,6*	52,4 ± 6,1+
Lactato	10,7 ± 4,1	6,3 ± 5,1	12,2 ± 3,4*	16,2 ± 3,2+#

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão da média; C: controle; Hs: Hibiscus Sabdariffa; TI: treinamento intervalado de alta intensidade; TIHs: Treinamento intervalado de alta intensidade + Hibiscus Sabdariffa; n: número de animais; Distância: distância percorrida por metros; Tempo: tempo gasto em minutos; $VEL_{m\acute{a}x}$: velocidade máxima percorrida em metros por minuto; Lactato: ácido láctico medido em milimol por litro. ANOVA, Bonferroni, $p < 0,05$; *vs. C; +vs. Hs; #vs. TI.

Tabela 5. Dados referente à distância percorrida, tempo gasto e a velocidade máxima no TEPM e do lactato dos animais obesos.

	C (n=8)	O (n=8)	OHs (n=8)	OTA (n=6)	OTAHs (n=7)
Distância (m)	505 ± 85	234 ± 66	265 ± 130	673 ± 224*	773 ± 116+
Tempo (min)	24,8 ± 2,8	14,3 ± 2,7	15,5 ± 5,1	28,3 ± 6,2*	31,2 ± 2,9+
$Vel_{m\acute{a}x}$ (m/min)	34,3 ± 3,4	23,3 ± 2,6	24,3 ± 5,4	37,7 ± 6,4*	40,3 ± 2,7+
Lactato	9,6 ± 2,1	12,1 ± 4,7	11,3 ± 3,6	12,5 ± 5,4	11,2 ± 2,6

Nota: Valores expressos em média ± desvio padrão da média; E: eutrófico (utilizado como padrão de resposta); O: obeso; OTA: obeso + treinamento aeróbio; OHs: obeso + Hibiscus Sabdariffa; OTAHs: obeso + treinamento aeróbio + Hibiscus Sabdariffa; n: número de animais; Distância: distância percorrida por metros; Tempo: tempo gasto em minutos; $VEL_{m\acute{a}x}$: velocidade máxima percorrida em metros por minuto; Lactato: ácido láctico medido em milimol por litro. ANOVA, Bonferroni, $p < 0,05$; *vs. O; +vs. Hs; #vs. TI.

distância e o IndA foi inversamente proporcional para os eutróficos e para os obesos, demonstrando que quanto menor o IndA maior foi a distância percorrida no TEMP (Figura 1).

A avaliação da capacidade funcional (Distância/IndA) mostrou que o TF aumentou a capacidade funcional nos animais eutróficos e obesos (Figura 2A e 2B). A suplementação de Hs não mostrou efeito sobre a capacidade funcional em ratos eutróficos, mas aumentou a capacidade funcional dos animais obesos. Também houve efeito da interação do Hs com o TA na capacidade funcional em ratos obesos (Figura 2B).

DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar os efeitos da suplementação de Hs e do TF sobre a capacidade funcional em ratos eutróficos e obesos submetidos a diferentes protocolos de TF. O principal foi que a associação do TF e Hs reduziu a gordura corporal e aumentou a capacidade funcional nos ratos obesos. No entanto, apesar do Hs reduzir o IndA, não houve efeito sobre a capacidade funcional nos ratos eutróficos.

O protocolo de TF de cada grupo foi estabelecido de acordo com condições clínicas.¹⁴ Em estudo piloto, os ratos obesos não conseguiram realizar o TI devido ao excesso de peso. Assim, para eles foi o TA (50% da $Vel_{m\acute{a}x}$ no TEPM). Os ratos eutróficos realizaram TI padronizado em nosso laboratório, considerando os melhores resultados de condicionamento físico.¹¹ A obesidade induzida por dieta hipercalórica resultou em aumento de peso corporal e gordura corporal, corroborando com outros estudos realizados em nosso laboratório.¹⁵

Os protocolos de TF usados nesse estudo foram eficazes na redução do peso e da gordura. O peso corporal diminuiu 10% e 25% nos ratos eutróficos e obesos, respectivamente. A gordura corporal foi 295% maior nos ratos obesos do que nos ratos eutróficos. A análise do IndA mostrou que TI diminuiu a gordura corporal em 32% nos ratos eutróficos e o TA em 21% nos ratos obesos, indicando que a gordura corporal não reflete diretamente o peso corporal. Esses resultados confirmam que independente da sua intensidade, o TF controla o peso corporal e é

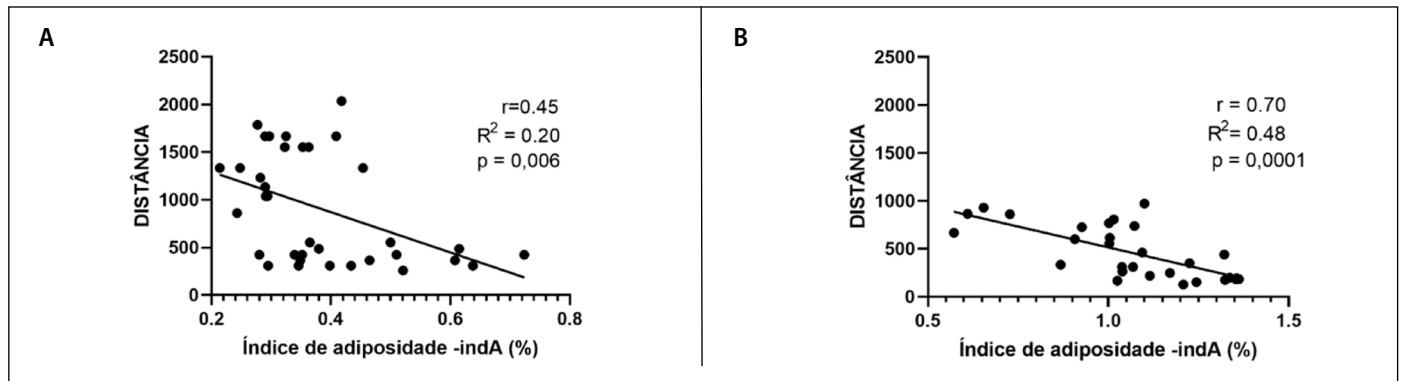


Figura 1. Correlação entre a distância e o índice de adiposidade dos animais eutróficos (A) e obesos (B).

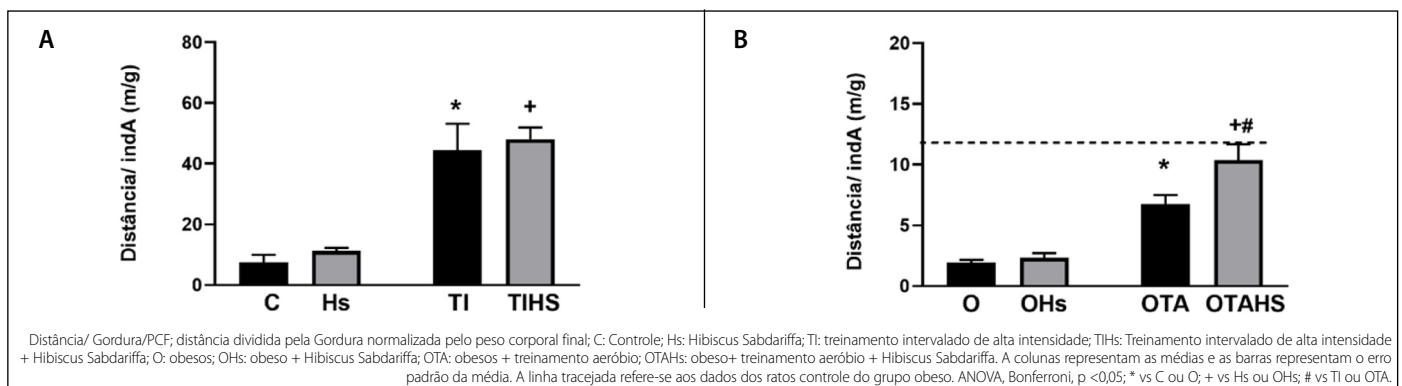


Figure 2. Avaliação da capacidade funcional.

uma poderosa ferramenta no tratamento da obesidade.¹⁶ Esses dados corroboram com metanálise¹⁷ que mostrou que tanto o TI quanto o TA promovem redução na gordura corporal. Silva¹⁸ relatou que um protocolo de TF contínuo moderado cinco dias / semana por 12 semanas reduziu a gordura corporal em ratos obesos sob dieta hipercalórica, sendo eficiente no combate à obesidade.

Os protocolos de TI e TA aumentaram os parâmetros de desempenho do TEPM em ratos eutróficos e obesos nesse estudo. Esses dados corroboram com estudos que mostram que o TF melhora significativamente no volume máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) consumido independente do protocolo de TF aplicado.¹⁹ Kapravelou et al.²⁰ verificaram que os ratos obesos tiveram menor desempenho no teste de esforço físico quando comparado com os ratos eutróficos. Embora nosso estudo não tenha comparado os diferentes modelos de TF, esses resultados indicam que o modelo de TF e a condição clínica resultaram na diminuição do desempenho no TEPM.

O Hs reduziu a gordura corporal em ratos eutróficos e obesos, corroborado com achados anteriores.¹⁵ O efeito do Hs na gordura corporal em obesos é demonstrado na metanálise de Zhang et al.²¹ que mostrou que o uso de Hs como tratamento fitoterápico reduziu os níveis de colesterol em pacientes com síndrome metabólica. Estudo de Diez-Echave et al.²² mostrou que o tratamento com Hs com doses de uma, 10 e 25mg/kg/dia por seis semanas, diminuiu o teor de gordura na obesidade induzida por dieta hipercalórica em ratos obesos. Um estudo realizado por Morales-Luna et al.²³ mostrou que o tratamento de Hs nas concentrações de 500 e 750mg/100ml de água à vontade durante 16 semanas teve efeito anti-obesogênico em ratos com obesidade induzida por dita hipercalórica. Segundo os autores, ambas as concentrações de Hs promoveram menor armazenamento de triglicerídeos nos adipócitos. Em ensaio clínico com pacientes obesos com esteatose hepática mostrou que o tratamento com Hs (seis cápsulas de 450 mg/dia- por 12 semanas) reduziu o peso corporal, gordura corporal e a relação cintura-quadril, além de reduzir os ácidos graxos livres, apresentando um efeito benéfico na regulação metabólica.²⁴ Os efeitos da redução de gordura podem ser devido a vários mecanismos. Os compostos bioativos (polifenólicos e flavonóides) contidos no Hs podem reduzir os oxisteróis (um colesterol derivado) no metabolismo dos ácidos biliares e bloquear o acúmulo de lipídios no fígado, também pode modulando a absorção de gordura aumentando a excreção de ácido palmítico nas fezes, associada à diminuição dos triglicerídeos e níveis de colesterol. Os polifenóis são eficientes na supressão da adipogênese,

sendo considerados os principais componentes ativos e responsáveis pelo efeito anti-obesogênico. A literatura relata que os compostos bioativos naturais de Hs, como os polifenóis, é um potencial agente de tratamento para inibir a adipogênese, assim combater a obesidade.^{4,25}

O Hs reduziu o ganho de peso corporal e aumentou a capacidade funcional dos ratos obesos, mas não nos ratos eutróficos. Estudos sobre o efeito do Hs e o TF no desempenho físico ainda são escassos. Um estudo de Anel et al.²⁶ relatou a melhora no $VO_{2máx}$ e nos resultados dos testes de velocidade em jovens atletas sob Hs antes e pós treino em dose de 2,5 g/240 ml de água. A maioria dos estudos que associam o Hs com a melhora do desempenho mostra o efeito antioxidante. Hsieh et al.²⁷ realizaram uma pesquisa com roedores e mostraram que o ácido hibiscus protocatechuic, extraído da folha seca Hs, que possui propriedades antioxidantes, inibiu o nível do estresse oxidativo causado pelo exercício exaustivo. Além disso, estudo de Ilyas et al.²⁸ demonstrou efeito antioxidante do Hs, pois contem antocianinas, causando diminuição dos radicais livres, que pode prevenir a síndrome de *overtraining*. Nosso estudo sugere que o Hs influencia positivamente a capacidade funcional, acelerando assim a redução de gordura corporal. Vários estudos mostram a influência negativa da gordura corporal sobre a capacidade funcional. O estudo longitudinal de Pribis et al.²⁹ realizado por mais de 13 anos com mais de 5.000 alunos, mostrou correlação negativa entre o aumento da composição corporal e a diminuição do $VO_{2máx}$, uma vez que os participantes com o aumento do IMC ao longo dos anos apresentaram diminuição na aptidão aeróbia. Estudo de Capel et al.³⁰ avaliou 197 meninas com média de 13 anos e nos mostrou que as participantes que tinham maior percentual de gordura corporal e índice de massa corporal tinham menor capacidade aeróbia ($VO_{2máx}$) comparado com meninas de peso normal.

CONCLUSÃO

Em conclusão, este estudo mostrou que o Hs pode reduzir o consumo calórico, o peso corporal e da gordura corporal, diminuindo o peso corporal e aumentando a capacidade funcional em ratos obesos quando associada ao TA de intensidade moderada. Novos estudos são necessários para estabelecer os efeitos benéficos da combinação da suplementação de *Hibiscus Sabdariffa* e o treinamento físico.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. DBBO redação, análise estatística, conceito intelectual e elaboração do projeto de pesquisa; GAC redação, revisão e conceito intelectual; MAG análise das lâminas e revisão; PCJC coleta, processamento e interpretação de dados; GFB análise das lâminas e revisão; APLL redação, revisão e conceito intelectual; ASL redação, revisão e conceito intelectual; MMS redação, análise estatística, conceito intelectual e confecção de todo o projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. World Health Organization. Obesity and overweight. 2021 [acesso em 2021 jun]. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>.
2. Wannmacher L. Obesity as a risk factor for morbidity and mortality: evidence on management with non-drug measures. OPAS/OMS – Representação Brasil. 2016;1(7):1–10.
3. Annamalai S, Mohanam L, Alwin D, Prabh V. Effect of combination therapy of melatonin and orlistat on high fat diet induced changes in lipid profiles and liver function parameters in serum of rats. *Obes Med*. 2016;2:41–5.
4. Kao E, Yang M, Hung C, Huang C, Wang C. Polyphenolic extract from *Hibiscus sabdariffa* reduces body fat by inhibiting hepatic lipogenesis and preadipocyte adipogenesis. *Food Funct*. 2016;7(1):171–82.
5. Rahaman H, Saari N, Abas F, Ismail A, Mumtaz M, Hamid A. Anti-obesity and antioxidant activities of selected medicinal plants and phytochemical profiling of bioactive compounds. *Int J Food Prop*. 2017;20(11):2616–29.
6. Ajiboye TO, Raji HO, Adeleye AO, Adigun NS, Giwa OB, Ojewuji OB, et al. *Hibiscus sabdariffa* calyx palliates insulin resistance, hyperglycemia, dyslipidemia and oxidative rout in fructose-induced metabolic syndrome rats. *J Sci Food Agric*. 2016;96(5):1522–31.
7. Huang T, Chang C, Kao ES, Lin J. Effect of *Hibiscus sabdariffa* extract on high fat diet-induced obesity and liver damage in hamsters. *Food Nutr Res*. 2015;59:29018.
8. Bennie J, Cocker K, Pavey T, Stamatakis E, Biddle S, Ding D. Muscle Strengthening, Aerobic Exercise, and Obesity: A Pooled Analysis of 1.7 Million US Adults. *Obesity*. 2020;28(2):371–8.
9. Weweg M, Berg R, Ward R, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2017;18(6):635–46.
10. Sociedade Brasileira de Ciência em Animais de Laboratório (COBEA). Princípios éticos para o uso de animais. 2013 [acesso em 2020 dez]. Disponível em: https://www.sbcal.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=65
11. Neves CH, Tibana RA, Prestes J, Voltarelli FA, Aguiar AF, Mota GAF, et al. Digoxin Induces Cardiac Hypertrophy Without Negative Effects on Cardiac Function and Physical Performance in Trained Normotensive Rats. *Int J Sports Med*. 2016;22(5):398–402.
12. Leopoldo AS, Lima-Leopoldo AP, Nascimento AF, Luvizotto RAM, Sugizaki MM, Campos DHS, et al. Classification of different degrees of adiposity in sedentary rats. *Braz J Med Biol Res*. 2016;49(4):e5028.
13. Bailey, B. Tables of the Bonferroni t statistic. *JASA*. 1977;72(358):469–78.
14. Franklin BA, Thompson PD, Al-Zaiti S, Albert CM, Hivert MF, Levine BD, et al. Exercise-Related Acute Cardiovascular Events and Potential Deleterious Adaptations Following Long-Term Exercise Training: Placing the Risks Into Perspective—An Update: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2020;141(13):e705–36.
15. Von Dentz K, Silva B, Queiroz E, Bomfim GF, Nascimento AF, Sugizaki MM, et al. *Hibiscus sabdariffa* ethanolic extract modulates adipokine levels, decreases visceral fat and improves glycemic profile in high-fat/sugar diet-induced obese rats. *Nutr Food Sci*. 2020;51(2):222–33.
16. World Health Organization. Physical activity. 2018 [acesso em 2020 nov]. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>

17. Keating S, Johnson N, Mielke G, Coombes J. A systematic review and meta-analysis of interval training versus moderate intensity continuous training on body adiposity. *Obes Rev.* 2017;18(8):943-64.
18. Da Silva V, Lima- Leopoldo A, Ferron A, Cordeiro J, Freire P, Campos D, et al. Moderate exercise training does not prevent the reduction in myocardial L-type Ca²⁺ channels protein expression at obese rats. *Physiol Rep.* 2017;5(19):e13466.
19. Liu X, Wang G. The Effect of High-Intensity Interval Training on Physical Parameters, Metabolomic Indexes and Serum Ficolin-3 Levels in Patients with Prediabetes and Type 2 Diabetes. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2021;129(10):740-9.
20. Kapravelou G, Martínez R, Andrade A, Nebot E, Camiletti-Moirón D, Aparício V, et al. Aerobic interval exercise improves parameters of nonalcoholic fatty liver disease (NAFLD) and other alterations of metabolic syndrome in obese Zucker rats. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(12):1242-52.
21. Zhang B, Yue R, Wang Y, Wang L, Chin J, Huang X, et al. Effect of Hibiscus sabdariffa (Roselle) supplementation in regulating blood lipids among patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis. *Phytother Res.* 2019;34(5):1083-95.
22. Diez-Echave P, Vezza T, Rodríguez-Nogales A, Ruiz-Malágon A, Hidalgo-García L, Garrido-Mesa J, et al. The prebiotic properties of Hibiscus sabdariffa extract contribute to the beneficial effects in diet-induced obesity in mice. *Food Res Int.* 2020;127:108722.
23. Morales-luna E, Pérez-Ramírez I, Salgado L, Castaño-Tostado E, Gómez-Aldapa C, Reynoso-Camacho R. The main beneficial effect of roselle (Hibiscus sabdariffa) on obesity is not only related to its anthocyanin content. *J Sci Food Agric.* 2019;99(2):596-605.
24. Kim MS, Kim JK, Kim HJ, Moon SR, Shin BC, Park KW, et al. Hibiscus extract inhibits the lipid droplet accumulation and adipogenic transcription factors expression of 3T3-L1 preadipocytes. *J Altern Complement Med.* 2003;9(4):499-504.
25. Villalpando-Artega E, Condado E, Esquivel-Solis H, Canales-Aguirre A, Gálvez-Gastélum F, Mateo-Díaz J, et al. Hibiscus sabdariffa L. aqueous extract attenuates hepatic steatosis through down-regulation of PPAR-γ and SREBP-1c in diet-induced obese mice. *Food Funct.* 2013;4(4):618-26.
26. Anel T, Subapriya M, Singh T. Influence of Hibiscus sabdariffa Linn. calyces drink on fitness and blood parameter on Thang-Ta athletes from Manipur. *Pharma Innov.* 2019;8(6):1019-23.
27. Hsieh C, Lee M, Chen C, Hsu J, Lu H, Wang C, et al. Hibiscus protocatechuic acid supplementation reduces oxidative stress induced by exhaustive exercise in rat muscle. *J Exerc Sci Fit.* 2006;4(1):59-64.
28. Ilyas E, Kartinah N, Andraini T, Goenarjo R, Kahandjak D. Effects of Hibiscus sabdariffa Linn. on insulin-like growth factor binding protein 3 (IGFBP-3) to prevent overtraining syndrome. *Med J Indones.* 2014;23(4):187-91.
29. Pribis P, Burtnack C, McKenzie S, Thayer J. Trends in body fat, body mass index and physical fitness among male and female college students. *Nutrients.* 2010;2(10):1075-85.
30. Capel T, Vaisberg M, Araujo M, Paiva R, Santos J, Jármay-Di Bella Z. Influence of body mass index, body fat percentage and age at menarche on aerobic capacity (VO₂ max) of elementary school female students. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2014;36(2):84-9.