

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 30/04/2027.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO
MOVIMENTO – INTERUNIDADES**

PEDRO ENRICO MARTIN DE OLIVEIRA

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE CAPSIATE NO
GASTO ENERGÉTICO E RESPOSTAS AUTONÔMICAS EM
HOMENS JOVENS OBESOS E NÃO OBESOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE APTIDÃO
CARDIORRESPIRATÓRIA.**

Presidente Prudente -SP

2025

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO –
INTERUNIDADES**

PEDRO ENRICO MARTIN DE OLIVEIRA

**EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE CAPSIATE NO
GASTO ENERGÉTICO E RESPOSTAS AUTONÔMICAS EM
HOMENS JOVENS OBESOS E NÃO OBESOS COM
DIFERENTES NÍVEIS DE APTIDÃO
CARDIORRESPIRATÓRIA.**

Dissertação apresentada a Unidade do Câmpus de
Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Mestre em Ciências do Movimento.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos de Lira

Presidente Prudente
2025

O48e

Oliveira, Pedro Enrico Martin de

Efeitos de diferentes doses de capsiate: no gasto energético e respostas autonômicas em homens jovens obesos e não obesos com diferentes níveis de aptidão cardiorrespiratória / Pedro Enrico Martin de Oliveira. -- Presidente Prudente, 2025
45 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Fábio Santos de Lira

1. Capacidade aeróbia. 2. Obesidade. 3. Suplementos dietéticos. 4. Metabolismo energético. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

A presente dissertação está em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 (ODS 3) – que visa "assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades"– Saúde e Bem-Estar. Essa conexão se dá porque a obesidade é um dos principais fatores de risco para diversas doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares, hipertensão e certos tipos de câncer. Ao investigar os efeitos das doses de capsiate, o estudo contribui diretamente para achados que buscam prevenção e o controle da obesidade, promovendo a saúde populacional.

Potential Impact of This Research

This dissertation aligns with Sustainable Development Goal 3 (SDG 3) – which aims to "ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages" – Good Health and Well-Being. This connection is evident because obesity is one of the main risk factors for several non-communicable chronic diseases (NCDs), such as type 2 diabetes, cardiovascular diseases, hypertension, and certain types of cancer. By investigating the effects of different doses of capsiate, this study directly contributes to findings that aim to prevent and control obesity, thereby promoting population health.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITOS DE DIFERENTES DOSES DE CAPSIATE NO GASTO ENERGÉTICO E RESPOSTAS AUTONÔMICAS EM HOMENS JOVENS OBESOS E NÃO OBESOS COM DIFERENTES NÍVEIS DE APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA.

AUTOR: PEDRO ENRICO MARTIN DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: FÁBIO SANTOS DE LIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências do Movimento, área: Biodinâmica do Movimento pela Comissão Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
LUIS ALBERTO GOBBO
Data: 05/05/2025 18:40:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. LUIS ALBERTO GOBBO (Participação Virtual)
Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - UNESP

Prof. Dr. EDUARDO ZAPATERRA CAMPOS (Participação Virtual)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dr. RONALDO VAGNER THOMATIELI DOS SANTOS (Participação Virtual)
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP

Presidente Prudente, 30 de abril de 2025

Dedico este trabalho aos meus familiares, que me apoiaram durante toda minha vida, e aos amigos que estiveram ao meu lado nesta etapa.

AGRADECIMENTOS

Aos meus avós, José e Ignês, pelo amor incondicional e pelos ensinamentos que levarei para toda a vida. Suas histórias de vida foram inspirações constantes ao longo desta etapa da minha vida.

Aos meus pais, por todo apoio, dedicação e incentivo. Sem vocês, nada disso seria possível.

Aos meus colegas de laboratório, em especial Tiago, Caíque, Bárbara, Karina e Neto, pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento e pelo suporte durante toda a trajetória acadêmica. Cada discussão, experiência compartilhada e momento de descontração tornaram esse percurso mais leve e enriquecedor.

Ao Prof. Fábio, por toda orientação, paciência e ensinamentos valiosos. Seu comprometimento e dedicação foram fundamentais para meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao grupo de pesquisa LAFICE, por me proporcionar um ambiente de aprendizado colaborativo e por todas as contribuições que enriqueceram este trabalho.

Também ao grupo CIDAF, que me acolheu em minha capacitação internacional realizada Universidade de Coimbra (UC) e ao Prof. Manuel João Coelho-e-Silva.

À UNESP, pela estrutura e oportunidades oferecidas ao longo da minha formação. Agradeço por ter sido parte de uma instituição que valoriza o conhecimento e a de forma categórica a pesquisa científica.

Epígrafe

“Se eu vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes.”

(Isaac Newton)

RESUMO

Introdução: O equilíbrio entre ingestão alimentar e gasto energético é essencial para a regulação do peso corporal e prevenção de distúrbios metabólicos. O capsiate, um análogo não pungente da capsaicina, tem sido investigado pelo seu potencial efeito termogênico e pela capacidade de aumentar a oxidação de gorduras, tanto em repouso, quanto durante exercício, podendo contribuir para o controle da obesidade. O presente projeto de pesquisa teve como objetivo investigar os efeitos da suplementação aguda de capsiate sobre o gasto energético de repouso (GER), oxidação de substratos energéticos, assim como a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em adultos jovens eutróficos (EUT) e sobrepesados/obesos (SOB/OB).

Métodos: Um desenho experimental randomizado, duplo-cego e cruzado incluiu 19 homens saudáveis, sendo $n=7$ EUT (23 ± 4 anos, $73,28 \pm 12,63$ kg, $55,01 \pm 4,02$ mL/kg/min) e $n=12$ SOB/OB (27 ± 5 anos, $113,56 \pm 19,18$ kg, $41,86 \pm 7,18$ mL/kg/min) de 18 a 35 anos. Os participantes foram submetidos a cinco sessões experimentais não consecutivas, onde receberam placebo (amido de milho) ou diferentes doses de capsiate (12, 24 e 36 mg). O GER foi avaliado pelo consumo de oxigênio (Quark PFT model), enquanto a VFC foi medida em repouso usando um monitor cardíaco (Polar V800). Para análise estatística, foi utilizado ANOVA de medidas repetidas com teste *post hoc* de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados: O grupo SOB/OB apresentou maior GER ($68,2 \pm 7,9$ kcal) em comparação ao grupo EUT ($57,5 \pm 5,8$ kcal; $p = 0,003$). A oxidação de gordura também foi superior no grupo SOB/OB ($13,49 \pm 2,96\%$) em relação ao EUT ($10,15 \pm 2,53\%$; $p = 0,023$). Por outro lado, o grupo EUT apresentou maior oxidação de carboidratos ($89,86 \pm 2,53\%$) do que o grupo SOB/OB ($86,51 \pm 2,96\%$; $p = 0,023$). A contribuição oxidativa total em litros de oxigênio (LO_2) foi semelhante entre os grupos (EUT: $12,05 \pm 1,30$ L; SOB/OB: $11,65 \pm 1,28$ L). Não foram identificados efeitos significativos das diferentes doses de capsiate ou interação grupo $\times$ dose, e nos índices globais de VFC.

Conclusão: A suplementação aguda com capsiate não promoveu efeito significativo entre doses. Indivíduos com sobrepeso/obesidade apresentaram maior gasto energético e oxidação de gorduras em repouso, independentemente da dose. Novos estudos devem investigar os efeitos crônicos da suplementação em diferentes populações.

Palavras-Chave: Aptidão Cardiorrespiratória, excesso de gordura corporal, suplementação, gasto energético de repouso.

ABSTRACT

Introduction: The balance between dietary intake and energy expenditure is essential for body weight regulation and the prevention of metabolic disorders. Capsiate, a non-pungent analog of capsaicin, has been investigated for its potential thermogenic effects and its ability to enhance fat oxidation at rest and during exercise, potentially contributing to obesity control. The aim of the present research project was to investigate the effects of acute capsiate supplementation on resting energy expenditure (REE), substrate oxidation, and heart rate variability (HRV) in eutrophic young adults (EUT) and overweight/obesity (SOB/OB). **Methods:** A randomized, double-blind, crossover experimental design was conducted with 19 healthy males, including 7 EUT participants (23 ± 4 years, 73.28 ± 12.63 kg, 55.01 ± 4.02 mL/kg/min) and 12 SOB/OB participants (27 ± 5 years, 113.56 ± 19.18 kg, 41.86 ± 7.18 mL/kg/min), aged between 18 and 35 years. Participants underwent five non-consecutive experimental sessions in which they received either a placebo (cornstarch) or different doses of capsiate (12, 24, and 36 mg). REE was assessed via oxygen consumption using the Quark PFT system, while HRV was measured at rest using a heart rate monitor (Polar V800). Body composition was assessed via DXA. Repeated-measures ANOVA followed by Tukey's post hoc test was used for statistical analysis ($p < 0.05$). **Results:** The SOB/OB group showed higher REE (68.2 ± 7.9 kcal) compared to the EUT group (57.5 ± 5.8 kcal; $p = 0.003$). Fat oxidation was also higher in the SOB/OB group ($13.49 \pm 2.96\%$) compared to the EUT group ($10.15 \pm 2.53\%$; $p = 0.023$). Conversely, the EUT group exhibited higher carbohydrate oxidation ($89.86 \pm 2.53\%$) than the SOB/OB group ($86.51 \pm 2.96\%$; $p = 0.023$). Total oxidative contribution in liters of oxygen (LO_2) was similar between groups (EUT: 12.05 ± 1.30 L; SOB/OB: 11.65 ± 1.28 L; $p > 0.05$). No significant effects were observed between capsiate doses or in the group $\times$ dose interaction, or global HRV indices. **Conclusion:** Acute capsiate supplementation did not produce significant dose-related effects. Overweight/obese individuals exhibited greater resting energy expenditure and fat oxidation regardless of the dose. Further studies are warranted to explore the chronic effects of supplementation across different populations.

Keywords: Cardiorespiratory fitness, excess body fat, supplementation, resting energy expenditure.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Desarranjo local dos adipócitos na obesidade	18
Figura 2 - Ativação do TRPV1	21
Figura 3 - Hipótese do estudo	22
Figura 4 - Delineamento experimental.....	25
Figura 5 - Respostas Fisiológicas de Acordo com o Estado Nutricional e Diferentes Dosagens de Capsiate	33
Figura 6 - Resposta da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Diferentes Dosagens de Capsiate ..	34

Lista de Tabelas

Tabela 1. Características gerais da amostra.....	29
Tabela 2. Composição corporal dos jovens adultos.	30
Tabela 3. Consumo alimentar nas 24 horas anteriores a cada sessão experimental dos participantes jovens	32

Lista de abreviaturas e siglas

CAP - Capsaicina ou Capsinoides
CHO - Carboidratos (*Carbohydrates*)
DCNT - Doenças Crônicas Não Transmissíveis
DEXA - *Dual-Energy X-Ray Absorptiometry* (Absorciometria de Raios-X de Dupla Energia)
EI - Ingestão Energética (*Energy Intake*)
HDL-c - Lipoproteína de Alta Densidade
HIIT - *High-Intensity Interval Training* (Treinamento Intervalado de Alta Intensidade)
VFC - Variabilidade da Frequência Cardíaca
IL-10 - Interleucina-10
IL-6 - Interleucina-6
IMC - Índice de Massa Corporal
JASP - Jeffreys's Amazing Statistics Program
LDL-c - Lipoproteína de Baixa Densidade
LIP - Lipídios
LPS - Lipopolissacarídeo
NF- κ B - Fator Nuclear Kappa B
PCR - Proteína C-Reativa
PLA - Placebo
PRO - Proteínas
PSE - Percepção Subjetiva de Esforço
GER – Gasto energético de repouso
RMSSD - *Root Mean Square of Successive Differences* (Raiz Quadrada da Média das Diferenças Sucessivas)
RQ - *Respiratory Quotient* (Quociente Respiratório)
SDNN - *Standard Deviation of NN intervals* (Desvio Padrão dos Intervalos NN)
TAG – Triacilgliceróis
TAM – Tecido Adiposo Marrom
TINN – Interpolação Triangular do Histograma dos Intervalos NN
TLR - Receptor do Tipo Toll
TNF- α - Fator de Necrose Tumoral Alfa
TRPV1 - Receptor Potencial Transitório Vanilóide 1
VO₂pico - Consumo pico de Oxigênio

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
Figura 1 - Desarranjo local dos adipócitos na obesidade	18
Figura 2 - Ativação do TRPV1	21
Figura 3 - Hipótese do estudo	22
JUSTIFICATIVA.....	23
OBJETIVOS.....	24
Objetivo Geral.....	24
Objetivo Específico	24
MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
Desenho Experimental e Aprovação Ética.....	25
Figura 4 - Delineamento experimental.....	25
Participantes	26
Antropometria, Composição Corporal e Nível de Atividade Física.....	26
Consumo alimentar	26
Teste incremental máximo	27
Consumo de Oxigênio, Gasto Energético de Repouso e Oxidação de Substratos Metabólicos.....	27
Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC).....	28
Análise Estatística	28
RESULTADOS.....	29
Composição Corporal e Consumo Alimentar	29
Tabela 1. Características gerais da amostra.....	29
Tabela 2. Composição corporal dos jovens adultos.	30
Tabela 3. Consumo alimentar nas 24 horas anteriores a cada sessão experimental dos participantes jovens	32
Figura 5 - Respostas Fisiológicas de Acordo com o Estado Nutricional e Diferentes Dosagens de Capsiate	33
Figura 6 - Resposta da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Diferentes Dosagens de Capsiate ..	34
DISCUSSÃO.....	36
CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

Apresentação

Essa dissertação está apresentada em consonância com as normas do modelo monográfico de dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências do Movimento – Interunidades (PPGCMi) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. O conteúdo desse trabalho contempla o material a pesquisa intitulada “Efeitos de Diferentes Doses de Capsiate no Gasto Energético e Respostas Autonômicas em Homens Jovens Obesos e Não Obesos com Diferentes Níveis de Aptidão Cardiorrespiratória” realizada na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente – SP, Brasil. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Desta forma o material está dividido nas seguintes seções/tópicos:

- Introdução;
- Materiais e métodos;
- Resultados;
- Discussão;
- Conclusão;
- Referências;

INTRODUÇÃO

A obesidade se tornou um dos principais desafios de saúde pública mundial, afetando milhões de pessoas e favorecendo a instalação e progressão de diversos fatores de risco associados com o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), tais como, doenças cardiovasculares, diabetes *mellitus* tipo 2, e alguns tipos de cânceres (mama, cólon, entre outros) (LEE et al., 2012). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a prevalência global da obesidade quase triplicou desde 1975, tornando-se um fator crítico para a morbimortalidade (World Health Organization, 2023). No Brasil, os dados mais recentes do Vigitel indicam que cerca de 60% da população adulta apresenta excesso de peso, e aproximadamente 25% são classificados como obesos (Ministério da Saúde, 2023).

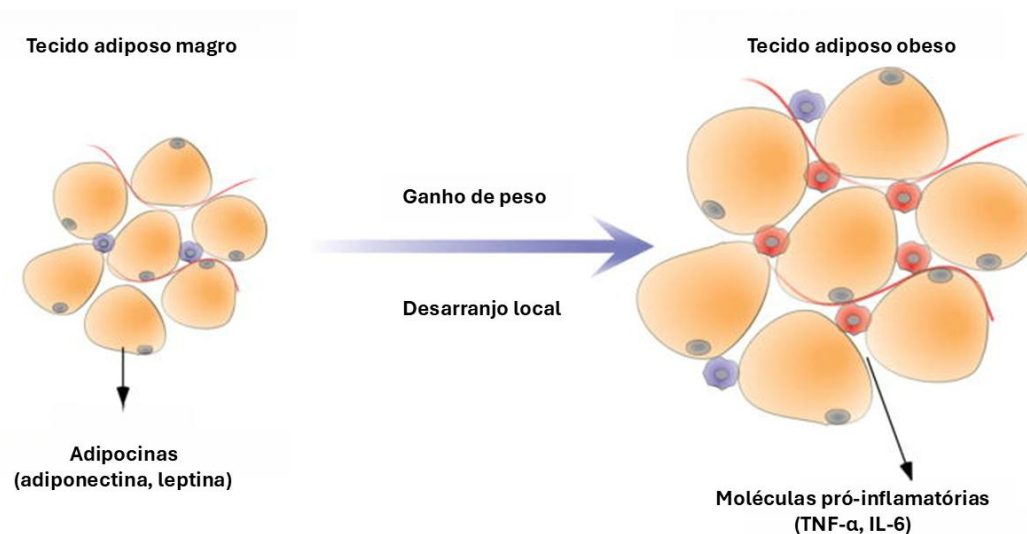
O quadro de obesidade é caracterizado pela hipertrofia das células adiposas, observa-se um desequilíbrio tecidual culminando em morte de adipócitos, hipóxia tecidual e estresse mecânico dos adipócitos com a matriz extracelular, aumentando a síntese e liberação de quimiocinas e citocinas, tais como proteína quimiotática de monócitos – 1 (MCP-1), proteína inflamatória de macrófago – 1 (MIP-1), interleucina-8 (IL-8), entre outros (STRACZKOWSKI et al., 2002), para que haja mobilização de células imunológicas circulantes, principalmente monócitos (ENGIN, 2017; REILLY; SALTIEL, 2017a), para reestabelecer a homeostase tecidual.

Paralelamente, o aumento da permeabilidade intestinal, contribui para a elevação das concentrações plasmáticas de endotoxinas (como o lipopolissacarídeo – LPS) e de ácidos graxos saturados. Embora o LPS atue diretamente sobre receptores do tipo Toll (TLR), especialmente o TLR4, evidências recentes indicam que ácidos graxos saturados de cadeia longa, como o palmitato, não se ligam diretamente ao TLR4. Em vez disso, o TLR4 desempenha um papel indireto na mediação da inflamação induzida por lipídios, por meio da reprogramação do metabolismo de macrófagos e da indução de estresse no retículo endoplasmático (LANCASTER et al., 2018). Dessa forma, o processo inflamatório crônico relacionado à obesidade pode ser amplificado por alterações metabólicas e de sinalização, culminando na ativação de vias pró-inflamatórias, incluindo o fator nuclear kappa B (NF- κ B) (REILLY; SALTIEL, 2017b).

A persistência deste desarranjo local, como representado na Figura 1, em decorrência da manutenção dos maus hábitos alimentares diários, desencadeia um quadro

de inflamação crônica de baixo grau, caracterizado pelo aumento de duas a três vezes as concentrações plasmáticas de marcadores inflamatórios como o fator de necrose tumoral alfa (TNF- α), interleucina-6 (IL-6), inibidor do ativador do plasminogênio tipo 1 (PAI-1), proteína C-reativa (PCR) e redução na concentração de citocinas de caráter anti-inflamatório, como a adiponectina e IL-10 (REILLY; SALTIEL, 2017b)

Figura 1 - Desarranjo local dos adipócitos na obesidade



Fonte: ODEGAARD; CHAWLA, 2011; Traduzido e adaptado.

A gordura corporal desempenha papel fundamental no metabolismo e na função autonômica, influenciando tanto o gasto energético quanto a regulação cardiovascular (GUARINO et al., 2017). A obesidade central está associada a disfunções metabólicas e a um desequilíbrio autonômico, frequentemente caracterizado por uma atividade aumentada do sistema nervoso simpático (SNS) e uma redução da atividade parassimpática (PATEL et al., 2023). Entre as estratégias para mitigar essas disfunções metabólicas, doses mais altas de suplementação com capsiate têm sido associadas ao aumento da oxidação de lipídios (LUDY; MOORE; MATTES, 2012).

Neste contexto, são sugeridas estratégias que almejam regular o equilíbrio energético entre consumo (decorrente da ingestão energética dietética) e gasto (mediado pelo exercício físico), para a redução do risco de desenvolvimento de DNCT (SHAW et al., 2006). É crescente as possíveis estratégias de intervenção que utilizam da prática

regular de exercício físico, intervenção nutricional ou combinação de ambos a fim de modular e reverter os malefícios supracitados promovido pela inatividade física (JOHNS et al., 2014).

Entre as abordagens nutricionais, destaca-se o uso de compostos bioativos em que hipotetiza-se modular o metabolismo energético e a oxidação de substratos. Entre esses compostos, destaca-se o capsiate, um análogo não pungente da capsaicina, encontrado em variedades de pimentas doces (*Capsicum annuum*), que apresenta propriedades termogênicas sem os efeitos adversos da pungência característica da capsaicina (FUSE et al., 2020;GRGIC et al., 2022).

Os análogos da capsaicina, como o capsiate, têm sido investigados como potenciais agentes termogênicos que podem contribuir para a regulação do peso corporal e a melhora da homeostase energética (ZSIBORÁS et al., 2018). Estudos indicam que o capsiate promove o aumento do gasto energético, a ativação do tecido adiposo marrom e a elevação da oxidação de gorduras sem os efeitos adversos como irritação gástrica e desconforto térmico(JOSSE et al., 2010;FUSE et al., 2020).

Os capsinóides possuem ação agonista sobre o receptor potencial transitório vanilóide 1 (TRPV1) localizado na membrana plasmática. TRPV1 é um canal não específico de cátions, que ao ser ativado, promove o influxo de íons de cálcio (SHARMA; VIJ; SHARMA, 2013). Sua expressão já foi identificada em diversos tecidos, entre eles neurônios sensoriais periféricos e em diversas células (células adiposas, musculares lisas e esqueléticas, endoteliais, cardíacas, entre outras) (LOTTEAU et al., 2013; PANCHAL; BLISS; BROWN, 2018)

A oxidação de substratos energéticos, como lipídios e carboidratos, desempenha um papel essencial na homeostase energética. Alguns estudos indicam que o capsiate pode favorecer a oxidação lipídica durante o repouso e em resposta ao exercício (OSUNA-PRIETO et al., 2022) o que sugere um potencial benefício para indivíduos que buscam otimizar o metabolismo energético e reduzir o tecido adiposo. Além disso, o impacto do capsiate no GER é relevante, uma vez que alterações nesse parâmetro podem influenciar o balanço energético diário e o controle do peso corporal (DIEPVENS; WESTERTERP; WESTERTERP-PLANTENGA, 2007;FUSE et al., 2020).

Alguns estudos já utilizaram a suplementação com capsinóides e análogos, onde foram mostrados efeitos modestos, porém consistentes, quando avaliado o metabolismo

energético. Em estudo duplo-cego de quatro semanas, Inoue et al. randomizaram 44 homens com $\text{IMC} > 23 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, com suplementação de 3 ou $10 \text{ mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ de capsinoides, avaliando o GER e oxidação de substratos medidos 24 h após a última dose. Embora a amostra total exibisse apenas tendências, o subgrupo com $\text{IMC} \geq 25$ apresentou tendência à maior GER e oxidação lipídica, sem eventos adversos clínicos relevantes. Já no estudo, conduziram um ensaio multicêntrico de 12 semanas com 80 adultos com sobrepeso/obesidade ($\text{IMC} 25\text{--}35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) que foram suplementados com $6 \text{ mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ de capsinoides, onde observaram uma tendência à elevação significativa da oxidação de gordura (SNITKER et al., 2008). Um protocolo acompanhou 78 homens durante 28 dias com 0, 3 ou $9 \text{ mg}\cdot\text{dia}^{-1}$ de di-hidrocapsiate; apenas a análise combinada dos grupos ativos revelou acréscimo termogênico crônico de $\approx 50 \text{ kcal}\cdot\text{dia}^{-1}$, sem alteração sustentada na oxidação de gorduras (GALGANI; RYAN; RAVUSSIN, 2010).

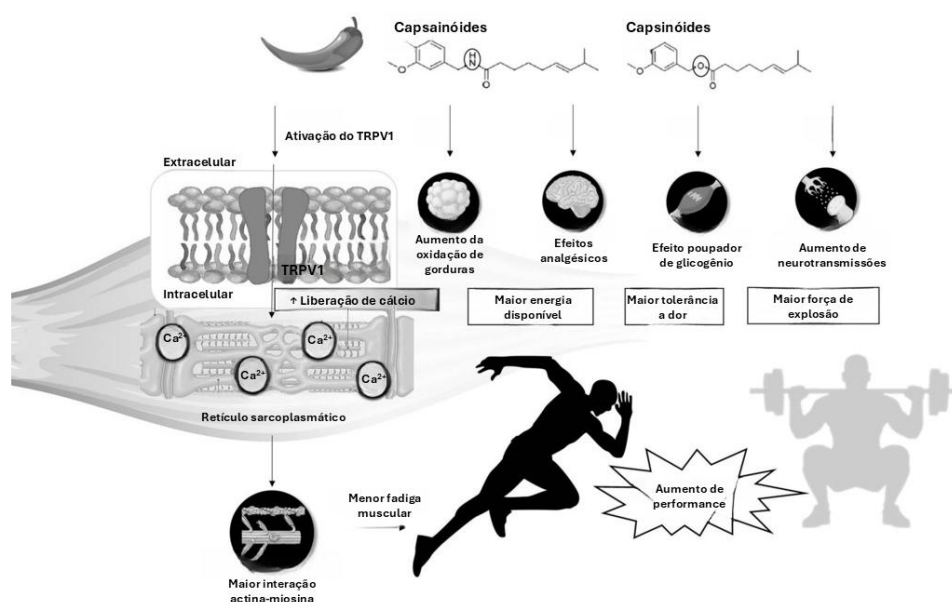
Em outro estudo, a administração de análogo à capsaicina (135 mg/dia fracionados durante as refeições diárias) em indivíduos com sobrepeso e obesidade ($\text{IMC} 29,3 \pm 2,5 \text{ kg/m}^2$) que foram submetidos a dieta de baixa energia e reduziram a massa corporal, a suplementação auxiliou na manutenção da massa corporal possivelmente por uma maior eficácia na oxidação de gordura observado pelo menor coeficiente respiratório (LEJEUNE; KOVACS; WESTERTERP-PLANTENGA, 2003).

Quanto à ingestão aguda, foram classificados 18 homens jovens em tecido adiposo marrom (TAM) positivos ou TAM negativos após exposição ao frio e, em seguida, administraram dose única de 9 mg de capsinoides. Somente o grupo BAT-positivo elevou significativamente o gasto energético ($\Delta \approx 502 \text{ kJ}\cdot\text{dia}^{-1}$ na 1ª hora) em relação ao placebo, enquanto nenhuma mudança ocorreu nos BAT-negativos, indicando que o tecido adiposo marrom e gordura corporal podem ser determinantes para a termogênese induzida por capsinoides (YONESHIO et al., 2012). Em conjunto, esses estudos evidenciam que a eficácia dos capsinoides pode depender da dose e composição corporal (IMC elevado), produzindo incrementos basais, o que sustenta sua investigação como adjuvante nutricional no manejo da obesidade.

Uma revisão sistemática recente demonstrou que, embora os efeitos sejam mais consistentes em modelos animais, resultados promissores também têm sido observados em humanos, particularmente na melhora aguda do desempenho em exercícios de resistência e força muscular (DE MOURA E SILVA et al., 2021). Tais efeitos parecem ser mediados, principalmente, pela ativação dos receptores TRPV1, representado na

figura 2, com consequente aumento da oxidação de lipídios, modulação autonômica simpática, melhoria da eficiência neuromuscular e redução da PSE durante o exercício.

Figura 2 - Ativação do TRPV1



Fonte: DE MOURA E SILVA et al., 2021; traduzido e adaptado.

Outro aspecto importante, mas menos explorado, é a influência do capsiate sobre a função autonômica cardíaca, avaliada por meio da VFC. A modulação autonômica do coração reflete a interação entre os sistemas nervosos simpático e parassimpático e está diretamente relacionada ao estado fisiológico e metabólico do organismo. Estudos sugerem que compostos bioativos termogênicos podem aumentar a atividade simpática e influenciar a VFC (ZALESKI et al., 2023). Contudo, a relação entre capsiate e VFC ainda não está bem estabelecida, e estudos adicionais são necessários para esclarecer esses efeitos.

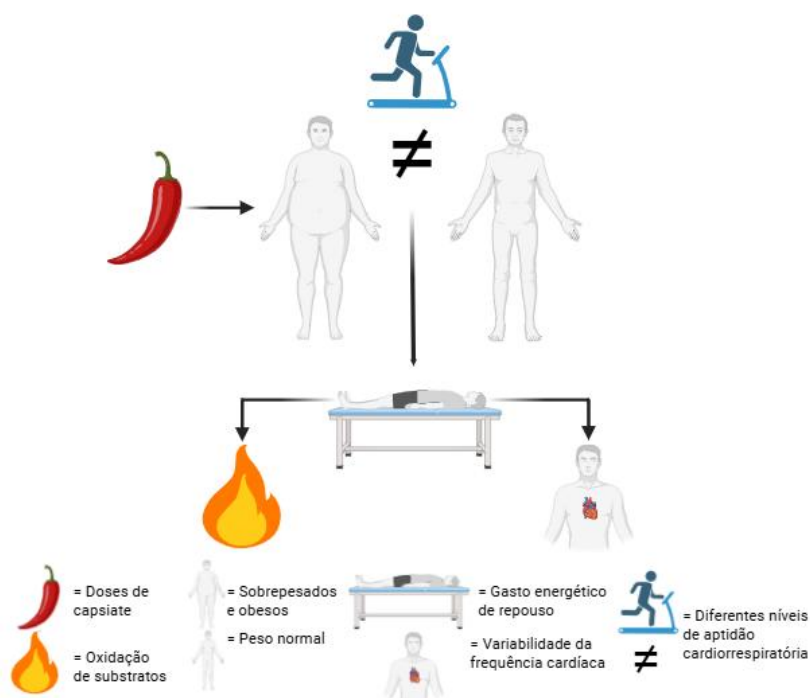
Um estudo prévio do nosso grupo demonstrou que indivíduos com maior percentual de gordura corporal podem apresentar resposta à suplementação com capsiate durante exercícios de longa duração. Em um desses estudos, observou-se uma correlação negativa significativa entre o percentual de massa gorda e o tempo de melhora no desempenho em corrida de 10 km após a suplementação com 24mg de CAP, sugerindo

que indivíduos com maiores percentuais de gordura corporal podem se beneficiar mais dos efeitos ergogênicos do suplemento (VON AH MORANO, 2020). Esses achados reforçam a hipótese de que o tecido adiposo possa modular a eficácia do capsiate na oxidação lipídica e no desempenho aeróbico, contribuindo para a formulação da presente investigação.

No entanto, apesar dos benefícios observados, os mecanismos exatos pelos quais o capsiate regula o metabolismo ainda não estão completamente elucidados, justificando a necessidade de estudos adicionais sobre seu potencial metabólico e cardiovascular (VAN SCHAİK et al., 2022).

Dessa forma, apesar das evidências sugerirem que o capsiate pode atuar na regulação metabólica e cardiovascular, há lacunas científicas que precisam ser preenchidas para compreender seus mecanismos de ação e potenciais benefícios para a saúde. O presente estudo busca aprofundar essa investigação por meio da avaliação dos efeitos da suplementação de capsiate sobre a oxidação de substratos energéticos, o gasto energético em repouso e a variabilidade da frequência cardíaca.

Figura 3 - Hipótese do estudo



Fonte: Autoria própria

CONCLUSÃO

O presente estudo contribuiu para o entendimento das respostas metabólicas e autonômicas à suplementação aguda com capsiate em jovens adultos com diferentes composições corporais e aptidão cardiorrespiratória. Conclui-se que quando administrado de forma aguda, o capsiate não promove alterações significativas no gasto energético de repouso, oxidação de substratos ou parâmetros autonômicos. A ausência de resposta dose-dependente, somada à variabilidade espontânea na ingestão alimentar entre os dias experimentais, ressalta a importância de controlar potenciais confundidores em futuros protocolos; que podem explorar os efeitos da suplementação crônica de capsiate, isoladamente ou combinada a estratégias não farmacológicas como exercício físico e intervenções nutricionais, com o objetivo de elucidar seu papel no controle da obesidade e na regulação metabólica e autonômica.

REFERÊNCIAS

- ANA ELISA VON AH MORANO FILITTO. **Efeito agudo da suplementação de capsaicina no desempenho de corredores em teste contra-relógio de 10 km.** 2020. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2020.
- DE FREITAS, M. C.; CHOLEWA, J. M.; GOBBO, L. A.; DE OLIVEIRA, J. V. N. S.; LIRA, F. S.; ROSSI, F. E. Acute capsaicin supplementation improves 1,500-m running time-trial performance and rate of perceived exertion in physically active adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 32, n. 2, p. 572–577, 2018. Disponível em: <https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2018/02000/acute_capsaicin_supplementation_improves_1,500_m.33.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- DE FREITAS, M. C.; CHOLEWA, J. M.; GONÇALVES PANISSA, V. L.; TOLOI, G. G.; NETTO, H. C.; DE FREITAS, C. Z.; FREIRE, R. V.; LIRA, F. S.; ROSSI, F. E. Acute Capsaicin Supplementation Improved Resistance Exercise Performance Performed after a High-Intensity Intermittent Running in Resistance-Trained Men. **Journal of Strength and Conditioning Research**, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 130–134, 2022. Disponível em: <https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2022/01000/acute_capsaicin_supplementation_improved.18.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2025.
- DE MOURA E SILVA, V. E. L.; CHOLEWA, J. M.; BILLAUT, F.; JÄGER, R.; DE FREITAS, M. C.; LIRA, F. S.; ROSSI, F. E. Capsaicinoid and Capsinoids as an Ergogenic Aid: A Systematic Review and the Potential Mechanisms Involved. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, [s. l.], v. 16, n. 4, p. 464–473, 2021. Disponível em: <<https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsp/16/4/article-p464.xml>>. Acesso em: 21 abr. 2025.
- DIEPVENS, K.; WESTERTERP, K. R.; WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. **American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology**, [s. l.], v. 292, n. 1, 2007. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16840650/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.
- ENGIN, A. The Pathogenesis of Obesity-Associated Adipose Tissue Inflammation. Em: **Advances in experimental medicine and biology**. [s.l: s.n.]. v. 960p. 221–245.
- FUSE, S.; ENDO, T.; TANAKA, R.; KUROIWA, M.; ANDO, A.; KUME, A.; YAMAMOTO, A.; KURIBAYASHI, K.; SOMEKAWA, S.; TAKESHITA, M.; HASHIMOTO, M.; KIME, R.; KUROSAWA, Y.; HAMAOKA, T. Effects of capsinoid intake on brown adipose tissue vascular density and resting energy expenditure in healthy, middle-aged adults: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. **Nutrients**, [s. l.], v. 12, n. 9, p. 1–14, 2020.

GALGANI, J. E.; RYAN, D. H.; RAVUSSIN, E. Effect of capsinoids on energy metabolism in human subjects. **British Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 103, p. 38–42, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0007114509991358>>. Acesso em: 4 jun. 2024.

GRGIC, J.; MEMON, A. R.; CHEN, S.; RAMIREZ-CAMPILLO, R.; BARRETO, G.; HAUGEN, M. E.; SCHOENFELD, B. J. Effects of Capsaicin and Capsiate on Endurance Performance: A Meta-Analysis. **Nutrients**, [s. l.], v. 14, n. 21, 2022. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36364793/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

GUARINO, D.; NANNIPIERI, M.; IERVASI, G.; TADDEI, S.; BRUNO, R. M. The Role of the Autonomic Nervous System in the Pathophysiology of Obesity. **Frontiers in physiology**, [s. l.], v. 8, n. SEP, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28966594/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

HWANG, D.; SEO, J. B.; PARK, H. Y.; KIM, J.; LIM, K. Capsiate Intake with Exercise Training Additively Reduces Fat Deposition in Mice on a High-Fat Diet, but Not without Exercise Training. **International Journal of Molecular Sciences** 2021, Vol. 22, Page 769, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 769, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1422-0067/22/2/769/htm>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

INOUE, N.; MATSUNAGA, Y.; SATOH, H.; TAKAHASHI, M. Enhanced Energy Expenditure and Fat Oxidation in Humans with High BMI Scores by the Ingestion of Novel and Non-Pungent Capsaicin Analogues (Capsinoids). **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, [s. l.], v. 71, n. 2, p. 380–389, 2007. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1271/bbb.60341>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

JOHNS, D. J.; HARTMANN-BOYCE, J.; JEBB, S. A.; AVEYARD, P.; BEHAVIOURAL WEIGHT MANAGEMENT REVIEW GROUP. Diet or Exercise Interventions vs Combined Behavioral Weight Management Programs: A Systematic Review and Meta-Analysis of Direct Comparisons. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, [s. l.], v. 114, n. 10, p. 1557–1568, 2014.

JOSSE, A. R.; SHERRIFFS, S. S.; HOLWERDA, A. M.; ANDREWS, R.; STAPLES, A. W.; PHILLIPS, S. M. Effects of capsinoid ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and during exercise. **Nutrition and Metabolism**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 1–10, 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/articles/10.1186/1743-7075-7-65>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

LA, C.; MC, F.; JM, C.; VLG, P.; FY, N.; VELM, S.; AM, S.; PAQ, R.; SLG, R.; MAP, S.; NE, Z.; FS, L.; FE, R. Acute Capsaicin Analog Supplementation Improves 400 M and 3000 M Running Time-Trial Performance. **International journal of exercise science**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 755–765, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32509117/>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

LANCASTER, G. I.; LANGLEY, K. G.; BERGLUND, N. A.; KAMMOUN, H. L.; REIBE, S.; ESTEVEZ, E.; WEIR, J.; MELLETT, N. A.; PERNES, G.; CONWAY, J. R. W.; LEE, M. K. S.; TIMPSON, P.; MURPHY, A. J.; MASTERS, S. L.; GERONDAKIS, S.; BARTONICEK, N.; KACZOROWSKI, D. C.; DINGER, M. E.; MEIKLE, P. J.; BOND, P. J.; FEBBRAIO, M. A.

Evidence that TLR4 Is Not a Receptor for Saturated Fatty Acids but Mediates Lipid-Induced Inflammation by Reprogramming Macrophage Metabolism. **Cell metabolism**, [s. l.], v. 27, n. 5, p. 1096- 1110.e5, 2018. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29681442/>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

LEE, I.-M.; SHIROMA, E. J.; LOBELO, F.; PUSKA, P.; BLAIR, S. N.; KATZMARZYK, P. T. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. **The Lancet**, [s. l.], v. 380, n. 9838, p. 219–229, 2012.

LEJEUNE, M. P. G. M.; KOVACS, E. M. R.; WESTERTER-PLANTENGA, M. S. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. **British Journal of Nutrition**, [s. l.], v. 90, n. 03, p. 651, 2003.

LIMA, F. S.; ROSSI, F. E.; GONÇALVES, D. C.; CLARK, N.; GONÇALVES PANISSA, V. L. Can capsaicinoids and their analogs affect energy expenditure and substrate oxidation during exercise? A systematic review with acute studies. **Human Nutrition & Metabolism**, [s. l.], v. 29, p. 200156, 2022. a. . Acesso em: 4 jun. 2024.

LIMA, F. S.; ROSSI, F. E.; GONÇALVES, D. C.; CLARK, N.; GONÇALVES PANISSA, V. L. **Can capsaicinoids and their analogs affect energy expenditure and substrate oxidation during exercise? A systematic review with acute studies**, Elsevier B.V., 2022. b.

LOTTEAU, S.; DUCREUX, S.; ROMESTAING, C.; LEGRAND, C.; VAN COPPENOLLE, F. Characterization of Functional TRPV1 Channels in the Sarcoplasmic Reticulum of Mouse Skeletal Muscle. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. e58673, 2013.

LUDY, M.-J.; MOORE, G. E.; MATTES, R. D. The Effects of Capsaicin and Capsiate on Energy Balance: Critical Review and Meta-analyses of Studies in Humans. **Chem. Senses**, [s. l.], v. 37, p. 103–121, 2012. . Acesso em: 10 mar. 2025.

MANCA, C.; LACROIX, S.; PÉRUSSE, F.; FLAMAND, N.; CHAGNON, Y.; DRAPEAU, V.; TREMBLAY, A.; DI MARZO, V.; SILVESTRI, C. Oral capsaicinoid administration alters the plasma endocannabinoidome and fecal microbiota of reproductive-aged women living with overweight and obesity. **Biomedicine**, [s. l.], v. 9, n. 9, p. 1246, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9059/9/9/1246/htm>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

MICHLIG, S.; MERLINI, J. M.; BEAUMONT, M.; LEDDA, M.; TAVENARD, A.; MUKHERJEE, R.; CAMACHO, S.; LE COUTRE, J. Effects of TRP channel agonist ingestion on metabolism and autonomic nervous system in a randomized clinical trial of healthy subjects. **Scientific Reports** **2016 6:1**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1–12, 2016. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/srep20795>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

MÜLLER, M. J.; BARACOS, V.; BOSY-WESTPHAL, A.; DULLOO, A. G.; ECKEL, J.; FEARON, K. C. H.; HALL, K. D.; PIETROBELLI, A.; SØRENSEN, T. I. A.; SPEAKMAN, J.; TRAYHURN, P.; VISSER, M.; HEYMSFIELD, S. B. Functional Body Composition and Related Aspects in Research on Obesity and Cachexia. **Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity**, [s. l.], v. 15, n. 8, p.

640, 2014. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4107095/>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

Obesity and overweight. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ODEGAARD, J. I.; CHAWLA, A. Alternative Macrophage Activation and Metabolism. **Annual Review of Pathology**, [s. l.], v. 6, p. 275, 2011. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3381938/>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

OSUNA-PRIETO, F. J.; ACOSTA, F. M.; PEREZ DE ARRILUCEA LE FLOC'H, U. A.; RIQUELME-GALLEGO, B.; MERCHAN-RAMIREZ, E.; XU, H.; DE LA CRUZ-MÁRQUEZ, J. C.; AMARO-GAHETE, F. J.; LLAMAS-ELVIRA, J. A.; TRIVIÑO-IBÁÑEZ, E. M.; SEGURA-CARRETERO, A.; RUIZ, J. R. Dihydrocapsiate does not increase energy expenditure nor fat oxidation during aerobic exercise in men with overweight/obesity: a randomized, triple-blinded, placebo-controlled, crossover trial. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 417–436, 2022. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15502783.2022.2099757>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

PADILHA, C. S.; BILLAUT, F.; FIGUEIREDO, C.; PANISSA, V. L. G.; ROSSI, F. E.; LIRA, F. S. Capsaicin Supplementation during High-intensity Continuous Exercise: A Double-blind Study. **International journal of sports medicine**, [s. l.], v. 41, n. 14, p. 1061–1066, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32693427/>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

PANCHAL, S. K.; BLISS, E.; BROWN, L. Capsaicin in metabolic syndrome. **Nutrients**, [s. l.], v. 10, n. 5, p. 14–18, 2018.

PATEL, M.; BRAUN, J.; LAMBERT, G.; KAMENEVA, T.; KEATCH, C.; LAMBERT, E. Central mechanisms in sympathetic nervous dysregulation in obesity. **Journal of neurophysiology**, [s. l.], v. 130, n. 6, p. 1414–1424, 2023. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37910522/>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

REILLY, S. M.; SALTIEL, A. R. Adapting to obesity with adipose tissue inflammation. **Nature Reviews Endocrinology**, [s. l.], v. 13, n. 11, p. 633–643, 2017. a.

REILLY, S. M.; SALTIEL, A. R. Adapting to obesity with adipose tissue inflammation. **Nature Reviews Endocrinology** 2017 13:11, [s. l.], v. 13, n. 11, p. 633–643, 2017. b. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nrendo.2017.90>>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SHARMA, S. K.; VIJ, A. S.; SHARMA, M. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. **European Journal of Pharmacology**, [s. l.], v. 720, n. 1–3, p. 55–62, 2013.

SHAW, K. A.; GENNAT, H. C.; O'ROURKE, P.; DEL MAR, C. Exercise for overweight or obesity. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, [s. l.], n. 4, 2006.

SNITKER, S.; FUJISHIMA, Y.; SHEN, H.; OTT, S.; PI-SUNYER, X.; FURUHATA, Y.; SATO, H.; TAKAHASHI, M. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism

in humans: possible pharmacogenetic implications¹. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 89, n. 1, p. 45, 2008. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3151435/>>. Acesso em: 22 abr. 2025.

STRACZKOWSKI, M.; DZIENIS-STRACZKOWSKA, S.; STĚPIEŇ, A.; KOWALSKA, I.; SZELACHOWSKA, M.; KINALSKA, I. Plasma Interleukin-8 Concentrations Are Increased in Obese Subjects and Related to Fat Mass and Tumor Necrosis Factor- α System. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, [s. l.], v. 87, n. 10, p. 4602–4606, 2002.

VAN SCHAIK, L.; KETTLE, C.; GREEN, R.; WUNDERSITZ, D.; GORDON, B.; IRVING, H. R.; RATHNER, J. A. Both caffeine and Capsicum annuum fruit powder lower blood glucose levels and increase brown adipose tissue temperature in healthy adult males. **Frontiers in Physiology**, [s. l.], v. 13, p. 870154, 2022. . Acesso em: 10 mar. 2025.

Vigitel — Ministério da Saúde. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/svsa/inqueritos-de-saude/vigitel>>. Acesso em: 10 mar. 2025.

VON AH MORANO, A. E.; PADILHA, C. S.; SOARES, V. A. M.; MACHADO, F. A.; HOFMANN, P.; ROSSI, F. E.; LIRA, F. S. Capsaicin Analogue Supplementation Does Not Improve 10 km Running Time-Trial Performance in Male Amateur Athletes: A Randomized, Crossover, Double-Blind and Placebo-Controlled Study. **Nutrients**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 1–10, 2020. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33374147/>>. Acesso em: 10 abr. 2025.

YONESHIRO, T.; AITA, S.; KAWAI, Y.; IWANAGA, T.; SAITO, M. Nonpungent capsaicin analogs (capsinoids) increase energy expenditure through the activation of brown adipose tissue in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 95, n. 4, p. 845–850, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22378725/>>. Acesso em: 5 jun. 2025.

ZALESKI, K. S.; GYAMPO, A. O.; LORA, B.; TOMASI, T.; LYNCH, M.; GIURIATO, G.; BASSO, E.; FINEGAN, E.; SCHICKLER, J.; VENTURELLI, M.; DEBLAUW, J.; IVES, S. J. Sex differences in estimates of cardiac autonomic function using heart rate variability: effects of dietary capsaicin. **European Journal of Applied Physiology**, [s. l.], v. 123, n. 5, p. 1041–1050, 2023. . Acesso em: 22 abr. 2025.

ZSIBORÁS, C.; MÁTICS, R.; HEGYI, P.; BALASKÓ, M.; PÉTERVÁRI, E.; SZABÓ, I.; SARLÓS, P.; MIKÓ, A.; TENK, J.; ROSTÁS, I.; PÉCSI, D.; GARAMI, A.; RUMBUS, Z.; HUSZÁR, O.; SOLYMÁR, M. Capsaicin and capsiate could be appropriate agents for treatment of obesity: A meta-analysis of human studies. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 58, n. 9, p. 1419–1427, 2018. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2016.1262324>>. Acesso em: 10 mar. 2025.