



O MECANISMO DE AÇÃO DA CAFEÍNA NO METABOLISMO HUMANO: EFEITOS E IMPACTOS NA SAÚDE

THE MECHANISM OF ACTION OF CAFFEINE ON HUMAN METABOLISM: EFFECTS AND HEALTH IMPACTS

Samantha Ok Skibinski Moon¹

Paulo Roberto Worfel²

Resumo

Este estudo investiga os mecanismos de ação da cafeína no metabolismo humano e seus efeitos na saúde. Com o objetivo de compreender como essa substância afeta processos fisiológicos, o estudo adota uma metodologia de revisão bibliográfica, explorando a literatura recente sobre o papel da cafeína na cognição, desempenho físico, termogênese e metabolismo de ácidos graxos, bem como seus impactos cardiovasculares. A cafeína atua principalmente como antagonista dos receptores de adenosina, aumentando o estado de alerta e a energia ao liberar neurotransmissores como dopamina e noradrenalina. Contudo, o consumo excessivo pode causar efeitos adversos, como insônia, ansiedade e problemas cardiovasculares, e a resposta individual varia com fatores genéticos e ambientais. Os resultados mostram que, em doses moderadas, a cafeína oferece benefícios para o desempenho físico e mental, mas é essencial considerar a variabilidade no metabolismo individual para minimizar riscos. Conclui-se que o consumo moderado de cafeína pode ser vantajoso, desde que adaptado às características de cada pessoa, reforçando a importância de um uso consciente.

Palavras-chave: Cafeína. Metabolismo. Termogênese. Health.

Abstract

Caffeine is a widely consumed psychoactive substance recognized for its stimulating effects on the central nervous system. This study aims to analyze the mechanisms of action of caffeine on human metabolism and assess its health impacts. The research was conducted through a literature review, considering recent studies on the effects of caffeine on the human body. The discussion addresses caffeine's action as an adenosine receptor antagonist, which results in increased release of neurotransmitters such as dopamine and norepinephrine, promoting greater alertness and reducing fatigue. Additionally, the thermogenic and lipolytic effects of caffeine were discussed, contributing to an increased metabolic rate and lipid oxidation, which may aid in weight loss. The impact of caffeine on physical and mental performance was also explored, highlighting benefits for athletes and individuals engaging in physical activities, such as improved endurance and concentration. However, excessive consumption may lead to adverse effects, including insomnia, anxiety, palpitations, and cardiovascular issues. The research also considers individual variability in caffeine metabolism, influenced by genetic and environmental factors, affecting sensitivity and potential side effects. Finally, drug interactions and possible risks to bone and cardiovascular health were analyzed. The conclusion of the study suggests that moderate caffeine consumption can offer various health benefits, especially in enhancing physical and mental performance, but warns of the potential risks associated with excessive intake, emphasizing the importance of a mindful approach to its use.

Keywords: Caffeine. Metabolism. Thermogenesis. Health.

1 Acadêmica do curso de Biomedicina da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR). Endereço para correspondência: oksamanthaok@gmail.com

2 Docente do curso de Biomedicina da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba, PR). Endereço para correspondência: paulo.worfel@utp.br



1 Introdução

A cafeína é amplamente reconhecida como uma das substâncias mais consumidas no mundo, presente em uma variedade de produtos como café, chá, bebidas energéticas e medicamentos. Sua popularidade pode ser atribuída principalmente à sua capacidade de aumentar a vigilância e melhorar o desempenho cognitivo, sendo muito valorizada tanto em contextos sociais quanto em ambientes de trabalho e esportivos. Entretanto, o impacto da cafeína no metabolismo humano vai além do aumento da atenção, abrangendo efeitos em vários sistemas fisiológicos, desde o sistema nervoso central até o metabolismo energético e as funções cardiovasculares. Por essa razão, sua influência sobre a saúde humana tem sido amplamente estudada, com investigações recentes focando na complexidade de suas interações com diferentes fatores biológicos.

O mecanismo de ação da cafeína envolve predominantemente o bloqueio dos receptores de adenosina no cérebro, inibindo a sensação de cansaço e promovendo maior estado de alerta. Além disso, sua atuação resulta na liberação de neurotransmissores como dopamina e norepinefrina, os quais estão relacionados à excitação e ao aumento da frequência cardíaca. Esses efeitos podem ter repercussões tanto benéficas quanto prejudiciais à saúde, dependendo da dosagem consumida e das características individuais de cada pessoa, como idade, genética e hábitos de vida. Estudos recentes indicam que a resposta à cafeína pode ser modulada por fatores genéticos, como observado em pesquisas de nutrigenética e farmacogenética, que investigam a variação no metabolismo da cafeína entre diferentes indivíduos (PEREIRA et al., 2023).

Embora a cafeína ofereça benefícios claros para a melhora do desempenho cognitivo e físico, seus impactos na saúde não são inteiramente positivos. O consumo excessivo pode levar a uma série de efeitos adversos, incluindo insônia, aumento da pressão arterial, ansiedade e dependência. Esses efeitos adversos são exacerbados em indivíduos com maior sensibilidade à cafeína, como aqueles com determinadas variações genéticas que afetam o metabolismo dessa substância. Assim, a questão sobre a dosagem adequada de cafeína e seus impactos na saúde a longo prazo permanece um tema central nas discussões científicas (GRZEGORZEWSKI et al., 2022).

Além disso, a cafeína tem sido objeto de investigação no contexto da farmacogenética, onde seu metabolismo pode variar significativamente entre indivíduos, resultando em diferentes respostas fisiológicas. Esses estudos sugerem que, em alguns indivíduos, a cafeína é metabolizada rapidamente, resultando em efeitos mais curtos e menos intensos, enquanto em outros, o metabolismo lento pode prolongar os efeitos, levando a maior risco de efeitos colaterais. Essa variabilidade pode influenciar tanto os benefícios quanto os riscos associados ao consumo de cafeína, destacando a importância de uma abordagem personalizada para o consumo dessa substância (CONGER et al., 2022).

O objetivo deste estudo é analisar os mecanismos de ação da cafeína no metabolismo humano, com ênfase nos efeitos metabólicos e nos impactos à saúde. Serão explorados os efeitos da cafeína sobre o desempenho cognitivo, físico, a termogênese, o metabolismo de ácidos graxos e o impacto cardiovascular, com base em uma revisão abrangente da literatura científica recente.



Pretende-se também discutir a variabilidade na resposta à cafeína, considerando aspectos genéticos que influenciam o metabolismo da substância e os potenciais riscos de seu consumo a longo prazo.

2 Metodologia

A presente pesquisa será realizada por meio de uma revisão bibliográfica, uma abordagem metodológica que busca compilar e analisar o conhecimento já existente sobre um determinado tema. A revisão bibliográfica permite identificar lacunas na literatura, resumir informações relevantes e oferecer uma visão abrangente sobre o assunto em questão, contribuindo para uma melhor compreensão dos mecanismos de ação da cafeína no metabolismo humano e seus efeitos associados.

Os artigos selecionados para esta revisão serão provenientes de publicações dos últimos dez anos, abrangendo o período de 2014 a 2024. Esse recorte temporal é fundamental para garantir a contemporaneidade e a relevância das informações, uma vez que a pesquisa científica está em constante evolução. A busca por artigos será realizada em bases de dados reconhecidas e confiáveis, como PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar.

3 Discussão

3.1 O Que é a Cafeína?

A cafeína é uma substância psicoativa natural que pertence à classe dos alcalóides. É amplamente consumido em diversas culturas, principalmente na forma de bebidas como café, chá e drinks. Esse composto é conhecido por seus efeitos estimulantes no sistema nervoso central, o que proporciona aumento temporário de atenção e energia.

Quimicamente, a cafeína é classificada como metilxantina e sua estrutura molecular é semelhante à da adenosina, neurotransmissor que promove relaxamento. Ao se ligar aos receptores de adenosina, a cafeína bloqueia seus efeitos, levando ao estado de alerta e reduzindo a sensação de fadiga. A cafeína é rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal e atinge seu pico no sangue cerca de 30 a 60 minutos após a ingestão. Sua meia-vida varia de 3 a 7 horas, dependendo de fatores individuais, como idade, genética e uso de medicamentos (GRZEGORZEWSKI et al., 2022).

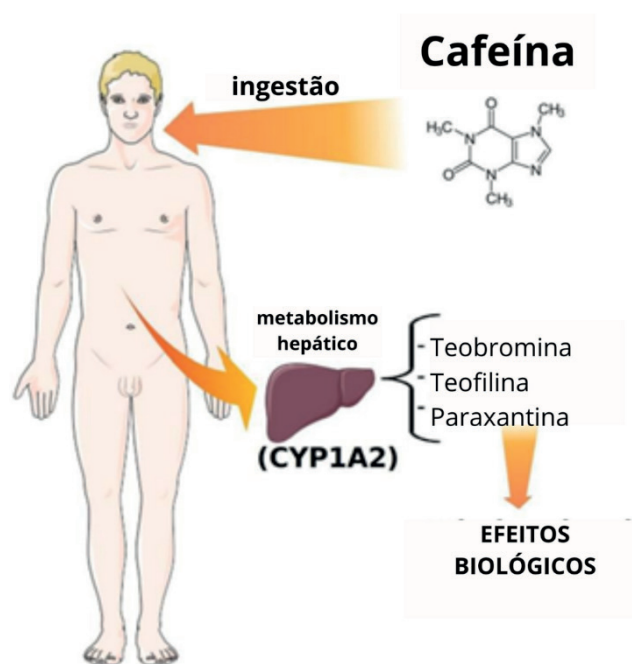
O consumo moderado de cafeína está associado a uma série de benefícios, incluindo melhorias no desempenho físico e cognitivo. Estudos indicam que a cafeína pode aumentar a resistência em atividades físicas, tornando-se um aliado para atletas e praticantes de exercícios (VAN SCHAİK et al., 2021).

Entretanto, o consumo excessivo de cafeína pode resultar em efeitos adversos, como insônia, ansiedade, palpitações e problemas gastrointestinais. É importante que os consumidores estejam cientes dos limites diários recomendados para evitar complicações (PEREIRA et al., 2023).



A metabolização da cafeína (figura 1) varia entre indivíduos, influenciada por fatores genéticos e ambientais. Algumas pessoas metabolizam a cafeína mais rapidamente, enquanto outras podem apresentar maior sensibilidade aos seus efeitos, o que pode impactar a forma como cada indivíduo a consome (SOUZA et al., 2023).

Figura 1: Metabolização da cafeína através do metabolismo hepático.



Estudos recentes têm abordado o impacto da cafeína na saúde mental, especialmente em relação a transtornos de ansiedade. Embora a cafeína possa oferecer benefícios, também pode agravar os sintomas em indivíduos predispostos. Por fim, a cafeína continua a ser objeto de interesse em várias áreas de pesquisa. A compreensão de seus efeitos e mecanismos de ação pode contribuir para recomendações mais informadas sobre seu uso e potencial para melhorar a saúde e o desempenho (RODAK et al., 2021).

3.2 Mecanismos de Ação da Cafeína

A cafeína é uma substância psicoativa que atua principalmente como estimulante do sistema nervoso central. Quimicamente, é classificada como metilxantina, com fórmula molecular $C_8H_{10}N_4O_2$. Seu mecanismo de ação é complexo e envolve diversas vias bioquímicas que afetam o cérebro e o corpo. Um dos principais mecanismos de ação da cafeína é o antagonismo dos receptores de adenosina, principalmente dos subtipos A1 e A2A. A adenosina é um neurotransmissor



que promove sono e relaxamento. Ao bloquear esses receptores, a cafeína induz aumento na liberação de neurotransmissores como dopamina e noradrenalina, o que leva a um estado de alerta e mais atenção (GRZEGORZEWSKI et al., 2022).

Além da ação nos receptores de adenosina, a cafeína também aumenta a liberação de cálcio intracelular, o que pode levar ao aumento da excitabilidade neuronal. Este efeito é particularmente importante nas áreas cerebrais envolvidas na regulação do humor e da motivação. Outro mecanismo importante é a modulação das vias de sinalização relacionadas ao metabolismo. A cafeína estimula a lipólise, processo pelo qual as gorduras armazenadas são convertidas em ácidos graxos livres, que podem ser utilizados como fonte de energia. Esse efeito é mediado pela ativação da proteína quinase A (PKA), que é ativada pelo aumento dos níveis de AMP cíclico (cAMP) (VAN SCHAİK et al., 2021).

Além disso, a cafeína afeta o metabolismo da glicose. Pode aumentar a sensibilidade à insulina e melhorar a tolerância à glicose, o que é importante para a prevenção do diabetes tipo 2. Esse efeito é mediado, em parte, pela ativação de vias de sinalização envolvendo a proteína Akt (BARCELOS et al., 2020).

Os efeitos da cafeína no desempenho físico têm sido amplamente estudados. A substância pode aumentar a resistência e a capacidade de exercício, especialmente durante atividades de alta intensidade. Isso se deve à sua capacidade de aumentar a disponibilidade de energia por meio da oxidação de ácidos graxos e de reduzir a percepção de esforço (RODAK et al., 2021).

Por outro lado, a cafeína também pode ter efeitos adversos. O consumo excessivo pode levar a distúrbios como insônia, ansiedade e palpitações. Esses efeitos são atribuídos à superexposição ao bloqueio da adenosina e ao aumento da excitabilidade neuronal (SOUZA et al., 2023).

A cafeína também pode interagir com outros medicamentos, alterando sua eficácia. Por exemplo, ela pode potencializar os efeitos de certos analgésicos, como o paracetamol, tornando-os mais eficazes em doses mais baixas (BARCELOS et al., 2020).

Por fim, a compreensão dos mecanismos de ação da cafeína é crucial para explorar seu potencial na promoção da saúde e na prevenção de doenças. A pesquisa continua a investigar suas diversas funções e implicações, ampliando nosso conhecimento sobre esta substância amplamente consumida (CONGER et al., 2022).

3.3 Efeitos da cafeína no metabolismo humano

A cafeína é conhecida pelos efeitos estimulantes no metabolismo humano, afetando diversos processos fisiológicos. Sua principal função é bloquear os receptores de adenosina no sistema nervoso central, o que aumenta a liberação de neurotransmissores como dopamina e noradrenalina (BARCELOS et al., 2020).

Este antagonismo da adenosina é responsável por aumentar o estado de alerta, reduzir a fadiga e melhorar o desempenho físico e mental. Além do efeito no sistema nervoso o café tem grande



efeito na energia, principalmente na motilidade e no metabolismo dos ácidos graxos.

Um dos principais benefícios do café está relacionado ao aumento da velocidade do metabolismo, o que pode levar à perda de peso. Segundo VAN SCHAİK et al. (2021), a cafeína estimula a termogênese no tecido adiposo marrom, tipo de tecido que queima calorias para produzir calor e ajuda a regular a homeostase metabólica.

Este efeito termogênico é um dos mecanismos pelos quais a cafeína ajuda a reduzir lipídios e aumentar a absorção de gordura.

No entanto, os efeitos podem variar dependendo da dosagem, sensibilidade individual e interações com outros fatores, como dieta e exercícios.

Estudos recentes mostram que a cafeína pode melhorar o desempenho físico, especialmente em desportos de resistência. Segundo CONGER et al. (2022), o consumo de cafeína antes da atividade física intensa aumenta a movimentação dos ácidos graxos livres e promove a utilização da gordura como fonte de energia e a manutenção dos estoques de glicogênio muscular. Este efeito é muito útil para atletas e pessoas que realizam atividades aeróbicas longas. Além disso, a cafeína pode melhorar o foco e a concentração e otimizar o desempenho mental em momentos de fadiga.

Por outro lado, consumir muito café pode causar problemas de saúde.

Em altas doses ocorrem muitos efeitos colaterais como insônia, ansiedade, irritabilidade e palpitações (RODAK *et al.*, 2021). Esses efeitos são resultado da estimulação do sistema nervoso central, o que leva ao desequilíbrio dos neurotransmissores. Além disso, a cafeína pode aumentar a pressão arterial em pessoas suscetíveis e aumentar o risco de problemas cardíacos, como arritmia e hipertensão.

Pesquisa de Dos Santos Andrade et al. (2023) enfatizaram que o consumo elevado e prolongado de cafeína leva à dependência e tolerância, reduzindo o efeito do estimulante ao longo do tempo. A diferença nos grãos de café é outro fator importante a considerar.

Grzegorzewski *et al.* (2022) sugerem que é metabolizado principalmente no fígado pela enzima CYP1A2, cuja a atividade varia entre os indivíduos com base em fatores genéticos e ambientais. Pessoas com metabolismo rápido podem eliminar a cafeína do corpo mais rapidamente, enquanto aquelas com metabolismo lento são mais suscetíveis aos seus efeitos negativos. Esta variação genética também pode afetar a resposta de uma pessoa aos benefícios da cafeína. Além dos efeitos no metabolismo lipídico e na atividade física, o café tem sido estudado por seus benefícios antioxidantes e antiinflamatórios.

Portanto, a relação entre cafeína e carboidratos necessita de mais pesquisas para tirar conclusões. Doses mais elevadas de cafeína podem ter o efeito oposto, causando sintomas mais graves de ansiedade e ataques de pânico.

A cafeína tem sido bem pesquisada para o desempenho físico e mental, com benefícios claros quando consumida em doses suficientes. Porém, os problemas associados às altas doses, como dependência, problemas cardíacos e digestivos, não podem ser ignorados (SOUZA et al., 2023).



Portanto, é importante que os consumidores considerem o uso da cafeína e aproveitem os benefícios, mas evitem os riscos.

Conclusão

A cafeína, por ser uma substância amplamente consumida, exerce diversos efeitos no corpo humano, afetando o sistema nervoso central e outros processos fisiológicos. Seu principal mecanismo de ação é bloquear os receptores de adenosina, resultando em maior estado de alerta e maior agilidade física e mental. Além disso, seus efeitos termogênicos e lipídicos oxidantes têm demonstrado benefícios no desempenho físico e na perda de peso, tornando-o uma fonte frequente entre atletas e produtos para perda de peso. No entanto, o seu impacto vai além do desempenho físico, afetando também aspectos cognitivos e emocionais, como melhor atenção, redução da fadiga mental e, em alguns casos, até redução do risco de depressão. Porém, esses benefícios dependem da quantidade ingerida, pois o consumo excessivo pode causar efeitos negativos, como insônia, ansiedade e aumento da pressão arterial.

A investigação científica sobre a cafeína continua a evoluir e os estudos continuam a explorar as suas diversas aplicações na saúde, físicas e mentais. Embora o consumo moderado tenha sido amplamente associado a benefícios, os efeitos variam entre os indivíduos devido a fatores genéticos e ambientais, reforçando a importância do consumo cuidadoso e equilibrado. Além disso, o papel da cafeína nas interações nutrigenéticas, farmacogenéticas e medicamentosas sugere que o seu consumo deve ser adaptado de acordo com as necessidades e características de cada indivíduo. Assim, a cafeína continua a ser um tema de grande importância científica e nutricional, com implicações que vão desde o bem-estar cotidiano até questões mais profundas relacionadas com a saúde pública e a prevenção de doenças crônicas.

Referências

- BARCELOS, ROMULO P. *et al.* Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. *Nutrition Research*, v. 80, p. 1-17, 2020.
- CONGER, SCOOT A.; TUTHILL, LARA M.; MILLARD-STAFFORD *et al.* Does caffeine increase fat metabolism? A systematic review and meta-analysis. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, v. 33, n. 2, p. 112-120, 2022.
- DOS SANTOS ANDRADE, JACKELINE *et al.* Efeitos da cafeína no organismo humano. *Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR*, v. 27, n. 7, p. 3931-3946, 2023.
- GRZEGORZEWSKI, JAN *et al.* Pharmacokinetics of caffeine: A systematic analysis of reported data for application in metabolic phenotyping and liver function testing. *Frontiers in pharmacology*, v. 12, p. 752826, 2022.
- PEREIRA, ELIZABETE BATISTA VAZ; DE FÁTIMA RODRIGUES, CARINA; PEREIRA, OLÍVIA RODRIGUES. Quem pode tomar café: Uma abordagem em Nutrigenética e Farmacogenética ao metabolismo da cafeína. In: *I Congresso Internacional de Bem-Estar e Saúde Mental nos estudantes do ensino superior: livro de atas*. p. 45, 2023.



RODAK, KAMIL; KOKOT, IZABELA; KRATZ, EWA MARIA. Caffeine as a factor influencing the functioning of the human body; v. 13, n. 9, p. 3088, 2021.

SOUZA, EUDES AUGUSTO DE et al. AVALIAÇÃO DO USO E PERFIL DE CONSUMIDORES DO TERMOGÊNICO: cafeína. 2023.

VAN SCHAİK, LaLACHLAN et al. Effects of caffeine on brown adipose tissue thermogenesis and metabolic homeostasis: a review, v. 15, p. 621356, 2021.