

# A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de *endurance*

Caffeine as an ergogenic aid for *endurance* exercises

---

Luciana Carvalhal Braga  
Mariana Pace Alves

---

## Resumo

[1] Braga, L.C. e Alves, M.P., A cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de *endurance*. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 8 (3): 33-37, 2000.

Este estudo teve como objetivo investigar se a cafeína exerce algum efeito no corpo humano, capaz de melhorar a performance durante exercícios de *endurance*. A metodologia utilizada foi um levantamento bibliográfico, onde foram analisados diversos artigos científicos sobre experimentos com a cafeína e os exercícios de longa duração. Foi observado que a maioria dos estudos pôde demonstrar um aumento da performance nos exercícios de *endurance* associado ao consumo de cafeína (~5mg/kg). Identificaram-se, ainda, fatores que influenciaram nesse aumento da performance e que, segundo os resultados das pesquisas, estão relacionados com a liberação de catecolaminas, o aumento da lipólise, a redução de potássio no plasma, durante o exercício, a ativação do sistema nervoso central e a economia do glicogênio muscular. No entanto, alguns estudos não observaram aumento da performance de *endurance*. Isto poderia estar ligado à falta de controle das metodologias utilizadas. Além disso, existem algumas variáveis que interferem nos efeitos ergogênicos da cafeína na performance de *endurance*. Sendo assim, verificou-se que, embora a cafeína produza efeito ergogênico, ainda é necessário que mais estudos sejam realizados, a fim de determinar, precisamente, os fatores que ocasionam esse aumento na performance de *endurance*.

**PALAVRAS-CHAVE:** cafeína, *endurance*, exercício, performance.

## Abstract

[2] Braga, L.C. and Alves, M.P., Caffeine as an ergogenic aid for *endurance* exercises. Rev. Bras. Ciên. e Mov. 8 (3): 33-37, 2000.

The present study was proposed to investigate if caffeine exerts any effects on the human body that could improve *endurance* performance. A bibliographical review was made, in order to analyse several scientific articles about experiments with caffeine and *endurance* performance. It was observed that most of the studies could demonstrate increases in exercise *endurance* performance due to caffeine ingestion (~5mg/kg). The factors that had influenced this improvement were also identified, and they are related with catecholamines release, enhanced lipolysis, decrease in extracellular concentrations of K<sup>+</sup> during exercise, activity of the central nervous system and glycogen sparing. However, a few other studies did not locate any performance-enhancing effect followed by caffeine. These results may be linked to a lack of control of the experimental procedures. In addition, there is a large number of variables that influence the caffeine effects on *endurance* performance. As such, it was verified that, although caffeine exerts ergogenic benefits, it still requires further studies to determine the factors that resulted in the improvement of the *endurance* performance.

**KEYWORDS:** caffeine, *endurance*, exercise, performance.

---

Grupo de Pesquisa em Ciências da Atividade Física  
Departamento de Biociências da Atividade Física  
Escola de Educação Física e Desportos  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Endereço para correspondência:  
Rua Maestro Francisco Braga 42 / 504  
CEP: 22041-070  
Rio de Janeiro - RJ

## Introdução

A cafeína é uma das drogas mais consumidas em todo o mundo. Presente em diversas espécies de plantas, é encontrada em chás, café, cacau, guaraná, chocolate e nos refrigerantes. Seu consumo, visando a efeitos estimulantes, data de muitos séculos, no entanto, sua utilização por atletas, com a intenção de melhorar a performance, tem se tornado popular nas últimas décadas, devido aos estudos sobre seus efeitos ergogênicos.

A cafeína é um alcalóide pertencente ao grupo das drogas classificadas como as metilxantinas (1,3,7-trimetilxantina). É uma substância lipossolúvel e aproximadamente 100% de sua ingestão oral é rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal, atingindo seus níveis de pico no plasma, entre 30 e 120 minutos (14).

Atualmente, o Comitê Olímpico Internacional (COI) classifica a cafeína como uma droga restrita, positiva em concentrações acima de 12mg/L, na urina (18).

A cafeína afeta quase todos os sistemas do organismo, sendo que seus efeitos mais óbvios ocorrem no sistema nervoso central (SNC). Quando consumida em baixas dosagens (2mg/kg), a cafeína provoca aumento do estado de vigília, diminuição da sonolência, alívio da fadiga, aumento da respiração, aumento na liberação de catecolaminas, aumento da frequência cardíaca, aumento no metabolismo e diurese. Em altas dosagens (15mg/kg) causa nervosismo, insônia, tremores e desidratação (1).

A possibilidade de que a cafeína possa exercer algum efeito ergogênico nos exercícios de longa duração vem sendo investigada por diversos pesquisadores, desde a década de 70. A partir de então, abriu-se um vasto campo de investigações acerca dos possíveis benefícios causados pela cafeína na performance de *endurance*.

## Mecanismos de ação da cafeína a nível celular

O estudo dos efeitos da cafeína, como recurso ergogênico nos exercícios de *endurance*, requer um conhecimento dos seus mecanismos de ação a nível celular. Entre esses mecanismos, encontram-se os seguintes:

### Mobilização intracelular de cálcio do retículo sarcoplasmático

A cafeína reduz o limiar de excitabilidade e prolonga a duração do período ativo da contração muscular, *in vitro*, por aumentar a liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma e por inibir o mecanismo de recaptção de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, tornando o íon  $Ca^{+}$  mais disponível para a contração muscular.

O aumento da força da contração muscular, induzido pela cafeína, está relacionado com o aumento na concentração intracelular de cálcio e com uma maior sensibili-

dade das miofibrilas (actina e miosina) ao cálcio, causada pela cafeína (12).

No entanto, esse mecanismo de ação só pôde ser detectado em experimentos *in vitro*, utilizando-se dosagens muito altas de cafeína, cujas concentrações sanguíneas representam efeitos tóxicos para o organismo. Dadas essas condições, não é possível que a mobilização intracelular de cálcio do retículo sarcoplasmático represente um mecanismo nos efeitos ergogênicos da cafeína.

### Inibição da enzima fosfodiesterase

A cafeína inibe a ação da enzima fosfodiesterase, que é responsável pela degradação do mediador químico intracelular, denominado adenosinomonofosfato (AMP cíclico). Dessa forma, a cafeína aumenta o tempo de meia-vida do AMP cíclico. Um aumento nos níveis de AMP cíclico intracelular aumenta a lipólise (16).

Essa ação só foi observada em experimentos realizados *in vitro*, através de concentrações plasmáticas de cafeína, consideradas suprafisiológicas (~0,1-1mM) (14).

Desta forma, observa-se que esse mecanismo não explica os efeitos ergogênicos da cafeína.

### Antagonismo dos receptores de adenosina

Atualmente, este é o mecanismo mais favorável para explicar os efeitos ergogênicos da cafeína. A adenosina é uma molécula presente em todo o corpo humano, possui dois tipos de receptores ( $A_1$  e  $A_2$ ) e, ao interagir com os receptores  $A_1$ , inibe a enzima adenilciclase. Essa inibição resulta em uma redução do ciclo de AMP, que é um segundo mensageiro intracelular. A cafeína é um antagonista dos receptores  $A_1$ , portanto, ao impedir sua interação com a adenosina, aumenta os níveis de AMPc, provocando uma série de respostas no organismo, como: liberação de catecolaminas, aumento da pressão sanguínea, lipólise, aumento das secreções gástricas, aumento da diurese e ativação do sistema nervoso central (12,14, 18).

### Ação na bomba $Na^{+}-K^{+}$

Além destes três mecanismos de ação, a cafeína exerce um efeito sobre a atividade da bomba  $Na^{+}-K^{+}$ . De acordo com Lindinger et al. (10), a cafeína influencia na regulação das concentrações de  $K^{+}$  no meio extracelular e intracelular, mantendo as concentrações altas no meio intracelular e baixas no meio extracelular, o que contribui para o retardamento da fadiga. Tendo em vista que baixas concentrações de  $K^{+}$  no plasma ajudam a manter a excitabilidade das membranas celulares, nos músculos contráteis, observa-se que este pode ser outro mecanismo de ação a nível celular, capaz de explicar os efeitos ergogênicos da cafeína nos exercícios de *endurance*.

## Análise das pesquisas sobre a utilização da cafeína como recurso ergogênico nos exercícios de *endurance*

O interesse nos possíveis efeitos da cafeína, como recurso ergogênico nos exercícios de *endurance*, iniciou-se com uma série de três estudos realizados por Costill e seus colaboradores (2,4,7), nos Estados Unidos, no final da década de 70.

No primeiro estudo (2), foram examinados os efeitos da ingestão de 330mg de cafeína, 1h antes de exercício em bicicleta ergométrica, a 80%  $VO_2$  máx até a exaustão. Os sujeitos apresentaram um aumento de 19,5% no tempo de *endurance* (90.2 min vs 75.5 min, cafeína vs placebo, respectivamente).

No segundo estudo (7), foi demonstrado que a ingestão de 250mg de cafeína resultou em um aumento de 7% na quantidade de trabalho produzida em 2h de exercício em bicicleta isocinética.

Esses estudos sugeriram que a cafeína causou um aumento na disponibilidade de ácidos graxos livres para o músculo, resultando em um aumento da taxa de oxidação de lipídios. Dessa forma, iniciando-se a utilização de lipídios mais cedo para a produção de energia, o glicogênio muscular poderia ser poupado, retardando a fadiga. Como o glicogênio muscular é a primeira limitação nos exercícios de *endurance*, em intensidades de 65-85%  $VO_2$  máx, a cafeína poderia exercer efeitos ergogênicos nos exercícios onde o glicogênio muscular é o fator limitante da performance.

No terceiro estudo, (4) o metabolismo muscular dos sujeitos foi analisado durante 30 min de exercício em bicicleta ergométrica, a 65-70%  $VO_2$  máx, após a ingestão de 5mg/kg de cafeína. Vale ressaltar que um avanço na metodologia deste estudo foi a administração das dosagens de cafeína em relação ao peso corporal dos sujeitos. Desta vez as alterações no glicogênio muscular foram mensuradas, e os pesquisadores observaram uma economia de 42% no glicogênio muscular, devido à cafeína.

Esta série de estudos ocupou um papel bastante significativo, dentro da comunidade científica, haja vista o número elevado de pesquisas sobre a influência da cafeína nos exercícios de *endurance*, realizadas a partir daí.

A revisão da literatura mostra que, na década de 90, muitos estudos puderam demonstrar aumentos na performance de *endurance*, devido à ingestão da cafeína. Graham e Spriet (5) analisaram a performance de sete atletas bem treinados na corrida e no ciclismo, a 80%  $VO_2$  máx, até a exaustão. Verificaram que 9mg/kg de cafeína aumentaram o tempo de *endurance* em 44 e 51% na corrida e no ciclismo, respectivamente. Spriet et al. (15) também relataram que os sujeitos tratados por 9mg/kg de cafeína foram capazes de realizar exercício em bicicleta ergométrica a 80%  $VO_2$  máx por um tempo maior do que o grupo controle (96.2 min x 75.8 min).

Um interessante estudo (13), onde diferentes dosagens de cafeína foram administradas (0-5-9-13mg/kg), demonstrou um aumento significativo na performance de *endurance* para todas as dosagens de cafeína comparadas ao placebo. No entanto, nenhuma diferença significativa foi encontrada entre as três dosagens. Graham e Spriet (5) também constataram que tanto 3mg/kg quanto 6mg/kg de cafeína exerceram os mesmos efeitos ergogênicos, indicando que não existe relação entre as dosagens de cafeína e o aumento na performance.

É importante colocar que Pasmam et al. (13) tiveram a preocupação de analisar as concentrações de cafeína na urina dos sujeitos, após a ingestão de todas as dosagens (0-5-9-13mg/kg) e observaram que somente 9 e 13mg/kg resultaram em concentrações urinárias acima do limite estabelecido pelo COI (Comitê Olímpico Internacional) como doping.

Recentemente foi realizado outro estudo (8), utilizando diferentes dosagens de cafeína (154-230-328 mg), que correspondem em média a 2,1; 3,2; 4,5 mg/kg, respectivamente. Foram observados benefícios ergogênicos na performance, sem diferenças significativas entre as dosagens. As concentrações urinárias apresentaram-se inferiores ao limite do COI. O estudo relatou, ainda, que a cafeína não causou efeito diurético durante o exercício.

Tendo em vista que a cafeína produz efeitos diuréticos (14), seria comum pensar que a ingestão da mesma, antes do exercício, poderia levar à desidratação, comprometendo assim a performance.

No entanto, assim como Kovacs et al. (8), outros pesquisadores (3,19) preocuparam-se em analisar os efeitos diuréticos da cafeína durante o exercício e observaram que os indivíduos tratados pela mesma apresentaram uma redução na produção urinária, durante e após o exercício.

Nesse sentido, Wemple et al. (21) compararam os efeitos da ingestão de ~8.7mg/kg de cafeína na produção urinária, durante 4h de repouso e durante 3h de exercício em bicicleta ergométrica. Verificaram que a cafeína aumentou a taxa de produção urinária, durante o repouso, mas não durante o exercício.

Segundo os autores, os efeitos diuréticos da cafeína no repouso ocorrem devido a sua ação nos túbulos renais, bloqueando ou inibindo a reabsorção de solutos, o que resulta em um maior volume de água excretado pela urina. Entretanto, durante o exercício esse efeito é atenuado devido ao aumento na liberação de catecolaminas que estimulam a reabsorção de solutos e, conseqüentemente, uma maior retenção de água pelos rins. Nota-se que, como a diurese induzida pela cafeína não ocorre durante o exercício, este não é um fator limitante na performance de *endurance*.

Segundo Kovacs et al. (8), alguns estudos (Alves et al., 1995; Cohen et al., 1995; Sazaki et al., 1997) não verificaram aumento da performance devido à ingestão de cafeína. Esta controvérsia pode estar relacionada com a falta de padronização nas metodologias utilizadas nos experimentos. Além disto, existe uma série de variáveis que podem interferir nos resultados das pesquisas, tais como dosagens de cafeína, tipo de exercício, intensidade do exercício, alimentação pré-exercício, habituação à cafeína, es-

tado de condicionamento físico dos sujeitos e variações individuais.

Com relação à alimentação pré-exercício, Weir et al. (20) realizaram um estudo, associando uma dieta rica em carboidratos com ingestão de 6.5mg/kg da cafeína. Os resultados relataram que a alimentação pré-exercício rica em carboidratos, anulou as respostas metabólicas à cafeína, durante exercícios submáximos e prolongados.

Outra importante variável foi identificada por Tarnopolsky et al. (16), ao demonstrarem que a habituação à cafeína (200mg/dia) neutraliza suas respostas metabólicas, durante o exercício, eliminando, assim, seus efeitos ergogênicos.

Graham et al. (6) investigaram se a cafeína exerce um melhor aumento na performance de *endurance*, quando consumida em cápsulas (pura) ou quando consumida no café. O grupo que ingeriu a cafeína em cápsulas apresentou um aumento significativo no tempo total de *endurance*, em relação ao grupo que ingeriu café. Estes resultados demonstraram que a cafeína, quando ingerida em cápsulas (pura), exerce um maior potencial ergogênico. O autor sugere que outras substâncias contidas no café podem exercer ação inibitória aos efeitos causados pela cafeína.

Um outro dado importante, apresentado pela revisão da literatura, é a falta de pesquisas de campo, uma vez que a maioria dos estudos foram realizados em laboratório. Entre os poucos estudos de campo encontrados, destaca-se o de MacIntosh e Wright (11), que observou uma redução no tempo de execução de 1.500m de natação, após a ingestão de 6 mg/kg de cafeína.

Finalmente, deve-se ressaltar que, embora muitos estudos tenham demonstrado aumento na performance de *endurance*, relacionado à ingestão de cafeína, os fatores responsáveis por esse aumento ainda não estão claramente definidos, uma vez que a cafeína afeta quase todos os tecidos do corpo. Considera-se ainda que pesquisas continuam sendo realizadas, a fim de elucidar os fatores que fazem da cafeína um recurso ergogênico.

## Conclusão

A cafeína possui quatro mecanismos de ação, a nível celular: mobilização de cálcio pelo retículo sarcoplasmático, inibição da enzima fosfodiesterase, antagonismo aos receptores de adenosina e ação na bomba  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ . No entanto, o principal mecanismo de ação da cafeína a nível celular é, sem dúvida, o seu antagonismo aos receptores de adenosina, uma vez que é responsável por diversas respostas no organismo.

Quando ingerida em dosagens de aproximadamente 5mg/kg, 1h, antes do exercício, a cafeína parece exercer efeitos ergogênicos na performance de *endurance*.

Esses efeitos podem ser explicados principalmente pelos seguintes fatores: estimulação do sistema nervoso central; aumento na liberação de catecolaminas; mobilização de ácidos graxos livres e sua conseqüente oxidação, economizando o glicogênio muscular; aumento nas concentrações de  $\text{K}^+$ , no meio intracelular.

A cafeína é uma droga considerada como doping pelo COI, quando suas concentrações urinárias resultam em valores acima de 12mg/L. No entanto, ~5mg/kg de cafeína exercem benefícios ergogênicos sem atingir este valor na concentração urinária.

Resultados que não observaram aumento na performance de *endurance*, após a ingestão de cafeína, podem estar relacionados com a falta de padronização entre os estudos. Além disso, existem algumas variáveis (dosagens de cafeína, tipo de exercício, intensidade do exercício, alimentação pré-exercício, habituação à cafeína, estado de condicionamento físico dos sujeitos e variações individuais) que interferem diretamente nos efeitos ergogênicos atribuídos à cafeína.

Sendo assim, faz-se necessário dar continuidade às pesquisas sobre os efeitos da cafeína na performance de *endurance*, aprimorando, cada vez mais, as metodologias utilizadas nos experimentos.

## Referências Bibliográficas

1. CONLEE, R.K. Amphetamine, caffeine and cocaine. In: D.R. LAMB, M.H. WILLIAMS (Eds). Ergogenics: Enhancement of Performance in Exercise and Sport. New York, Benchmark Press, 1991 p. 285-310.
2. COSTILL, D.L., DALSKY, G.P. e FINK, W.J. Effects of caffeine ingestion on metabolism and exercise performance. Med. Sci. Sports Exerc. 1978; 10(3): 155-158.
3. DUTHEL, J.M. et al. Caffeine and sport: role of physical exercise upon elimination. Med. Sci. Sports Exerc. 1991; 23(8): 980-985.
4. ESSING, D., COSTILL, D.L. e VAN HANDEL, P.J. Effects of caffeine ingestion on utilization of muscle glycogen and lipid during leg ergometer cycling. Med. Sci. Sports Exerc. 1980; 1: 86-90.
5. GRAHAM, T.E. e SPRIET, L.L. Performance and metabolic responses to a high caffeine dose during prolonged exercise. J. Appl. Physiol. 1991; 71: 2292-2298.
6. GRAHAM, T.E., HIBBERT, E. e SATHASIVAM, P. Metabolic and exercise *endurance* effects of coffee and caffeine ingestion. J. Appl. Physiol. 1998; 85(3): 883-889.
7. IVY, J.L. et al. Influence of caffeine and carbohydrate feedings on *endurance* performance. Med. Sci. Sports Exerc. 1979; 11(1): 6-11.
8. KOVACS, E., STEAGEN, M.R., JOS, H.C.H. e BROUNS, F. Effect of caffeinated drinks on substrate

metabolism, caffeine excretion, and performance. *J. Appl. Physiol.* 1998; 85(2): 709-715.

9. LIMA, D.R. A cafeína e sua saúde. Rio de Janeiro, Record. 1989.

10. LINDINGER, M.I., GRAHAM, T.E. e SPRIET, L. Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma  $[K^+]$  in humans. *J. Appl. Physiol.* 1993; 74(3): 1149-1155.

11. MACINTOSH, B.R. e WRIGHT, B.M. Caffeine ingestion and performance of a 1,500-metre swim. *Can. J. Appl. Physiol.* 1995; 20(2): 168-177.

12. NEHLIG, A. e DEBRY, G. Caffeine and sports activity: a review. *Int. J. Sports Med.* 1994; 15: 215-223.

13. PASMÁN, W.J., BAAK, M.A., JEUKENDRUP, A.E. e HAAN, A. The effect of different dosages of caffeine on *endurance* performance time. *Int. J. Sports Med.* 1995; 16(4): 225-330.

14. SAWYNOK, J. e YAKSH, T.L. Caffeine as an analgesic adjuvant: a review of pharmacology and mechanisms of action. *Pharmacological Reviews.* 1993; 45(1): 43-51.

15. SPRIET, L.L. et al. Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans. *Am. J. Physiol.* 1992; 262: E891-E898.

16. TARNOPOLSKY, M.A. et al. Physiological responses to caffeine during *endurance* running in habitual caffeine users. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1989; 21(4): 418-424.

17. TARNOPOLSKY, M.A. Protein, caffeine and sports. *The Physician Sports Med.* 1993; 21(3): 137-149.

18. TARNOPOLSKY, M.A. Caffeine and *endurance* performance. *Sports Med.* 1994; 18 (2): 109-125.

19. VAN DER MERWE, P.J., LUUS, H.G. e BARNARD, J.G. Caffeine in sport. Influence of *endurance* exercise on the urinary caffeine concentration. *Int. J. Sports Med.* 1992; 13(1): 74-76.

20. WEIR, J. et al. A high carbohydrate diet negates the metabolic effects of caffeine during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1987; 19(2): 100-105.

21. WEMPLE, R.D., LAMB, D.R. e MCKEEVER, K.H. Caffeine vs caffeine-free sports drinks:

effects on urine production at rest and during exercise. 1997; 18(1): 40-46.

## Bibliografia Complementar

CLARK, N. Caffeine: a user's guide. *The Physician Sports Med.* 1997; 25(11): 109-110.

EICHNER, E.R. Ergogenics aids: what athletes are using - and why. *The Physician Sports Med.* 1997; 25(4): 70-79.

GRAHAM, T.E. e SPRIET, L.L. Caffeine and exercise performance. *Sports Science Exchange* Gatorade Sports Science Institute. 1996; 9(1).

MCARDLLE, W.D., KATCH, F.I. e KATCH, V.L. *Fisiologia do exercício – energia, nutrição e desempenho humano.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998.