

## Índice

Resumo .....	3
Abstract .....	4
Introdução .....	5
Material e métodos .....	7
Metabolismo da cafeína .....	7
Mecanismo de acção da cafeína .....	9
<i>Mecanismo a nível central</i> .....	9
<i>Mecanismo a nível periférico</i> .....	11
Forma, dose e momento ideal para a ingestão .....	14
Consumidores regulares/ não regulares de cafeína e indivíduos preparados/ não preparados fisicamente .....	18
Efeitos adversos .....	22
Efeitos ergogénicos da cafeína nos vários tipos de desportos.....	24
<i>Desportos de resistência</i> .....	25
<i>Desportos de alta intensidade com curta duração</i> .....	26
<i>Desportos de equipa</i> .....	27
<i>Desportos de força/potência</i> .....	29
Cafeína e o doping .....	31
Conclusões .....	32
Bibliografia .....	35

## **Resumo**

A cafeína é consumida diariamente, como parte de uma dieta normal, por mais de 80% da população mundial, apesar de não ser essencial para a saúde. O seu efeito estimulante é conhecido há muito, sendo muitas vezes consumida, com o intuito de atrasar o sono e a fadiga, pelo que o seu uso com intenção de melhorar o rendimento desportivo não é de estranhar.

Através de uma revisão bibliográfica de estudos científicos publicados até à data, pretende-se encontrar respostas a algumas perguntas como: a cafeína pode ser utilizada como ergogénico, melhorando o rendimento desportivo nos vários tipos de desportos? O consumo da cafeína com este objectivo acarreta algum perigo para a saúde? Através de que mecanismo(s) exerce a cafeína os seus efeitos ergogénicos?

No final deste trabalho, após a consulta de material científico, ficou demonstrado que a cafeína pode melhorar o desempenho em desportos de resistência, de alta intensidade com curta duração e, até, em desportos de equipa, havendo ainda alguma contradição no que diz respeito aos desportos de força/potência. Os mecanismos pelos quais esta exerce o seu efeito, apesar de ainda não haver consenso total, são essencialmente a nível do Sistema Nervoso Central, assim como directamente a nível neuromuscular.

A cafeína, se utilizada com o fim de melhorar o desempenho desportivo, deve ser consumida, de preferência uma hora antes do exercício, na forma anidra, sendo que a dose ideal se situa entre 2 e 6 mg/kg de peso, pois parece não haver melhorias significativas no rendimento desportivo, para doses superiores, podendo mesmo surgir efeitos adversos.

## **Abstract**

Caffeine is consumed daily, as part of a normal diet, by about 80% of world's population, though it is not essential to health. Its stimulating effect is well known, and sometimes it is consumed in order to delay sleep and fatigue, so its use to improve sport performance is not surprising.

Through the means of a bibliographic review of scientific studies published, one aims to find answers to certain questions as: can caffeine be used as an ergogenic aid in order to improve sports performance in the several sports? Does its use bring about any danger to health? Through which means does caffeine exercise its ergogenic effects?

At the end of this paper, after a quest of scientific material, it was demonstrated that caffeine can improve performance in endurance sports, high intensity with short duration sports and even in team sports. There is some inconsistency in matters of strength/power sports. The mechanisms, through which caffeine exercises its effect, though there is not a general agreement on this, are primarily on the level of Central Nervous System, as well as neuromuscular.

Caffeine, if used as a way of improving sports performance should rather be consumed an hour before the exercise, in its anhydrous form, and its ideal dosage is between 2 and 6 mg/kg. In case of higher doses may not occur any significant improvement in the sports performance, on the contrary, opposing effects may come up.

**Palavras chave:** cafeína, desporto, desempenho desportivo.

## **Introdução**

Os humanos têm uma longa história na utilização da cafeína, sendo a “droga” mais consumida e socialmente aceita em todo o mundo, com riscos mínimos para a saúde.

Apesar de a cafeína ser um elemento frequente na nossa alimentação, esta não é essencial para a saúde [Graham 2001]. Ocorre naturalmente em mais de 60 plantas. As principais fontes de cafeína natural são o café e o chá, com quantidades variadas em produtos de chocolate, refrigerantes, medicamentos ou suplementos energéticos [Harland 2000]. Na tabela 1, pode-se ver a quantidade de cafeína presente em algumas fontes alimentares, complementos dietéticos e medicamentos [Harland 2000; Palacios Gil-Antunano et al. 2008]. Aproximadamente 75% da cafeína é consumida na forma de café [Keisler et al. 2006].

Tabela 1

<i><b>Produto</b></i>	<i><b>Quantidade</b></i>	<i><b>Conteúdo em cafeína (mg)</b></i>
Café	150ml	106-164
Café instantâneo	150ml	47-68
Café descafeinado	150ml	2-5
Chá preto	240ml	25-110
Chá verde	240ml	8-36
Coca-Cola <sup>®</sup>	330ml	42
Pepsi <sup>®</sup>	330ml	35
7 up <sup>®</sup>	330ml	0
Chocolate de leite	28g	2-8
Chocolate preto	28g	5-25
Chocolate líquido	168g	2-8
Red Bull <sup>®</sup>	250ml	80
Gel cafeinado	40g	25
Barra cafeinada	65g	50
Comprimidos de cafeína	1 Comprimido	100/200mg
Anacin <sup>®</sup>	1 Comprimido	33
Excedrin <sup>®</sup>	1 Comprimido	65
Triaminic <sup>®</sup>	1 Comprimido	30

A quantidade de cafeína presente nos produtos, alimentos ou bebidas varia de país para país, dependendo de factores como o regulamento de marketing e da sua preparação [Graham 2001].

Os efeitos para atenuar a fadiga por parte da cafeína são conhecidos desde o início do século passado, por volta de 1900 [Keisler et al. 2006]. Investigações no final dos anos 70, indicavam uma melhoria no desempenho de exercício físico com a ingestão de cafeína, o que tornou popular o seu uso como ergogénico [Keisler et al. 2006]. Actualmente, mais de 80% da população mundial consome cafeína diariamente, o que a torna na substância psicoactiva (já que carece de valor nutricional), mais utilizada em toda a história da humanidade [James 2004] e é provável que o seu uso não diminua tão cedo pois é barata, facilmente disponível, clinicamente segura, socialmente aceitável e até certo ponto legal [Sinclair et al. 2000].

Para além do efeito ergogénico da cafeína, algumas bebidas que contém cafeína como o café, o chá e o cacau, podem também acrescentar alguns benefícios para a saúde, devido ao seu conteúdo em compostos de polifenol ( antioxidantes naturais, presentes em plantas, que possuem propriedades anti-inflamatórias e anti-cancerígenas). Acredita-se que estes tenham uma influência positiva a nível vascular devido a estas propriedades antioxidantes, por inibirem oxidação do colesterol, nomeadamente, da fracção de LDL [Ruxton 2009].

Relativamente ao efeito ergogénico da cafeína, objectivo deste trabalho, a título de exemplo, num trabalho realizado sobre o consumo de cafeína mostrou resultados surpreendentes. Um questionário realizado a mais de 16000 crianças canadianas entre os anos 1992/93, com idades entre os 11 e 18 anos, cerca de 27% destas afirmou usar cafeína numa tentativa de melhorar o seu desempenho atlético, sendo que 25% tinham idades entre os 11 e 13 anos, e 30% idades compreendidas entre os 14 e 15 anos [Bramstedt 2007]. Noutro estudo, mais recente, interrogaram-se 140 atletas presentes no Campeonato do Mundo de Triatlo

(Ironman) de 2005, e perto de 90%, afirmou que pretendia ingerir cafeína antes ou durante a competição [Chester et al. 2008].

O objectivo principal deste trabalho de revisão foi contribuir para a discussão sobre este tema e, eventualmente tirar algumas conclusões sobre o potencial ergogénico da cafeína.

As questões colocadas foram: 1- A cafeína exerce este efeito nos vários tipos de desporto, como desportos de resistência, desportos de equipa ou de força/potência? 2- Se este efeito existe, quais os mecanismos de acção que tornam isso possível? 3 - O consumo de cafeína com este objectivo, implica algum perigo para a saúde de quem a consome?

## **Material e métodos**

Este trabalho vai ser realizado através de uma revisão bibliográfica de todos os artigos publicados na base de dados de literatura internacional da área médica, a Pubmed, até 2010, dando prioridade aos estudos mais recentes, dos últimos 5 anos. Foram usadas as seguintes palavras chave: “caffeine”, “sports” e “performance”.

De entre os artigos obtidos foram seleccionados aqueles que apresentavam nos seus objectivos relação com cafeína. No caso de artigos que faziam referência a trabalhos publicados mais antigos, estes foram também consultados.

## **Metabolismo da cafeína**

A cafeína ou 1,3,7-trimetilxantina, é um alcalóide, que pertence a um grupo de substâncias denominadas genericamente de metilxantinas [Palacios Gil-Antunano et al. 2008]. É absorvida eficazmente através do aparelho gastrointestinal, após administração oral, apresentando uma biodisponibilidade de quase 100% [Sinclair et al. 2000]. Também é

fácilmente absorvida pelas vias transdérmica, subcutânea, intramuscular, intraperitoneal e rectal [Bramstedt 2007]. O pico de concentração plasmática da cafeína é atingida 15 a 120 minutos após a ingestão (mais frequentemente entre os 40 a 60 minutos), sendo esta variabilidade sobretudo devido à velocidade de esvaziamento gástrico [Sinclair et al. 2000]. Quase 90% da cafeína ingerida sai do estômago 20 minutos após a ingestão [Keisler et al. 2006], observando-se, que a absorção oral não é afectada pela forma como é consumida, pois são atingidos níveis semelhantes com bebidas, cápsulas ou chocolate [Mumford et al. 1996]. O seu tempo médio de vida é de 3 a 5 horas [Sinclair et al. 2000; Keisler et al. 2006].

A cafeína é principalmente metabolizada no fígado pela enzima citocromo P450 1 A 2, em três metabolitos, sendo nos humanos, o principal a paraxantina (84%), e os outros, a teofilina e a teobromina, mas em quantidades bem menores [Kalow et al. 1993]. Esta enzima também já foi encontrada noutros tecidos, como o cérebro e os rins, podendo estes participar também no metabolismo da cafeína [Sinclair et al. 2000].

A cafeína é maioritariamente eliminada pela urina, e variando de acordo com o peso corporal, género, idade, factores genéticos, étnia, presença de medicamentos ou estado de hidratação [Sinclair et al. 2000; Bramstedt 2007]. Contraceptivos orais, álcool e gravidez atrasam o metabolismo da cafeína, enquanto que o consumo de tabaco, o exercício físico moderado, o fenobarbital e a fenitoína aumentam o seu metabolismo [Bramstedt 2007].

O uso crónico da cafeína leva a um aumento do seu metabolismo pois causa um aumento do citocromo P450 e a sua maior afinidade para a cafeína, condicionando um aumento da proporção dos metabolitos teofilina e paraxantina. Além disso, foi desmonstrado que o exercício leva a um aumento da expressão do citocromo P450 1 A 2, diminui o pico plasmático de cafeína, assim como o seu tempo de semi-vida [Sinclair et al. 2000].

Devido à cafeína ser uma substância lipossolúvel, atravessa sem dificuldade a barreira hemáto-encefálica, assim como a placenta [Keisler et al. 2006].

### **Mecanismo de acção da cafeína**

Desde de que foi descoberto o poder ergogénico da cafeína, que se tenta descobrir através de que mecanismo(s) esta exerce os seus efeitos. Têm sido propostas várias teorias mas ainda não existe consenso total em relação a estas. A seguir, expõem-se os mecanismos que explicam, baseado em estudos recentes, como a cafeína se torna ou pode tornar um poderoso ergogénico.

#### ***Mecanismo a nível central***

Foi claramente demonstrado que um dos primários locais da actuação da cafeína é a nível do SNC, mas como esta actua em quase todos os tecidos do corpo, é difícil saber em qual deles o efeito é mais intenso [Goldstein et al. 2010]. São encontrados receptores de adenosina na maioria dos tecidos, incluindo o cérebro, coração, músculo liso, músculo estriado e adipócitos [Graham 2001]. As doses de cafeína necessária para bloquear os receptores de adenosina são muito menores do que as necessárias para provocar a maioria dos outros efeitos fisiológicos [Keisler et al. 2006]. Esta tem uma estrutura muito similar à adenosina, e pode-se ligar não selectivamente aos receptores de membrana para a adenosina, bloqueando competitivamente a sua acção [Graham 2001; Bell et al. 2002].

A adenosina, ao activar os seus receptores vai provocar vários efeitos. Existem vários tipos de receptores de adenosina, sendo que os mais importantes são os receptores A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub> (especialmente o A<sub>2A</sub>). A activação dos receptores A<sub>1</sub>, por parte da adenosina provoca inibição da lipólise, activa as trocas de potássio, diminui a condução a nível do nódulo auriculo-ventricular e inibe os potenciais neuronais basais e evocados. A nível dos receptores

A<sub>2</sub>, esta irá causar vasodilatação periférica e cerebral, inibe a inflamação e a libertação de dopamina (e outras catecolaminas) no músculo estriado. A cafeína e os seus metabolitos são antagonistas destes receptores [Sinclair et al. 2000]. O exercício pode causar um desequilíbrio energético tal que, em resultado, os níveis celulares de ATP diminuem, os níveis de adenosina aumentam, e as acções mediadas por receptores de adenosina são acentuadas. Assim, em geral, os efeitos da cafeína são o oposto dos da adenosina porque a cafeína bloqueia as suas acções e que, previsivelmente, aumentem onde e quando os níveis de adenosina são particularmente pronunciados [Sinclair et al. 2000]. Com o consumo regular de cafeína ocorre aumento destes receptores [Keisler et al. 2006].

Para além disso, a adenosina, aumenta a percepção da dor, induz o sono, reduz a excitação, deprime a actividade locomotora espontânea e actua como neuromodulador. Os efeitos inibitórios ocorrem através da activação dos receptores A<sub>1</sub>, enquanto os efeitos excitatórios surgem com a activação dos receptores A<sub>2</sub> [Davis et al. 2009].

É sobre o SNC, que a cafeína tem possivelmente o efeito mais conhecido, a sua acção estimulante aumenta o nível de alerta, atenção e concentração, melhora o humor, assim como diminui o cansaço e a percepção subjectiva de esforço, de modo que atrasa a aparição da fadiga, podendo assim aumentar o rendimento desportivo [Palacios Gil-Antunano et al. 2008]. Prova disso, é o estudo [Hogervorst et al. 2008] onde se avaliou se a cafeína poderia melhorar o desempenho físico e cognitivo durante o exercício intenso, e que no final deste, foi confirmado desenvolver. Possivelmente, esta melhoria, foi devida a alterações no funcionamento do SNC, relacionadas com a redução dos efeitos, a nível central, da fadiga. Noutro estudo realizado em 2004 [McLellan et al. 2004], pretendeu-se estudar o efeito da cafeína no rendimento físico durante 24h de vigília activa. Está bem documentado que a privação de sono prejudica o desempenho cognitivo, sendo o desempenho físico mais resistente a esta privação. Neste estudo [McLellan et al. 2004], conclui-se que um modo

eficaz para manter o rendimento físico em períodos de privação de sono, é a ingestão de cafeína, conseguindo-se manter níveis de desempenho físico semelhantes aos que não passaram por um período de privação de sono.

Até aos dias de hoje, a acção inibitória que a cafeína exerce a nível dos receptores de adenosina, parece ser o mecanismo principal e o mais convincente para explicar os efeitos ergogénicos desta substância [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

### ***Mecanismos a nível periférico***

Oxidação da gordura (níveis plasmáticos de ácidos gordos livres) - no passado, pensou-se ser este o principal mecanismo causador do efeito ergogénico da cafeína, mas estudos mais aprofundados vieram mostrar que pode ajudar, mas não é o principal causador na melhoria do desempenho. O aumento nos níveis de ácidos gordos livres presentes na corrente sanguínea, devido à lipólise, pode ser um mecanismo para poupar o glicogénio muscular. Estes níveis elevados presentes no sangue, atrasam o uso das reservas de glicogénio, fornecendo assim um benefício atlético. Resultados de pesquisas realizadas, demonstraram que, durante o exercício, a cafeína pode actuar diminuindo a utilização de glicogénio e aumentando a mobilização de ácidos gordos livres [Costill et al. 1977; Goldstein et al. 2010]. Porém, a oxidação de ácidos gordos é diminuta em situações em que a cafeína pode ser ergogénica, como em actividades de curta duração e de alta intensidade [Graham 2001].

Libertação de catecolaminas – a cafeína aumenta os níveis de epinefrina circulantes [Spriet et al. 1992; Graham et al. 1995; Jackman et al. 1996], contudo, o seu aumento é modesto e é discutível se tem uma acção metabólica significativa [Graham 2001]. No entanto, existem estudos em que este aumento não foi visível [Tarnopolsky et al. 1989]. Num estudo em que se avaliou o poder ergogénico da cafeína na capacidade de resistência (correr até à

exaustão a 85% do VO<sub>2</sub> máximo), os resultados mostraram uma melhoria no rendimento mas apenas para as doses mais baixas (3 e 6mg/kg). Contudo, apesar da dose mais baixa fornecer uma melhoria no rendimento, não se observou um consequente aumento nos níveis de epinefrina [Graham et al. 1995]. Podemos dizer então que a epinefrina pode ter algum papel na melhoria do rendimento, mas parece improvável que este mecanismo tenha grande influência no efeito ergogénico da cafeína [Davis et al. 2009].

Ao contrário do que acontece com a epinefrina, estudos raramente encontraram aumentos dos níveis de norepinefrina [Graham 2001].

Níveis de potássio extracelular – é provável que muitos aspectos da fadiga envolvam a homeostase electrolítica. Foi observado que a ingestão de cafeína resulta num menor aumento do potássio no plasma durante o exercício, e isto pode ser causado por menor libertação de potássio pelo músculo activo ou maior depuração no plasma, através da facilitação da actividade da Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase [Graham 2001; Davis et al. 2009]. Prevenindo um aumento no potássio plasmático pelo reforço da actividade da Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase pode criar-se um ambiente mais favorável para a excitação-contracção muscular, atrasando, possivelmente, a fadiga. Foi, também, demonstrado que os metabolitos da cafeína estimulam o transporte de K<sup>+</sup> no músculo esquelético em repouso, aumentando a actividade da Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase. Assim, parece que pode existir uma relação dependente da intensidade para uma redução pela cafeína do K<sup>+</sup> do plasma [Davis et al. 2009]. São necessários mais estudos, nesta área, para avaliar o efeito que estas alterações trazem a nível do potencial ergogénico.

Níveis de cálcio intracelular – a cafeína pode aumentar os níveis de cálcio intracelular no músculo esquelético [Sinclair et al. 2000]. Esta acção exercida directamente sobre o músculo, aumenta a mobilização de cálcio do retículo sarcoplasmático e a sensibilidade dos miofilamentos ao cálcio, o que produz uma maior excitabilidade das fibras musculares, que

irá levar a uma maior eficiência na contracção muscular, aumentar a potência e atrasar o aparecimento da fadiga [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

Sistema cardiovascular – a maior parte dos estudos que relacionam a cafeína e o sistema cardiovascular abordam os efeitos que esta pode ter na pressão sanguínea e os riscos de hipertensão. Há, inclusivamente, estudos que mostraram que indivíduos hipertensos têm um aumento maior na pressão sanguínea que os indivíduos normotensos em resposta à cafeína [Keisler et al. 2006]. A cafeína pode aumentar a pressão sistólica e diastólica, mas esta parece depender da população em estudo, da fonte de cafeína e se é ingerida de forma aguda ou crónica [Ruxton 2009]. Por exemplo, um estudo comparando a ingestão de pó de cafeína com chá preto e verde (todos com o mesmo nível de cafeína), mostrou, após 7 dias de consumo que o chá tem menos efeito na pressão sanguínea que o pó de cafeína isolado. Este resultado pode ser devido ao facto de os polifenóides presentes no chá diminuírem o efeito da cafeína [Hodgson et al. 1999].

Em relação à frequência cardíaca, os estudos estão em desacordo, pois alguns mostram que esta aumenta [Yeo et al. 2005; Glaister et al. 2008] e outros que este parâmetro não sofre qualquer alteração [Hogervorst et al. 2008]. A dose, a intensidade de exercício e a habituação à cafeína, podem ser factores que contribuem para a diferença entre os estudos [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

Sistema respiratório– a cafeína poderá actuar a este nível, estimulando a broncodilatação dos alvéolos, facilitando o consumo de oxigénio e o desempenho respiratório [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

Oxidação de hidratos de carbono exógenos - sabe-se que a ingestão de hidratos de carbono e cafeína antes ou durante o exercício, atrasam o aparecimento da fadiga, aumentando a capacidade de exercício. Recentemente foi realizado estudo onde se

demonstrou que a cafeína ingerida em simultâneo com hidratos de carbono (neste caso glucose), aumenta a oxidação de hidratos de carbono exógenos, sendo que isto pode ser benéfico pois reduz a dependência dos hidratos de carbono endógenos [Yeo et al. 2005]. O referido estudo foi realizado em ciclistas que se exercitaram durante 120 minutos a aproximadamente 64% do seu  $VO_{2max}$  por 3 ocasiões, em que ingeriram uma solução de glucose a 5,8% (glucose, 48g/h), noutra glucose com cafeína (glucose, 48g/h + cafeína, 5mg/kg/h) e água pura. A taxa de oxidação total de HC foi superior nos ensaios em que se consumiu HC quando comparado com a água, mas ainda maior quando se ingeriu cafeína + glucose [Yeo et al. 2005]. Este estudo veio apoiar outros realizados anteriormente [Kovacs et al. 1998].

Pensa-se que a taxa de oxidação de HC exógenos é principalmente limitada pela absorção intestinal de glucose, e provavelmente a ingestão de cafeína (em conjunto com glucose), irá provocar uma maior absorção intestinal, levando a uma maior taxa de oxidação de HC exógenos.

### **Forma, dose e momento ideal para a ingestão**

Actualmente, a cafeína pode ser ingerida, como forma de melhorar o rendimento desportivo, das mais variadas maneiras, sejam elas barras energéticas, géis e águas enriquecidas com cafeína, comprimidos, café, bebidas energéticas com alto teor em cafeína, entre outros.

Um dos estudos mais conhecidos sobre qual a forma ideal para ingerir cafeína com vista a obter a melhor efeito ergogénico que esta pode fornecer, foi realizado em 1998. Este estudo [Graham et al. 1998], avaliou a extensão dos efeitos da cafeína (4,45mg/kg), quando administrada de diversas formas: cápsulas de cafeína + água, café, café descafeinado, café

descafeinado + cápsulas de cafeína e placebo. Estes foram ingeridos 60 minutos antes da realização de corridas até à exaustão, em passadeiras, a 85% do seu  $VO_{2max}$ . Apesar de as concentrações plasmáticas terem sido semelhantes em ambos os casos, as cápsulas de cafeína com água, permitiram um tempo de corrida significativamente maior o que equivale a uma distância percorrida superior (mais 2-3km), que os outros 4 tratamentos ( $\approx$  41 minutos para a cafeína,  $\approx$  31 minutos para o placebo e  $\approx$  32 minutos para os outros tratamentos). Para além de ser mais difícil identificar a dose exacta de cafeína presente no café, pressupõe-se que existam talvez outros compostos indistinguíveis no café que o tornem menos efectivo do que a forma anidra da cafeína [Graham et al. 1998], provavelmente por terem capacidade de alterar os efeitos da cafeína como antagonista da adenosina, reduzindo a capacidade desta se ligar aos receptores da adenosina [Goldstein et al. 2010]. Poderá então dizer-se que a cafeína, isoladamente tem um potencial ergogénico superior ao café [Graham 2001].

Num outro estudo que avaliou o potencial ergogénico de 150-200mg de cafeína (conteúdo de 3g de café) comparado com café descafeinado, num contra-relógio em passadeira de 1500 metros. Os resultados mostraram uma melhoria de 4.2 segundos no tempo de corrida nos indivíduos que consumiram café, comparado com o descafeinado [Wiles et al. 1992]. Noutro trabalho em que foi utilizado café como forma de ingestão de cafeína, este também mostrou ter potencial ergogénico [McLellan et al. 2004].

O café contém múltiplos compostos biologicamente activos, porém desconhece-se se esses compostos são benéficos. Contudo, é aparente que o consumo de cafeína na forma anidra, quando comparada com o café, antes de uma competição desportiva, é mais vantajosa para aumentar o rendimento desportivo [Goldstein et al. 2010], para além de ser mais fácil de quantificar a sua dose.

A forma de administração não é contudo o único factor a ter em conta, sendo a dosagem e a altura da ingestão, parâmetros também a considerar.

Actualmente a ingestão da cafeína é feita por unidade de peso corporal, mais propriamente, miligramas de cafeína por kilo de peso corporal, não se praticando tanto a administração de doses predefinidas de cafeína, o que poderia criar uma grande variabilidade nas respostas. Exemplo é o caso das mulheres, que geralmente têm uma massa corporal inferior. Se fosse administrada a mesma dose que aos homens (em estudos em que não se tem em conta a diferença entre os géneros) condicionaria que tivessem uma dose média de cafeína superior em relação a estes. Estudos recentes mostram que, pelo menos para desportos de resistência, pode haver benefício no rendimento para doses baixas a moderadas de cafeína (2-3mg/kg), o que se encontra dentro do consumo diário da maioria da população. Isto ajudou a remover a cafeína da Lista de Substâncias Proibidas no desporto da WADA (World Anti-Doping Agency), em Janeiro de 2004 [Burke 2008]. Em alternativa foi inserida num programa de monitorização. O objectivo deste programa é permitir à WADA monitorizar os padrões de consumo de certas substâncias e determinar abusos. Se tal evidência acontecer, irá servir de apoio para a reintrodução dessa substância de novo na Lista de Substâncias Proibidas [WADA 2011].

É possível ver, nos mais variados estudos, que a cafeína é ergogénica, com melhoria significativa no rendimento desportivo para doses de 3 a 9 mg/kg, sendo que não se nota benefício significativo da dose mais elevada, em relação às doses mais baixas entre 2 e 6 mg/kg. A dose mais elevada pode mesmo causar efeitos indesejados, prejudiciais à melhoria do rendimento, em indivíduos não habituados ao seu consumo. Num estudo, já referido anteriormente [Graham et al. 1995], em que se avaliou o tempo de corrida até à exaustão a 85% do  $VO_{2max}$ , em 8 atletas do sexo masculino, bem treinados a nível de resistência, que consumiram 1 hora antes do exercício diferentes doses de cafeína em cápsulas (3; 6 ou 9mg/kg) e placebo, o tempo de corrida aumentou para todos os casos em que foi ingerida cafeína, quando comparado com placebo, sendo que o benefício foi mais significativo para as

doses inferiores (tempo de corrida de 49.4min, 60 min, 60 min e 55.6min, para respectivamente, placebo, 3; 6 e 9mg/kg de cafeína). Outro estudo realizado, desta vez em remadores bem treinados [Bruce et al. 2000], ingeriram duas doses diferentes de cafeína (6 e 9mg/kg) e placebo (500mg de glicose), em 3 ensaios experimentais, separados por 3 dias. O objectivo era semelhante, completar uma prova de remo de 2000 metros, em remo indoor, percorrendo a distância no menor tempo possível. A ingestão ocorreu 1 hora antes da realização desta. O tempo de realização da prova foi de 416, 411 e 412 segundos, para o placebo, 6 e 9mg/kg de cafeína, respectivamente, o que demonstra ser uma melhoria significativa para ambas as doses quando comparadas com o placebo. Os autores deste trabalho fazem referência aos elevados níveis de cafeína detectados na urina de 1/3 dos atletas para a dose mais elevada de cafeína, pois os valores atingidos, eram superiores aos permitidos pelo Comité Olimpico Internacional na data de realização do trabalho (2000) [Bruce et al. 2000].

Num estudo realizado em ciclistas bem preparados fisicamente [Kovacs et al. 1998], foi-lhes pedido para realizarem uma prova (com o tempo estimado de aproximadamente 1 hora) em bicicleta estática o mais rápido possível. Ingeriram diferentes doses de cafeína ( 2.1; 3.2 e 4.5 mg/kg) numa solução de electrólitos e hidratos de carbono, a mesma solução isolada sem cafeína ou ainda água ( placebo). Os tempos realizados foram de 62.5 ; 61.5; 60.4 ; 58.9 e 58.9 minutos, para a ingestão de água, da solução com electrólitos e hidratos de carbono isolada, da solução anterior associada a doses de 2,1; 3,2 e 4,5 mg/kg de cafeína respectivamente. Isto mostra que quando a cafeína é ingerida com bebidas desportivas, a dose menor usada tem efeito ergogénico, mas as outras duas doses superiores de 3,2 e 4,5 mg/kg de cafeína, têm um efeito ainda maior no rendimento desportivo [Kovacs et al. 1998].

Estes e muitos outros estudos, mostram melhoria do rendimento com a ingestão de diferentes doses de cafeína, não estando claro quais são as doses máximas e mínimas para esta

exercer o seu efeito, mas presume-se que a dose ideal para a cafeína exercer o seu efeito ergogénico óptimo se situa entre os 2 e os 9 mg/kg, pois doses superiores a 9mg/kg, parecem não oferecer benefícios adicionais podendo mesmo provocar efeitos adversos.

Relativamente ao momento ideal para a ingestão da cafeína, como é visto na maioria dos estudos anteriores [Wiles et al. 1992; Graham et al. 1995; Graham et al. 1998; Kovacs et al. 1998; Bruce et al. 2000], esta é feita 1 hora antes da realização do exercício. Este protocolo é assim definido na maioria dos trabalhos realizados porque a cafeína é absorvida rapidamente e atinge concentrações plasmáticas máximas 1 hora após a ingestão, mantendo esta concentração por um período de 3 a 4 horas. Recomenda-se tomar doses suplementares se o exercício é muito prolongado [McLellan et al. 2004; Hogervorst et al. 2008] ou uma segunda dose se este tem lugar mais de 6h após a primeira dose [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

Conforme foi demonstrado no teste, que irá ser mais aprofundado no ponto que se segue, o efeito ergogénico pode ser bem visível ainda passadas 6 horas da sua ingestão [Bell et al. 2002].

### **Consumidores regulares/ não regulares de cafeína e indivíduos preparados/ não preparados fisicamente**

Algo a ter em conta na realização de estudos sobre o potencial ergogénico da cafeína é se os indivíduos que irão ser testados são consumidores regulares de cafeína ou não. Define-se como consumidor regular aquele que consome mais de 300 mg/dia de cafeína, enquanto os não consumidores são os que ingerem doses de cafeína inferiores a 50 mg/dia.

Um dos estudos mais citados até agora efectuado sobre a possível diferença no efeito ergogénico da cafeína no rendimento desportivo em consumidores regulares e não consumidores desta substância, foi realizado em 21 indivíduos (13 consumidores e 8 não

consumidores) [Bell et al. 2002]. Estes ingeriram uma dose de cafeína de 5 mg/kg ou placebo, 1, 3 ou 6 horas antes de realizarem uma prova de bicicleta estática a 80% do seu  $VO_{2max}$ , até à exaustão. Cada um realizou 6 provas, uma vez por semana. Todos os indivíduos receberam a mesma dose de cafeína em relação à sua massa corporal. Para todos eles a cafeína aumentou significativamente o tempo até à exaustão, quando comparado com o placebo. Contudo, os efeitos foram superiores para os não consumidores regulares de cafeína, e, para além disso, o efeito ergogénico da cafeína era ainda visível, neste grupo, após 6 horas o seu consumo, o que não aconteceu nos consumidores regulares de cafeína. Os autores concluíram que a magnitude e duração do efeito ergogénico da cafeína, foram maiores nos indivíduos não consumidores regulares quando comparados com os consumidores habituais. A magnitude do efeito ergogénico observado neste estudo foi de 19% para os consumidores regulares e de 28% para os não consumidores. O resultado deste estudo [Bell et al. 2002], está apresentado na tabela 2.

Tabela 2

Grupo	1 h		3 h		6 h	
	Cafeína	Placebo	Cafeína	Placebo	Cafeína	Placebo
Não consumidores	32,7 ± 8,4	24,4 ± 6,4	32,1 ± 8,6	25,8 ± 9	31,7 ± 12	23,2 ± 7
Consumidores	27,4 ± 7,2	23,3 ± 6,5	28,1 ± 7,8	23,2 ± 7,1	24,5 ± 7,6	23,5 ± 5,7

\* os tempos estão expressos em minutos.

No entanto nem todos os estudo apoiam estes resultados. Um estudo realizado anteriormente, com protocolo muito semelhante [Dodd et al. 1991], não mostrou alterações significativas entre os indivíduos consumidores regulares e não consumidores (neste estudo foram definidos como consumindo menos de 25 mg/dia de cafeína) no tempo de exercício. As únicas diferenças demonstradas, foram a nível da ventilação e frequência cardíaca, mas apenas em repouso, para o grupo dos não consumidores [Dodd et al. 1991].

Em quase todos os estudos realizados, é pedido aos indivíduos que não ingiram substâncias que contenham cafeína nas 72, 48 horas, ou por vezes 24 horas, que antecedem o ensaio [Graham et al. 1995; Kovacs et al. 1998; Bruce et al. 2000; Paton et al. 2001; Yeo et al. 2005; Glaister et al. 2008]. Este procedimento resulta em níveis quase indetectáveis de cafeína na circulação, na altura do teste [Graham 2001].

O consumo regular de cafeína está associado a um aumento do número de receptores de adenosina (“upregulation”), podendo esperar-se portanto, que consumidores regulares e não consumidores respondam de modo diferente a uma mesma dose de cafeína, associando-se ainda ao facto de que alguns indivíduos são mais sensíveis à cafeína do que outros [Bell et al. 2002]. Existe ampla evidência, em modelos animais, que alguns tecidos se adaptam ao consumo contínuo de cafeína, aumentando o número de receptores de adenosina, enquanto outros tecidos se adaptam, alterando acções pós-receptores [Graham 2001]. Contudo, estes estudos também descobriram que há alguns tecidos que parecem não se adaptar a esta exposição contínua [Graham 2001]. Serão necessários mais estudos nesta área para averiguar se realmente existe diferença significativa.

Os estudos sobre a influência da cafeína no rendimento desportivo, devem (e a maior parte são) ser realizados em atletas treinados e bem preparados fisicamente, pois são capazes de oferecer desempenhos reprodutíveis, ou seja, mais similares, sem grandes variações [Sinclair et al. 2000]. Além disso, a cafeína parece ter um impacto mais previsível em indivíduos bem treinados. Isto pode ser devido ao facto de em indivíduos bem preparados fisicamente, mais que nos atletas ocasionais, o músculo e outros tecidos são mais sensíveis ou que têm uma disciplina mental que lhes permite exercitarem-se durante mais tempo e mais arduamente para beneficiar mais do estímulo da cafeína [Graham 2001].

Num estudo realizado em nadadores, pretendeu-se avaliar se existia diferença no rendimento de indivíduos bem preparados fisicamente e nadadores ocasionais [Collomp et al.

1992]. Estes realizaram 2 x 100 metros de natação em estilo livre, separados por 20 minutos de recuperação activa, após a ingestão de 250 mg de cafeína ( $\approx 4,3\text{mg/kg}$ ). Cada grupo era constituído por 7 elementos. A ingestão de cafeína resultou numa melhoria significativa de aproximadamente 1 segundo no tempo médio para percorrer ambos os 100 metros nos nadadores bem preparados fisicamente. No grupo dos nadadores ocasionais não houve alterações.

Num estudo realizado em atletismo [O'Rourke et al. 2008], foi pedido a atletas bem preparados fisicamente e a indivíduos com actividade física recreacional (manutenção, laser) para realizarem o mais rápido possível 5 km em pista. Cada grupo era constituído por 15 atletas, tendo cada um ingerido 5 mg/kg de cafeína ou placebo em cápsulas. Como é habitual, esta foi ingerida 1 hora antes do ensaio, foi-lhes pedido para não ingerirem alimentos com cafeína nas 48h antes. De notar, que nenhum dos atletas foi considerado consumidor regular de cafeína. A magnitude da melhoria no tempo de corrida foi semelhante para ambos os grupos que ingeriram cafeína (de 1% para os atletas bem preparados fisicamente e de 1,1% para os praticantes recreacionais), sendo que este último grupo foi aproximadamente 20% mais lento. Contudo, a repetição do teste no grupo de praticantes recreacionais deu um erro de medida na ordem de 1,4%. Por isso, os mesmo autores desta investigação apoiam que apesar de pequena, a cafeína pode ser uma vantagem, mas apenas para os atletas bem preparados fisicamente [O'Rourke et al. 2008].

O treino e os condicionamentos específicos experienciados por atletas de elite, podem resultar em alterações fisiológicas específicas, que em combinação com a cafeína podem levar a melhorias no desempenho desportivo, enquanto a variabilidade no desempenho de atletas ocasionais, ou seja, não tão bem preparados fisicamente, pode mascarar o efeito da cafeína [Goldstein et al. 2010].

## **Efeitos adversos**

Em geral, a cafeína não parece ter efeitos adversos mais graves do que alguma simples intolerância gastrointestinal em algumas pessoas, se não forem ingeridas quantidades muito elevadas. Contudo, com doses elevadas, toxicidade pode ser observada. A tabela 3, apresenta alguns dos possíveis efeitos adversos, relacionados com a dose de cafeína ingerida [Harland 2000; Bramstedt 2007].

Tabela 3

Quantidade de cafeína	Consequências fisiológicas
100 a 200 mg	Maior agilidade mental, velocidade de pensamento mais rápido, inquietação, redução da fadiga, necessidade de sono é atrasada.
1 grama	Ansiedade, insónia, alterações de humor, arritmias cardíacas, distúrbios gastrointestinais, náuseas.
1,5 gramas	Agitação, ansiedade, tremores, alucinações, delírio.
2 a 5 gramas	Estimulação da medula espinhal.
5 a 10 gramas	Morte pode ocorrer.
Mais de 10 gramas	Dose letal.

Estes sinais e sintomas, como seria de esperar, são mais frequentemente observados em indivíduos que não consomem regularmente cafeína. Um dos principais efeitos adversos que a cafeína pode ter no atleta que ingere cafeína como forma a melhorar o seu rendimento desportivo, é a capacidade que esta tem de influenciar a qualidade e duração do sono e, ainda, promover a vigília [Burke 2008]. Este efeito pode interferir na capacidade de recuperação, tendo possivelmente efeitos prejudiciais no rendimento.

Está bem documentado que a cafeína produz uma síndrome de abstinência com a cessação do seu uso crónico. Isto pode acontecer mesmo com a ingestão repetida de baixas doses. A síndrome de abstinência de cafeína pode acontecer com o uso de cafeína por um

curto período de tempo, logo aos 3 dias após administração em não consumidores e 12 horas em consumidores regulares [Ellender et al. 2005] . Sintomas frequentes da síndrome de abstinência incluem dor de cabeça, irritabilidade, fadiga, sonolência, diminuição do estado de alerta, dificuldade de concentração, e diminuição dos níveis de energia e actividade. Contudo, estes são de curta duração. Existem publicações bem documentadas de intoxicações causadas por cafeína, em indivíduos que recorreram à ingestão desta substância com a intenção de melhorar a sua prestação desportiva [FitzSimmons et al. 1998] ou que recorreram à sua sobredosagem com a intenção de cometer suicídio [Holmgren et al. 2004].

Há a ideia generalizada que a ingestão de cafeína provoca alterações no estado de hidratação, mais precisamente, que a ingestão desta substância induz um estado agudo de desidratação, o que poderia afectar o rendimento desportivo. Contudo, o consumo de cafeína em repouso e durante o exercício, apresenta dois cenários totalmente diferentes [Goldstein et al. 2010]. Apesar de infundada existe a noção de que a ingestão de cafeína, ao provocar desidratação, pode alterar negativamente o balanço de fluídos durante o exercício. Isto não foi demonstrado em diversos trabalhos, como num estudo em que se pretendeu avaliar alterações no balanço hídrico corporal em exercício prolongado após a ingestão de cafeína (5 mg/kg 2 horas antes do ensaio e outra dose de 2,5 mg/kg 30 minutos antes) num ambiente a 25 °C [Falk et al. 1990]. Este ensaio foi realizado por 7 indivíduos bem preparados fisicamente. No final, não foram descobertas diferenças na água total perdida, taxa de suor (estes foram calculados através da diferença entre o peso corporal antes e após o exercício, corrigido com a administração de líquidos) ou alterações no volume plasmático após o consumo de cafeína, quando comparado com o placebo. Outras investigações que se direccionaram também para este tema, indicaram um aumento de volume da urina após a ingestão da cafeína, em repouso, mas não houve nenhuma alteração significativa no balanço de fluídos durante o exercício [Goldstein et al. 2010] ou a exposta anteriormente, em que atletas bem preparados fisicamente

ingeriram diferentes doses de cafeína ( 2.1; 3.2 e 4.5mg/kg) numa solução de electrólitos e hidratos de carbono, esta mesma solução isolada sem cafeína ou água (placebo), antes de realizar uma prova de bicicleta com o tempo previsto de 1hora, o mais rápido possível [Kovacs et al. 1998]. Nesta, também não se notou diferença estatística no volume de urina antes ou após o ensaio [Kovacs et al. 1998].

Pensa-se que esta inexistência de efeito diurético, após a ingestão de cafeína, no exercício físico, esteja possivelmente relacionada com dois factores: bloqueio da inibição mediada pela adenosina na renina libertada pelo rins e aumento dos níveis de angiotensina II [Sinclair et al. 2000] ou constricção das arteríolas renais e redução da taxa de filtração renal, efeito provocado pelo aumento das catecolaminas [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

Portanto, enquanto podem haver argumentos para a diurese induzida pela cafeína em repouso, a literatura não indica nenhuma alteração significativamente negativa da cafeína na taxa de sudção, volume de urina, água total perdida ou volume plasmático durante o exercício, que poderiam afectar de forma adversa o rendimento desportivo [Goldstein et al. 2010].

### **Efeitos ergogénicos da cafeína nos vários tipos de desportos**

A cafeína não parece ter o mesmo efeito ergogénico nas várias modalidades desportivas, e para melhor enquadramento destas dividem-se as diferentes actividades em quatro grupos: desportos de resistência (exercícios submáximos, com elevado componente de resistência/aeróbico), desportos de alta intensidade curta duração (exercícios de intensidade máxima, com uma duração inferior a 30 minutos), desportos de equipa (modalidades desportivas de “para-arranca” como o futebol, rugby...) e ainda desportos de força/ potência (relacionados mais com actividades anaeróbicas, como o levantamento de pesos).

### ***Desportos de resistência***

A maioria dos estudos do efeito ergogénico da cafeína até agora realizados foi neste tipo de exercício, porque, nestas situações, a potência é mantida constante e o tempo de exercício pode ser quantificado. Na maior parte dos casos em que se avalia a resistência ao exercício, surge em ensaios em que a fadiga aparece entre os 30 e os 60 minutos, mas estes podem ter também uma duração superior. É assim mais fácil a avaliação dos parâmetros, do que naqueles em que os indivíduos variam a potência e a velocidade durante o exercício [Graham 2001].

Estes ensaios, de forma a que seja mantida uma potência constante, os indivíduos são obrigados a realizar a actividade pedida, a uma percentagem da sua potência máxima (Watts máximo) ou do seu  $VO_2$  máximo (ou Volume de Oxigénio Máximo, que pode ser definido como a maior taxa de consumo de oxigénio que é possível atingir durante o exercício máximo, sendo este valor muitas vezes usado para definir a potência aeróbica de um atleta), que são calculados previamente à investigação.

A cafeína pode ser ergogénica neste tipo de desportos, como é referido em estudos apresentados anteriormente [Graham et al. 1995; Graham et al. 1998; Kovacs et al. 1998; Bell et al. 2002; Yeo et al. 2005; Hogervorst et al. 2008], cuja a duração varia de 30 até mais de 150 minutos, e em diferentes modalidades como atletismo ou ciclismo.

À medida em que a extensão dos resultados na capacidade de resistência se traduzem na melhoria do rendimento é discutível, mas não há dúvida que a cafeína pode ser uma ajuda eficaz neste tipo de exercício, ou seja, debate-se agora a magnitude deste efeito, e não se este existe ou não [Graham 2001]. As diferenças entre os diferentes estudos podem ser devidas a vários factores como a dose de cafeína aplicada, a capacidade aeróbica dos indivíduos, o

consumo habitual de cafeína e outros componentes da dieta, assim como o método e a duração do exercício utilizado no estudo [Palacios Gil-Antunano et al. 2008].

O modo exacto como a cafeína fornece este efeito ergogénico permanece por esclarecer, mas, entre os mecanismos fisiológicos que tornam isto possível deve-se destacar o antagonismo exercido nos receptores de adenosina que pode levar à redução da percepção da dor, atraso da fadiga, poupança das reservas de glicogénio através da maior oxidação de gordura (com aumento dos níveis de ácidos gordos livres no plasma) ou da maior oxidação de hidratos de carbono exógenos provocada pela maior absorção intestinal de hidratos de carbono.

### ***Desportos de alta intensidade com curta duração***

Os métodos aplicados para o estudo do efeito da cafeína neste tipo de exercício são semelhantes aos do grupo anterior, sendo no entanto a duração mais curta, menor que 30 minutos (entre 3 e 8 minutos habitualmente), utilizando uma intensidade superior, quase 100% da intensidade máxima. Existem também vários estudos já anteriormente referidos e explicados [Wiles et al. 1992; Bruce et al. 2000; O'Rourke et al. 2008], realizados em modalidades tão diferentes como remo ou atletismo, que mostram que a ingestão de cafeína antes da competição, pode trazer uma melhoria significativa no rendimento desportivo de um atleta, ou mesmo permitir que este treine mais e com melhor desempenho.

Outros estudos comprovam esta teoria, como o realizado em 14 indivíduos activos, a quem foi pedido para participarem num ensaio, em que executariam dois períodos de 2 minutos a pedalar, com 2 intervalos de 6 minutos, e posteriormente, mais um período em que pedalariam até à exaustão [Jackman et al. 1996]. Em todos os períodos activos foi-lhes pedidos para irem ao seu  $VO_{2máx}$ . Estes, ingeriram 6 mg/kg de cafeína ou placebo (dextrose),

uma hora antes do teste, tendo-se absterido de substâncias com cafeína nas 48 horas precedentes. A ingestão da cafeína comparativamente com o placebo, trouxe uma melhoria significativa no tempo até à exaustão, sendo estes de  $4.93 \pm 0.60$  minutos e  $4.12 \pm 0.36$  minutos, respectivamente.

Pode-se, por isso, dizer que a cafeína também é ergogénica neste tipo de desportos, trazendo uma melhoria no rendimento, e mesmo que o seu efeito seja mínimo ou nenhum, não traz efeitos secundários de maior [Graham 2001].

O mecanismo pelo qual este efeito ocorre neste grupo é menos conhecido, necessitando de mais investigação, mas é proposto que esta exerça funções directamente no tecido neuromuscular activo durante esta acção [Jackman et al. 1996], assim como alterações a nível central [O'Rourke et al. 2008].

### ***Desportos de equipa***

O estudo do possível efeito ergogénico neste tipo de desporto é escasso, provavelmente por ser difícil de quantificar, e os resultados existentes divergem. Neste grupo estão incluídos por exemplo o futebol, hóquei em campo, rãgueby ou ténis, que são desportos que têm uma elevada duração com períodos de alta intensidade ou sprints, por outras palavras, desportos de “pára-arranca”.

Num estudo realizado em 2008 [Glaister et al. 2008], foi analisada a relação entre a ingestão de cafeína e o seu possível efeito ergogénico no desempenho de múltiplos sprints, de forma a simular um jogo real. Os 21 homens, definidos como fisicamente activos, realizaram 12 sprints de 30 metros, com intervalos de 35 segundos, após a ingestão de 5 mg/kg ou placebo, 1 hora antes da sua realização. Os resultados mostraram uma melhoria significativa no tempo de realização dos 3 primeiros sprints, com consequente aumento da fadiga para o

teste com cafeína e ainda na melhoria de 1.4% no tempo do sprint mais rápido. Os autores deste trabalho, sugerem que apesar de serem necessários mais estudos, a cafeína tem propriedades ergogénicas com possibilidades de beneficiarem o rendimento em desportos de um ou vários sprints [Glaister et al. 2008].

Um estudo usando 9 jogadores de rúgby [Stuart et al. 2005], avaliou se a cafeína melhorava o desempenho físico e a perícia necessárias para um jogo de rúgby . Os jogadores ingeriram 6 mg/kg de cafeína ou placebo, 70 minutos antes de realizarem um teste criado para simular este jogo de equipa. Cada teste consistia em sete circuitos, em cada uma das duas metades de 40 minutos, separadas por um período de 10 minutos de descanso. Cada circuito incluía uma zona de sprints (2 em linha recta e 3 de agilidade), geração de potência em duas unidades sucessivas e a precisão para passar bolas rapidamente. Os resultados mostraram uma melhoria de 10% na precisão de passe, na média (0,5 a 3%) nos sprints, sendo esta superior na segunda parte quando comparado com o placebo [Stuart et al. 2005]. Uma investigação realizada em atletas que praticavam desportos de equipa (como futebol e hóquei em campo) de nível amador [Schneiker et al. 2006], que ingeriram 6 mg/kg de cafeína ou placebo, pretendeu averiguar mais uma vez o efeito da cafeína, simulando um desporto de equipa, mas desta vez utilizando uma bicicleta estática, na qual os indivíduos realizaram 2 protocolos de bicicleta com duração de 36 minutos, em que teriam de realizar 18 sprints de 4 segundos separados por 2 minutos de descanso activo, este a 35% do seu  $VO_2$  máximo, entre cada sprint. A ingestão da cafeína melhorou o trabalho total realizado, em 8.5% e 7.6%, para a primeira e segunda parte respectivamente, quando comparado com o placebo [Schneiker et al. 2006].

Porém, nem todos os estudos apoiam o poder ergogénico neste tipo de desporto. Apesar de possuir um protocolo um pouco diferente, sendo este de menor duração e mais intenso, esta investigação foi realizada para avaliar o efeito da cafeína em sprints repetidos

[Paton et al. 2001]. Para isso, 16 indivíduos ingeriram 6 mg/kg ou placebo, 60 minutos antes da realização de repetidos sprints de 20 metros. O teste consistia na realização de 10 sprints cada um, realizados dentro de 10 segundos, seguido de descanso no que sobrava dos 10 segundos. Os resultados entre a ingestão de cafeína e de placebo foram negligenciáveis para a realização ds 10 sprints, sendo que o tempo para completar o décimo sprint foi 14.4% superior ao primeiro, e que a cafeína aumentou este tempo em 0.7% relativamente ao placebo [Paton et al. 2001].

Face aos conhecimentos actuais, é difícil encontrar evidências claras para apoiar os benefícios da cafeína no desempenho em desportos com o tipo de intensidade e habilidades dos desporto de equipa como o futebol ou rãgueby, seja por os benefícios serem pequenos ou nulos nestes desportos, ou apenas pelo facto dos estudos alcançarem resultados discrepantes devido a problemas na confiabilidade e validade dos protocolos usados. São por isso necessários mais e melhores estudos, antes de se chegar a uma opinião concreta.

### ***Desportos de força/potência***

O efeito da cafeína neste tipo de exercício, com um elevado componente anaeróbico é o mais controverso, existindo uma carência de estudos nesta área.

Para avaliação de possíveis efeitos benéficos neste tipo de exercício são usados protocolos em que se utiliza uma percentagem do peso máximo que o indivíduo consegue levantar 1 vez (1RM), utilizando-se a press de banco (consiste, na elevação na vertical e em linha recta, de uma barra com pesos, com o indivíduo deitado em decúbito dorsal na horizontal) para avaliar a parte superior do corpo, e a press ou a extensão de pernas, para avaliar a parte inferior do corpo.

Num estudo, referido anteriormente (que não utiliza nenhum dos protocolos anteriormente referido, mas devido à sua intensidade e duração achei por bem inserir neste grupo) em nadadores [Collomp et al. 1992], que realizaram 2 x 100 metros de natação, com 20 minutos de intervalo activo, houve uma melhoria de aproximadamente 1 segundo após a ingestão da cafeína, quando comparada com o placebo, mas apenas para os nadadores fisicamente preparados.

Existem estudos que avaliaram mais especificamente, a potência e a resistência muscular, como por exemplo, um realizado em 2008 [Astorino et al. 2008], com 22 homens bem treinados, que ingeriram 6 mg/kg ou placebo 1 hora antes do teste, sendo-lhes também pedido que não consumissem alimentos com cafeína e não realizarem exercício físico vigoroso nas 48 e 24 horas anteriores ao teste, respectivamente. Inicialmente, calcularam a sua 1RM (uma repetição máxima, ou seja, o peso máximo que o indivíduo consegue levantar, pelo menos uma vez) na press de banco e press de pernas, sendo que posteriormente realizaram repetições até à exaustão de cada um destes exercícios com 60% da 1RM. No final, o peso total levantado durante o teste com 60% 1RM foi 11 e 12% superior para a press de banco e press de pernas, respectivamente, comparado com o placebo, o que não atinge uma melhoria significativa. Não houve alteração na 1RM em nenhum dos exercícios. Pode-se por isso dizer, segundo este estudo [Astorino et al. 2008], que a ingestão de cafeína não altera a potência ou resistência muscular na realização da press de banco ou de pernas, mas devido à ligeira melhoria, apesar de não significativa, mais investigação será necessária. Num estudo semelhante realizado 2 anos antes [Beck et al. 2006], 37 homens bem preparados fisicamente, divididos em 2 grupos (um de 17 elementos, que ingeriu 201 mg de cafeína, o equivalente a 2,4 mg/kg, o outro de 20, que ingeriu placebo) realizaram exercícios de 1RM de press de banco e extensão de pernas e posteriormente uma série de cada exercício até à exaustão com 80% 1RM. Cada grupo, tinha visitado o laboratório 48 horas antes para

realização dos mesmos testes sem qualquer tipo de suplementação. Os resultados mostraram um aumento efectivo de 2.1kg (2%) em 1RM na press de banco, o que não foi observado para a parte inferior do corpo. Quanto ao teste de 80% 1RM, houve um aumento, mas não significativo, no peso total levantado para a press de banco, o que não foi observado para a extensão de perna.

Estes 2 últimos estudos referidos [Beck et al. 2006; Astorino et al. 2008], apresentam alguma variabilidade nos resultados, sendo que estes possivelmente são devido a diferenças nos protocolos utilizados, assim como outras relacionadas com os atletas, como o nível de treino, consumo de regular de cafeína ou motivação. Estas diferenças, podem também dar ênfase à importância de se apresentarem resultados individuais, em vez de apenas médias de grupo, pois, como se sabe, nem todos os indivíduos respondem da mesma forma à ingestão de cafeína [Davis et al. 2009].

Pode-se dizer que, relativamente à potência e força muscular, os estudos realizados não apresentam resultados coincidentes quanto ao efeito ergogénico da cafeína, mas nenhum deles exclui que tal efeito possa existir, fazendo referência à necessidade de melhores estudos nesta área, com menor variabilidade entre os indivíduos e protocolos mais específicos. É necessário ter em conta o facto de se tais diferenças existirem serem possivelmente, mais fáceis de identificar em indivíduos bem preparados fisicamente [Collomp et al. 1992; Goldstein et al. 2010].

### **Cafeína e o doping**

A cafeína foi removida da Lista de Substâncias Proibidas no desporto em Janeiro de 2004, pelo organismo regulador de doping no desporto, a WADA (“World Anti-Doping Agency”), sendo que actualmente faz parte de um programa de monitorização. Este programa

inclui substâncias que não são proibidas no desporto, mas que a WADA usa para monitorizar os padrões de consumo, e avaliar possíveis abusos.

Até 2004, a concentração máxima de cafeína na urina permitida era de 12 ug/ml, mas a possibilidade de encontrar valores acima dos definidos como proibidos, em atletas que ingeriam cafeína como parte de sua alimentação regular e, também, devido ao facto, de a cafeína ser metabolizada de forma diferente por parte dos consumidores, esta foi transferida para um programa de monitorização [WADA 2011].

## **Conclusões**

Após a realização desta revisão bibliográfica de artigos científicos, algumas conclusões podem ser alcançadas, sempre implicando uma análise e discussão abrangente na tentativa de responder às questões inicialmente colocadas:

- a cafeína exerce o seu potencial ergogénico através de vários mecanismos fisiológicos cuja acção se localiza a nível do SNC bem como a nível periférico, directamente a nível neuromuscular. Dentro destes mecanismos podemos destacar: o antagonismo dos receptores de adenosina; a poupança das reservas de glicogénio, através da maior oxidação de gordura (com aumento dos níveis de ácidos gordos livres) ou da maior oxidação de hidratos de carbono exógenos; aumento da libertação de catecolaminas e a maior eficácia na excitação-contracção muscular;

- o seu potencial ergogénico pode ser exercido quando consumida das mais variadas formas, mas este parece ser superior quando é feito na forma anidra;

- o momento ideal da sua ingestão, de forma a alcançar a maior quantidade plasmática disponível, parece ser 1 hora antes da realização do exercício, podendo ser ingeridas novas doses durante a sua realização quando a duração é mais longa, sendo a dose ideal entre 2 e 6

mg/kg, pois parece não haver melhorias significativas para doses superiores, podendo mesmo surgir efeitos adversos;

- a magnitude e duração do efeito ergogénico na melhoria do rendimento desportivo parece ser superior para os não consumidores regulares de cafeína, e nos indivíduos com maior grau de preparação física;

- esta substância não parece ter efeitos adversos significativos quando consumida em doses com potencial ergogénico, mesmo no estado de hidratação, podendo estes acontecer mas para doses muito elevadas, embora existam relatos de taquicardia, ansiedade, tremor, inquietação ou insónia. Estes são mais susceptíveis de aparecer em indivíduos não consumidores regulares de cafeína;

- quanto ao tipo de desportos em que pode ser benéfica, não há dúvidas que pode ser uma ajuda significativa em desportos com elevada componente aeróbica, como é o caso de desportos de resistência. Apesar de haver algumas discrepâncias, parece que a cafeína também pode ajudar a melhorar o desempenho em desportos de alta intensidade com curta duração, assim como em desportos de equipa. Quanto aos desportos de força/potência, a literatura disponível é inconsistente, embora exista, também um menor número de estudos disponíveis nesta área e, como tal, são necessários mais e melhores estudos para se chegar a uma conclusão válida. Para isso, estudos em que haja uma maior homogeneidade entre os elementos em estudo (peso, altura, idade, forma física, etc...) e que os resultados sejam apresentados em termos individuais, e não só em médias de grupos, ou amostras muito grandes pois nem todas as pessoas têm a mesma resposta após ingestão de cafeína, o que pode influenciar os resultados finais.

Apesar de a cafeína não fazer parte da Lista de Substâncias Proibidas no desporto, e por este motivo não ser considerada doping, é preciso ter em conta que, qualquer substância,

que não seja essencial para a alimentação e seja ingerida com intenção de melhorar o rendimento desportivo, deva ser considerada não ética, pois vai contra todos os princípios do conceito de desporto como actividade saudável ou, eventualmente, competitiva mas sem artificios. Por este motivo, pelo que foi demonstrado ao longo deste artigo de revisão e como desportista e atleta e futuro interveniente na saúde da população saudável ou doente, apoio a inclusão da cafeína na Lista de Substâncias Proibidas no desporto, ou seja, que esta seja considerada doping a partir de um determinado nível.

Na realização deste artigo de revisão, deparei-me com algumas dificuldades e limitações. As que sinto que têm maior importância em referir são: o facto de, ao longo de 6 anos de curso, não ter havido qualquer preparação para a realização de um trabalho deste tipo, quer seja artigo de revisão ou artigo científico e a dificuldade de acesso a alguns artigos, visto que nem todos podem ser disponibilizados. No entanto, dado o interesse do tema e ter concluído que, afinal, há ainda muito que explorar no conhecimento dos efeitos da cafeína na prática do desporto, será certamente, um assunto a retomar e a investigar, na prática, com um projecto mais consistente.

## **Bibliografia**

- Astorino, T. A., Rohmann, R. L. and Firth, K. (2008). "Effect of caffeine ingestion on one-repetition maximum muscular strength." *Eur J Appl Physiol* **102**(2): 127-132.
- Beck, T. W., Housh, T. J., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., Housh, D. J., Coburn, J. W. and Malek, M. H. (2006). "The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities." *J Strength Cond Res* **20**(3): 506-510.
- Bell, D. G. and McLellan, T. M. (2002). "Exercise endurance 1, 3, and 6 h after caffeine ingestion in caffeine users and nonusers." *J Appl Physiol* **93**(4): 1227-1234.
- Bell, D. G., McLellan, T. M. and Sabiston, C. M. (2002). "Effect of ingesting caffeine and ephedrine on 10-km run performance." *Med Sci Sports Exerc* **34**(2): 344-349.
- Bramstedt, K. A. (2007). "Caffeine use by children: the quest for enhancement." *Subst Use Misuse* **42**(8): 1237-1251.
- Bruce, C. R., Anderson, M. E., Fraser, S. F., Stepto, N. K., Klein, R., Hopkins, W. G. and Hawley, J. A. (2000). "Enhancement of 2000-m rowing performance after caffeine ingestion." *Med Sci Sports Exerc* **32**(11): 1958-1963.
- Burke, L. M. (2008). "Caffeine and sports performance." *Appl Physiol Nutr Metab* **33**(6): 1319-1334.
- Chester, N. and Wojek, N. (2008). "Caffeine consumption amongst British athletes following changes to the 2004 WADA prohibited list." *Int J Sports Med* **29**(6): 524-528.
- Collomp, K., Ahmaidi, S., Chatard, J. C., Audran, M. and Prefaut, C. (1992). "Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers." *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* **64**(4): 377-380.

- Costill, D. L., Coyle, E., Dalsky, G., Evans, W., Fink, W. and Hoopes, D. (1977). "Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise." J Appl Physiol **43**(4): 695-699.
- Davis, J. K. and Green, J. M. (2009). "Caffeine and anaerobic performance: ergogenic value and mechanisms of action." Sports Med **39**(10): 813-832.
- Dodd, S. L., Brooks, E., Powers, S. K. and Tulley, R. (1991). "The effects of caffeine on graded exercise performance in caffeine naive versus habituated subjects." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **62**(6): 424-429.
- Ellender, L. and Linder, M. M. (2005). "Sports pharmacology and ergogenic aids." Prim Care **32**(1): 277-292.
- Falk, B., Burstein, R., Rosenblum, J., Shapiro, Y., Zylber-Katz, E. and Bashan, N. (1990). "Effects of caffeine ingestion on body fluid balance and thermoregulation during exercise." Can J Physiol Pharmacol **68**(7): 889-892.
- FitzSimmons, C. R. and Kidner, N. (1998). "Caffeine toxicity in a bodybuilder." J Accid Emerg Med **15**(3): 196-197.
- Glaister, M., Howatson, G., Abraham, C. S., Lockey, R. A., Goodwin, J. E., Foley, P. and McInnes, G. (2008). "Caffeine supplementation and multiple sprint running performance." Med Sci Sports Exerc **40**(10): 1835-1840.
- Goldstein, E. R., Ziegenfuss, T., Kalman, D., Kreider, R., Campbell, B., Wilborn, C., Taylor, L., Willoughby, D., Stout, J., Graves, B. S., Wildman, R., Ivy, J. L., Spano, M., Smith, A. E. and Antonio, J. (2010). "International society of sports nutrition position stand: caffeine and performance." J Int Soc Sports Nutr **7**(1): 5.
- Graham, T. E. (2001). "Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance." Sports Med **31**(11): 785-807.

- Graham, T. E., Hibbert, E. and Sathasivam, P. (1998). "Metabolic and exercise endurance effects of coffee and caffeine ingestion." J Appl Physiol **85**(3): 883-889.
- Graham, T. E. and Spriet, L. L. (1995). "Metabolic, catecholamine, and exercise performance responses to various doses of caffeine." J Appl Physiol **78**(3): 867-874.
- Harland, B. F. (2000). "Caffeine and nutrition." Nutrition **16**(7-8): 522-526.
- Hodgson, J. M., Puddey, I. B., Burke, V., Beilin, L. J. and Jordan, N. (1999). "Effects on blood pressure of drinking green and black tea." J Hypertens **17**(4): 457-463.
- Hogervorst, E., Bandelow, S., Schmitt, J., Jentjens, R., Oliveira, M., Allgrove, J., Carter, T. and Gleeson, M. (2008). "Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise." Med Sci Sports Exerc **40**(10): 1841-1851.
- Holmgren, P., Norden-Pettersson, L. and Ahlner, J. (2004). "Caffeine fatalities--four case reports." Forensic Sci Int **139**(1): 71-73.
- Jackman, M., Wendling, P., Friars, D. and Graham, T. E. (1996). "Metabolic catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise." J Appl Physiol **81**(4): 1658-1663.
- James, J. E. (2004). "Critical review of dietary caffeine and blood pressure: a relationship that should be taken more seriously." Psychosom Med **66**(1): 63-71.
- Kalow, W. and Tang, B. K. (1993). "The use of caffeine for enzyme assays: a critical appraisal." Clin Pharmacol Ther **53**(5): 503-514.
- Keisler, B. D. and Armsey, T. D., 2nd (2006). "Caffeine as an ergogenic aid." Curr Sports Med Rep **5**(4): 215-219.
- Kovacs, E. M., Stegen, J. and Brouns, F. (1998). "Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance." J Appl Physiol **85**(2): 709-715.

- McLellan, T. M., Bell, D. G. and Kamimori, G. H. (2004). "Caffeine improves physical performance during 24 h of active wakefulness." Aviat Space Environ Med **75**(8): 666-672.
- Mumford, G. K., Benowitz, N. L., Evans, S. M., Kaminski, B. J., Preston, K. L., Sannerud, C. A., Silverman, K. and Griffiths, R. R. (1996). "Absorption rate of methylxanthines following capsules, cola and chocolate." Eur J Clin Pharmacol **51**(3-4): 319-325.
- O'Rourke, M. P., O'Brien, B. J., Knez, W. L. and Paton, C. D. (2008). "Caffeine has a small effect on 5-km running performance of well-trained and recreational runners." J Sci Med Sport **11**(2): 231-233.
- Palacios Gil-Antunano, N., Iglesias-Gutierrez, E. and Ubeda Martin, N. (2008). "[Effect of caffeine on athletic performance]." Med Clin (Barc) **131**(19): 751-755.
- Paton, C. D., Hopkins, W. G. and Vollebregt, L. (2001). "Little effect of caffeine ingestion on repeated sprints in team-sport athletes." Med Sci Sports Exerc **33**(5): 822-825.
- Ruxton, C. (2009). "Health aspects of caffeine: benefits and risks." Nurs Stand **24**(9): 41-48; quiz 50.
- Schneiker, K. T., Bishop, D., Dawson, B. and Hackett, L. P. (2006). "Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes." Med Sci Sports Exerc **38**(3): 578-585.
- Sinclair, C. J. and Geiger, J. D. (2000). "Caffeine use in sports. A pharmacological review." J Sports Med Phys Fitness **40**(1): 71-79.
- Spriet, L. L., MacLean, D. A., Dyck, D. J., Hultman, E., Cederblad, G. and Graham, T. E. (1992). "Caffeine ingestion and muscle metabolism during prolonged exercise in humans." Am J Physiol **262**(6 Pt 1): E891-898.

- Stuart, G. R., Hopkins, W. G., Cook, C. and Cairns, S. P. (2005). "Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance." Med Sci Sports Exerc **37**(11): 1998-2005.
- Tarnopolsky, M. A., Atkinson, S. A., MacDougall, J. D., Sale, D. G. and Sutton, J. R. (1989). "Physiological responses to caffeine during endurance running in habitual caffeine users." Med Sci Sports Exerc **21**(4): 418-424.
- WADA. (2011). "Prohibited Substances List." from <http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program/Sports-and-Anti-Doping-Organizations/International-Standards/Prohibited-List/QA-on-2011-Prohibited-List/> (consultado a 17/01/2011)
- Wiles, J. D., Bird, S. R., Hopkins, J. and Riley, M. (1992). "Effect of caffeinated coffee on running speed, respiratory factors, blood lactate and perceived exertion during 1500-m treadmill running." Br J Sports Med **26**(2): 116-120.
- Yeo, S. E., Jentjens, R. L., Wallis, G. A. and Jeukendrup, A. E. (2005). "Caffeine increases exogenous carbohydrate oxidation during exercise." J Appl Physiol **99**(3): 844-850.