

CAFEÍNA EM BEBIDAS

Qual a concentração adequada?



A cafeína é um dos ingredientes dietéticos mais consumidos em todo o mundo. Seu consumo moderado é considerado seguro e seu uso como ingrediente alimentício foi aprovado, dentro de certos limites, por inúmeras agências reguladoras em todo o mundo.

DESCOBERTA E DISSEMINAÇÃO

A cafeína, também conhecida como 1,3,7-trimetilxantina, cuja fórmula molecular é $C_8H_{10}N_4O_2$ e o peso molecular é de 194,19 g/mol, é um alcaloide natural encontrado em quantidades variáveis nos grãos, folhas e frutos de mais de 60 plantas, tendo como principais fontes a cola (*Cola acuminata*), o grão de cacau (*Theobroma cacao*), a erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e sementes de guaraná (*Paullinia cupana*), além dos grãos de café torrados (*Coffea Arabica* e *Coffea robusta*) e as folhas de chá (*Camelia siniensis*), as principais fontes mundiais de cafeína na dieta.

“ Grãos de café torrados (*Coffea Arabica* e *Coffea robusta*) e folhas de chá (*Camelia siniensis*) são as principais fontes mundiais de cafeína na dieta. ”

Derivada da palavra alemã *kaffee* e da palavra francesa *café*, cada uma significando café, a cafeína já era consumida em 2737 a.C., quando o imperador chinês Shen Nung ferveu água potável e folhas de um arbusto, criando um aroma agradável e o primeiro bule de chá. O café se originou muitos anos depois, no século 9, na Etiópia, quando um pastor começou a consumir frutas silvestres de café após observar que suas cabras tinham mais energia depois de comê-las.

A cafeína foi isolada relativamente pura pela primeira vez em 1819, pelo químico alemão Friedlieb Ferdinand Runge, que a chamou de *Kaffebase*. Dois anos depois, foi novamente isolada pelo químico francês Pierre Jean Robiquet, a quem a descoberta desta substância é geralmente atribuída, e por outro par de químicos franceses, Pierre-Joseph Pelletier e Joseph Bienaimé Caventou. Em 1895, o químico alemão Hermann Emil Fischer sintetizou a cafeína a partir de seus componentes químicos e, dois anos depois, também derivou a fórmula estrutural do composto.

Os primeiros refrigerantes com cafeína começaram a surgir no mercado no final da década de 1800,

com a introdução do Dr. Pepper, marca de refrigerante gaseificado comercializada nos Estados Unidos pela Cadbury Schweppes Americas Beverages, seguida pela Coca-Cola e depois pela Pepsi-Cola.

O processo de descafeinação foi descoberto na Alemanha em 1903, quando alguns pesquisadores visaram obter processos de remoção da cafeína sem que o sabor do café sofresse alterações. Tal processo foi importantíssimo para a produção de cafeína na indústria.

O mercado de refrigerantes com cafeína cresceu enormemente durante a segunda metade do século 20, com o aumento da popularidade ocorrendo entre as bebidas que contêm maiores quantidades desse ingrediente.

Na última década, o mercado de bebidas com cafeína aumentou com a introdução de bebidas funcionais, incluindo a categoria de bebidas energéticas, bem como outras bebidas com cafeína, como as esportivas, sucos e águas. Além dessas bebidas, a cafeína também é encontrada no cacau, chocolate e em suplementos dietéticos.

Hoje, aproximadamente 80% da população mundial consome um produto com cafeína todos os dias e 90% dos adultos consomem cafeína diariamente. É consumida com mais frequência em bebidas como café (71%), refrigerantes (16%) e chá (12%).

FONTES E PROCESSOS DE EXTRAÇÃO

A natureza oferece mais de 60 espécies de plantas contendo cafeína; contudo, as principais fontes vegetais de cafeína visando a sua comercialização, são o café (*Coffea sp.*), o chá verde (*Camilla sinensis*), o guaraná (*Paullinia cupana*), o cacau (*Theobroma cocoa*) e a erva-mate (*Ilex paraguayensis*).

Dependendo da espécie do grão de café, o conteúdo de cafeína nas sementes do cafeeiro de *Coffea Arabica* pode chegar a 12g/kg; e em *C. Canephora* a 22g/kg. Comercialmente, a ANVISA prevê o mínimo de 0,7% de cafeína, em massa para pó homogêneo, fino ou grosso, ou grãos inteiros torrados, e o máximo de 0,1% de cafeína para o produto descafeinado, em massa, e o mínimo de 2,0% m/m de cafeína para café solúvel.

Já as folhas de chá verde contêm teores normalmente compreendidos entre 2,5% e 5,5% do extrato seco, sendo estes de impacto no sabor do chá. A parte da planta que possui maior conteúdo de cafeína é o gomo terminal e a primeira folha. A quantidade de cafeína presente no chá é proporcional ao tamanho da folha e ao seu tempo de infusão em solvente aquoso, quanto menor a folha, maior a quantidade de cafeína e quanto maior o tempo de infusão em água do chá verde, maior a concentração de cafeína. Comercialmente, a

“ O processo de descafeinação foi descoberto na Alemanha em 1903, quando alguns pesquisadores visaram obter processos de remoção da cafeína sem que o sabor do café sofresse alterações. Tal processo foi importantíssimo para a produção de cafeína na indústria. ”

ANVISA prevê a quantidade mínima de cafeína em 1,5% m/m.

Entre as espécies produtoras de cafeína, o guaraná apresenta teor de aproximadamente 3,25% a 6,98%, dependendo da parte da planta utilizada na extração de cafeína. No tegumento, o teor pode variar de 1,88% a 2,7%, enquanto na amêndoa é de cerca de 2,7% a 5,59%. Comercialmente, a ANVISA prevê a quantidade de cafeína como sendo o mínimo de 3,0% m/m.

A semente de cacau possui teor de aproximadamente 0,8% de cafeína. Comercialmente, a ANVISA prevê a quantidade de cafeína como sendo de 1% a 4% m/m para pasta de cacau, cacau em pó, pó parcialmente solúvel e desengordurado.

A erva-mate apresenta concentração mássica de aproximadamente 0,5% a 2,0% de cafeína. A presença desse composto limita o consumo da planta por parte de uma parcela da população, o que justifica a remoção parcial da mesma, a fim de atingirem-se níveis especificados, segundo a legislação existente que regulamenta a produção de erva-mate descafeinada. Comercialmente, a ANVISA prevê a quantidade de cafeína com o máximo 0,1g a 100g para erva-mate descafeinada.

A descafeinação dos grãos e folhas da erva-mate é economicamente atrativa, pois possibilita a obtenção de produtos descafeinados e cafeína, um bioproduto de valor agregado utilizado em segmentos industriais, como a fabricação de refrigerantes tipo cola.





TEOR DE CAFEÍNA PRESENTE NAS MATÉRIAS VEGETAIS

Cacau	0,8%
Café	01, % a 2,0%
Chá verde	2,5% a 5,5%
Erva-mate	0,5% a 2,0%
Guaraná	3,25% a 6,98%

Atualmente, há um grande esforço para desenvolver e utilizar metodologias de extração e purificação da cafeína que não sejam prejudiciais ao ambiente e não afetem a qualidade final do produto desejado. Nesse sentido, são utilizados solventes em extração sólido-líquido, sendo os mais comuns os orgânicos; os métodos menos usuais utilizam solventes solúveis em água. Em ambos os tipos de processos, suas etapas são onerosas e demoradas, a fim de se obter um produto de qualidade.

Um ponto importante no processo de extração e purificação é a descaracterização da cafeína que ocorre durante o processo, devido a submissão da mesma em elevadas temperaturas. Portanto, é necessário a escolha do método de maior benefício.

Para o processo de extração, é necessário que haja um pré-tratamento do vegetal, que consiste no processamento e separação da parte de interesse, bem como a realização do teste de umidade, a fim

de conhecer o teor de água presente no vegetal. O conhecimento da taxa de umidade é importante para análises quanto ao tempo ótimo e a temperatura ideal de torrefação, que evaporará a água presente, não sublimando a cafeína e favorecendo a maior quantidade extraída do composto.

A torrefação e a moagem, respectivamente, são condições processuais seguintes ao pré-tratamento. A primeira controla a umidade presente na matéria orgânica e facilita a moagem e, a segunda,

“

Os métodos de extração de cafeína mais utilizados são a hidrodestilação, extração com solventes e tecnologia supercrítica.

”

controla o diâmetro de interesse. Não há um diâmetro pré-definido para a extração de cafeína; porém, quanto menor o tamanho da partícula, maior a taxa de extração por aumento de superfície de contato.

Após a moagem, ocorre o processo de extração. Os métodos mais utilizados são a hidrodestilação, extração com solventes e tecnologia supercrítica.

Na hidrodestilação, o material vegetal entra em contato com a água e a cafeína é extraída por difusão. Em seguida, é utilizado um solvente orgânico para recuperação do alcaloide, podendo ser recuperado pela destilação da solução.

O processo de extração com solventes é o mais convencional devido a elevada taxa de solubilidade da cafeína no meio, considerando o clorofórmio e o diclorometano como agentes extratores.

Na extração sólido-líquido utilizando solventes orgânicos como o clorofórmio, o material vegetal entra em contato com clorofórmio

“ A concentração de cafeína varia entre as diferentes bebidas, tendo o café, em geral, o valor mais alto em comparação com o chá, refrigerantes e algumas bebidas energéticas. ”

e a cafeína é extraída. Em seguida, o solvente é separado e recuperado por destilação. O clorofórmio também pode ser empregado em uma extração líquido-líquido, na qual a cafeína, presente em uma solução aquosa, pode ser extraída pela adição desse composto sob agitação constante da mistura. As características de facilidade na separação de soluto e solvente, devido a seu baixo ponto de ebulição, fazem do clorofórmio um dos solventes mais utilizados nessa metodologia.

Entre os solventes orgânicos, nenhum tem melhor seletividade do que o diclorometano. Essa metodologia é muito utilizada e a extração pode ser aplicada de forma semelhante a extração por clorofórmio.

O uso de solventes orgânicos é considerado como uma das melhores técnicas para a extração de cafeína, visto que a aplicação de diclorometano e clorofórmio proporcionam alta seletividade do composto em questão, 12,9g de cafeína/100g de solvente e 9g de cafeína/100g de solvente, respectivamente. Entretanto, há desvantagens quanto a toxicidade do solvente utilizado e a geração de resíduos após a extração. A manipulação de produtos tóxicos pode ser perigosa e comprometer o processo, além de favorecer a formação de resíduos indesejáveis, os quais são provenientes dos solventes químicos usados na extração, sendo necessário o controle de segurança quanto a toxicidade e gerenciamento de resíduos. Além disso, há a possi-

bilidade da qualidade do produto final ser afetada devido a degradação térmica, em função das altas temperaturas alcançadas durante as etapas de extração e purificação.

Com relação a extração por água, suas vantagens são a obtenção de uma cafeína de alta pureza devido a elevada taxa de extração, 2,11g de cafeína solúvel em 100g de água a 25°C, podendo a solubilidade da cafeína aumentar à medida que a temperatura aumenta. Contudo, a solubilidade das substâncias importantes que caracterizam sabor e aroma serem solúveis em água é a maior desvantagem do processo, visando a fabricação de produtos como cafés e chás descafeinados.

Já a tecnologia supercrítica, CO₂ supercrítico, é considerada uma tecnologia limpa e de alta seletividade, devido a facilidade de separação do solvente e soluto apenas pela diminuição da pressão e elevação da temperatura. O CO₂ supercrítico apresenta pressão crítica maleável e temperatura crítica baixa, o que resulta em uma penetração mais rápida no material sólido, resultando em um processo mais eficiente de transferência de massa.

O método de extração por CO₂ supercrítico é uma tecnologia mais moderna e permite gerar produtos com qualidade superior, preservando sabor e aroma, além de ser possível minimizar a produção de resíduos químicos.

COMPARATIVO ENTRE A EFICIÊNCIA DOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO

Métodos de extração	Temperatura (°C)	Solubilidade cafeína g/100g solvente
Hidrodestilação	25	2,11
Extração com solvente clorofórmio	17	12,9
Extração com solvente diclorometano	33	9



CONCENTRAÇÃO DE CAFEÍNA EM BEBIDAS

De café e bebidas energéticas a chá e refrigerantes, cerca de 90% dos adultos consomem cafeína diariamente. Um estudo recente realizado nos Estados Unidos relatou que o café é a principal fonte de ingestão de cafeína em adultos de meia-idade, enquanto refrigerantes e chás são as principais fontes em adolescentes e as bebidas energéticas são mais comumente consumidas como fonte de cafeína em adolescentes do que em adultos. Segundo dados estatísticos, 81% das pessoas consomem refrigerante, 75% café, 65% produtos de chocolate (56% em barra e 38% em pó) e 37% chá.

“No café, o conteúdo de cafeína varia amplamente de acordo com a forma de apresentação, quantidade utilizada, espécie/variedade/*blend* e o tipo de cultivo. O mesmo ocorre com as quatro categorias principais de chá, sendo que cada uma delas apresenta teores diferentes de cafeína”.

CONTEÚDO MÉDIO DE CAFEÍNA EM BEBIDAS

Café coado	150mg/xícara
Café expresso	350mg/xícara
Café instantâneo	100mg/xícara
Café descafeinado	4mg/xícara
Chá	70mg/xícara
Coca-Cola	45,6mg/lata
Coca-Cola Diet	45,6mg/lata
Pepsi Cola	37,2mg/lata
Pepsi Diet	35,4mg/lata
Chocolate	7mg/tablete (200g)

A concentração de cafeína varia entre as diferentes bebidas, tendo o café, em geral, o valor mais alto em comparação com o chá, refrigerantes e algumas bebidas energéticas. Uma variação significativa na concentração de cafeína dentro de uma categoria de bebidas também pode existir, como no caso do café e do chá. No chá verde, por exemplo, existe uma grande variabilidade no conteúdo de cafeína de acordo com o tipo de chá verde e com o método de preparo. Dado que a cafeína ocorre naturalmente nessas bebidas, o seu conteúdo varia de acordo com a variedade da planta, as condições ambientais de cultivo e/ou o método de preparação usado.



No café, o conteúdo de cafeína varia amplamente de acordo com a forma de apresentação, quantidade utilizada, espécie/variedade/*blend* e o tipo de cultivo. Em geral, uma porção de café contém de 80 a 100 miligramas de cafeína, para uma única dose (30 mililitros) de expresso da variedade arábica, a aproximadamente 100 a 125 miligramas para uma xícara (120 mililitros) de café coado. O café da variedade arábica geralmente contém metade da cafeína da variedade robusta e o café torrado escuro apresenta teor um pouco menor de cafeína do que o café torrado mais claro, devido ao processo de torra, que reduz o conteúdo de cafeína do grão em uma pequena quantidade. Geralmente, o café instantâneo ou solúvel contém menos cafeína do que o café torrado e moído, se for ingerido o mesmo volume.

O chá é outra bebida mundialmente popular que contém cafeína. Existem quatro categorias principais de chá: preto, oolong, verde e branco, sendo que cada uma delas apresenta teores diferentes de cafeína.

O chá preto é originário da Índia, mas também é cultivado amplamente em outros países, incluindo a China. Sua cor escura característica é em função do pro-

cesso de secagem, no qual as folhas perdem a umidade até atingirem 55% a 70% em peso e, em seguida, são oxidadas, liberando as enzimas responsáveis pelas características gerais de cor e sabor do chá. Uma vez atingido o nível desejado de oxidação, as folhas são aquecidas e secas a cerca de 3% de umidade. O calor carameliza os açúcares naturais e contribui para a intensidade do sabor no chá acabado. Quando o chá preto é embebido, o resultado é uma cor marrom-avermelhada profunda com um sabor levemente adstringente. Uma xícara de chá preto contém cerca de 50mg de cafeína por porção de 240ml, aproxi-

chá preto, com cerca de 38mg por porção de 240ml.

O chá verde recebe esse nome porque as folhas não são oxidadas e mantêm sua cor verde original. Depois de retiradas, são cozidas no vapor, enroladas e secas para interromper o processo de oxidação. Quando estão com cerca de 3% a 4% de umidade, são esmagadas em pedaços pequenos ou moídas em pó. Como a oxidação não ocorre, o chá verde tem um sabor mais sutil do

de e o teor de cafeína é o mais baixo dos quatro chás, cerca de 15mg por xícara de 240ml.

A erva-mate também é um ingrediente de destaque entre as bebidas à base de chá que contém cafeína, apresentando, inclusive, um teor consideravelmente mais alto de cafeína, com uma média de 78mg. Os dois compostos mais abundantes na erva-mate são os polifenóis (ácido clorogênico) e as xantinas (cafeína e teobromina), seguidos por alcaloides purínicos, aminoácidos, flavonoides, minerais e vitaminas. A concentração de cafeína de uma variedade de chás de erva-mate de diferentes origens no mundo varia de 8,6% a 15,5%.

“ As bebidas com cafeína são consumidas com frequência por diferentes segmentos da sociedade, incluindo crianças, adolescentes e adultos de ambos os sexos; entretanto, dentro desses segmentos, a ingestão diária de cafeína varia, assim como os tipos de produtos cafeinados consumidos. ”



madamente metade da quantidade em uma xícara de 240ml de café regular.

O chá oolong é comumente produzido no Sul da China e em Taiwan. Semelhante ao chá preto, as folhas de chá oolong são secas após a colheita, depois enroladas e oxidadas, processo que utiliza apenas cerca da metade do tempo do chá preto. As folhas semi-oxidadas são secas e o chá resultante se assemelha em corpo ao chá preto, mas com uma cor pálida ou amarela que corresponde ao brilho de um chá verde. Uma xícara de chá oolong contém níveis ligeiramente mais baixos de cafeína do que os do

que o chá preto ou o oolong, com cerca da metade da quantidade de cafeína, aproximadamente 25mg por xícara de 240ml.

O menos processado dos quatro principais chás é o chá branco. Ao contrário de outros chás, as folhas do chá branco são colhidas durante o processo de brotamento, quando as folhas são imaturas, sendo secas para atingir um teor de umidade de cerca de 5%. Para os chás brancos, o processo de laminação e oxidação é dispensado. O chá acabado não é realmente branco, mas de cor amarelo pálido. O sabor produzido é mais leve do que os chás preto e ver-

Existem muitos chás de ervas que não contêm cafeína, como hortelã ou rooibos. Esses tipos são originários de plantas, mas não da variedade *Camellia sinensis*. É fácil confundir-los com os chás que contêm cafeína, uma vez que todos os tipos são chamados simplesmente de chá, mas apenas o chá preto, oolong, verde e branco fornecem a sensação proporcionada pela cafeína.

Assim como ocorre com o café, o teor de cafeína nos chás também está relacionado às condições de cultivo, técnicas de processamento e outras variáveis.

O gosto amargo da cafeína é parte integrante do sabor complexo e do perfil geral de alguns refrigerantes. Por mais de 100 anos, em alguns casos, as fórmulas dessas bebidas têm sido uma mistura cuidadosamente equilibrada de ingredientes, incluindo adoçantes, carbonatação, cafeína e outros aromatizantes, para produzir o sabor refrescante que os consumidores apreciam.

A quantidade de cafeína na maioria dos refrigerantes que a contém é relativamente pequena, cerca de 30mg de cafeína por porção de 240ml, ou menos de um terço da quantidade presente em uma xícara de 240ml de café comum.

Em contraste aos refrigerantes, as bebidas energéticas possuem, no mínimo, 80 miligramas de cafeína por porção. A cafeína nessas bebidas é proveniente dos ingredientes usados ou de algum aditivo derivado do produto da descafeinação ou da síntese química. O guaraná, principal ingrediente das bebidas energéticas, contém grandes quantidades de cafeína com pequenas quantidades de teobromina e teofilina em um excipiente de liberação lenta que ocorre naturalmente. Além de água, a maioria dos produtos comercializados como bebidas

energéticas contém carboidratos e cafeína como seus principais ingredientes; o carboidrato tem a função de prover o nutriente energético e a cafeína de estimular o sistema nervoso central.

Outra fonte de cafeína é o chocolate quente, que contém cerca de 5mg de cafeína por xícara de chá. De forma geral, as bebidas achocolatadas, sejam quentes ou frias, contêm teores de cafeína semelhantes, uma vez que o chocolate é uma fonte natural de cafeína.

Além da forma líquida, barras de chocolate, sobremesas, barras de cereais e outros petiscos que contenham chocolate também são fontes adicionais de cafeína. No chocolate ao leite, o teor de cafeína é de 5mg por 30g e, no chocolate amargo é de cerca de 15mg por 30g; algumas barras de chocolate possuem cafeína adicionada além da concentração presente naturalmente.

Além do chocolate, gomas de mascar e doces também possuem concentrações de cafeína.

De forma geral, é difícil quantificar o consumo normal de cafeína recomendado, ou uma dose padrão, uma vez que a cafeína está presente em vários bens de consumo em níveis amplamente diferentes.

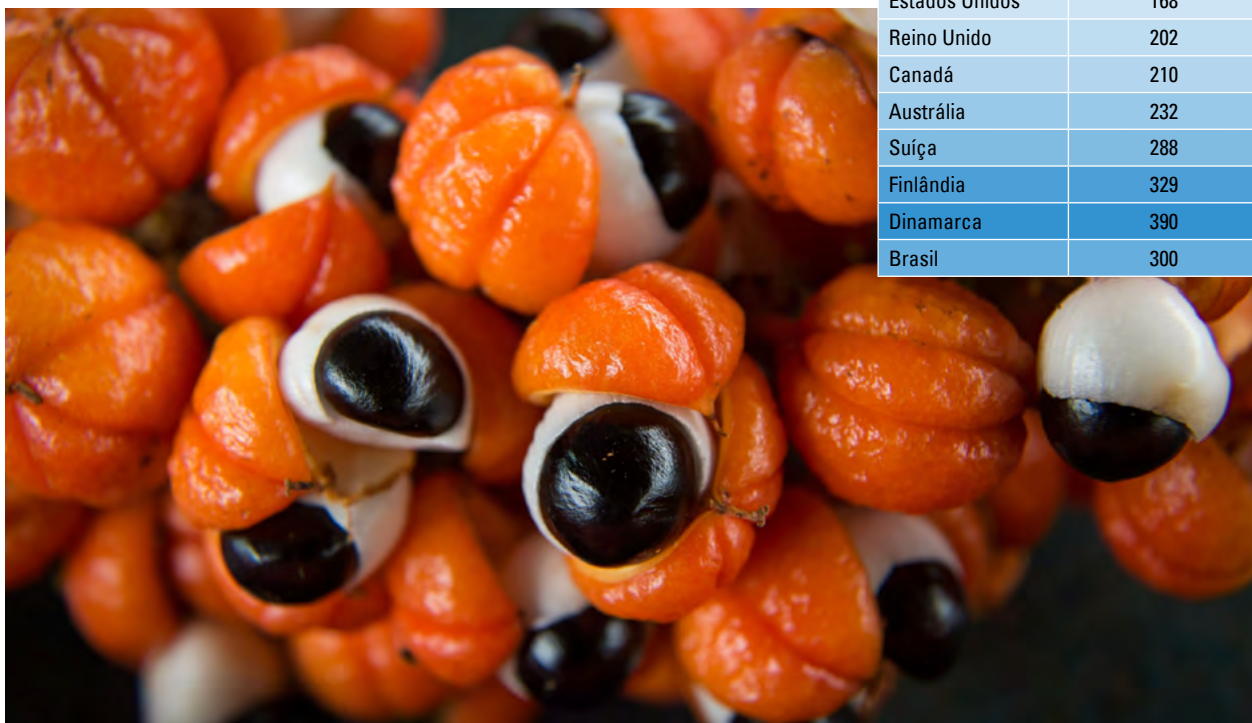
CONSUMO E METABOLISMO

As bebidas com cafeína são consumidas com frequência por diferentes segmentos da sociedade, incluindo crianças, adolescentes e adultos de ambos os sexos; entretanto, dentro desses segmentos, a ingestão diária de cafeína varia, assim como os tipos de produtos cafeinados consumidos.

Grande parte da variação se deve a taxa de consumo de café e chá. Em alguns países, como Estados Unidos, Canadá, Finlândia, Dinamarca, Suíça, Brasil e Argentina, o consumo de café é prevalente e responsável pela maior parte do consumo diário de cafeína entre os adultos. Já em outros, como o Reino Unido e a China, o chá é bebida prevalente, assim como os refrigerantes são a bebida preferida nos Estados Unidos, o maior consumidor per capita de refrigerantes, respondendo por mais de 20% do total global, seguido por México e Chile.

CONSUMO MÉDIO DIÁRIO DE CAFEÍNA

PAÍS	CONSUMO ADULTOS (MG/DIA)
China	16
Estados Unidos	168
Reino Unido	202
Canadá	210
Austrália	232
Suíça	288
Finlândia	329
Dinamarca	390
Brasil	300



“ A cafeína é um dos ingredientes mais largamente estudados na cadeia de suprimentos de alimentos e tem sido consumida com segurança em alimentos e bebidas há séculos. ”

Como resultado dessa variação, é difícil desenvolver um padrão para o que constitui um nível moderado de ingestão.

A cafeína é rápida e completamente absorvida e eliminada pelo organismo com meia-vida média de cinco horas. A cinética de absorção da cafeína está intimamente relacionada ao esvaziamento gástrico, sendo este processo um importante determinante da taxa de absorção. Com base na absorção, a biodisponibilidade da cafeína é relatada como sendo de 100%.

Uma vez ingerida, a cafeína é rapidamente absorvida no trato gastrointestinal para a corrente sanguínea e metabolizada no fígado, formando três metabólitos principais, a 3,7-dimetilxantina, a 1,7-dimetilxantina e a 1,3-dimetilxantina. Esses metabólitos são, então, decompostos no fígado por desmetilação e oxidação adicionais em uratos, com cerca de 3% desses metabólitos sendo cafeína quando recuperados na urina. Aproximadamente 90% da cafeína contida em uma xícara de café é eliminada no estômago em 20 minutos e a concentração plasmática máxima é atingida entre uma hora e uma hora e meia.

Uma vez absorvida, a cafeína exerce uma variedade de ações fisiológicas em diversos órgãos do corpo humano. Em doses tipicamente contidas em café, chá e refrigerantes, o principal mecanismo de ação da



cafeína é funcionar como um antagonista do receptor de adenosina no cérebro, resultando em efeitos inibitórios para o sistema nervoso central. Por possuir estrutura molecular semelhante à adenosina, com ambas tendo uma estrutura de anel de ligação dupla comparável, a cafeína tem o potencial de ocupar os locais dos receptores de adenosina, principalmente A1 e A2a. Os receptores A1 estão localizados em todas as partes do cérebro, com a maior concentração no hipocampo, córtex cerebral e cerebelar e certos núcleos talâmicos. Os receptores A2a estão localizados nas áreas do cérebro ricas em dopamina. Depois que a cafeína se conecta a esses receptores, forma-se um bloqueio de adenosina aos neurônios, o que faz com que os efeitos da adenosina na promoção do sono parem, resultando na aceleração dos neurônios, ao invés da desaceleração.

A cafeína é uma metilxantina e está quimicamente relacionada às bases adenina e guanina do ácido desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA). As propriedades farmacológicas das metilxantinas incluem relaxamento da musculatura lisa (notadamente dos brônquios); estímulo do sistema nervoso central e do músculo cardíaco; e atuação como diurético, aumentando a produção de urina.

INGREDIENTE POLÊMICO

A cafeína é um dos ingredientes mais largamente estudados na cadeia de suprimentos de alimentos e tem sido consumida com segurança em alimentos e bebidas há séculos. É extremamente rara a ocorrência de uma fatalidade devido a uma overdose de cafeína com risco de vida e, nos poucos casos conhecidos em que foi relatada, em geral, envolvia a ingestão de medicamentos que continham cafeína, não alimentos ou bebidas cafeinadas.

Contudo, mesmo diante das evidências científicas e presente nos alimentos e bebidas mais consumidos mundialmente, a cafeína ainda é um ingrediente que gera polêmica no meio científico e cujo consumo está envolvido em mitos e verdades.

A cafeína tem sido amplamente estudada em uma variedade de áreas relacionadas à saúde e ao desempenho humano. Muitos estudos confirmam os seus efeitos benéficos sobre o desempenho mental e físico. Aumento da função cognitiva, melhora da memória e raciocínio e aumento do estado de alerta são apenas alguns dos benefícios observados pela ingestão de cafeína em termos de desempenho mental. Além disso, as pesquisas sugerem que a cafeína pode ajudar a reduzir os sintomas associados à doença de

Parkinson, como deterioração das habilidades motoras e tremores. Visto que a doença de Parkinson é uma doença neurodegenerativa que resulta na perda progressiva de neurônios dopaminérgicos, acredita-se que a cafeína, um antagonista não seletivo da adenosina, ajude a melhorar o desempenho do sistema dopaminérgico, bloqueando os receptores AA2, e estimulando, assim, a liberação de dopamina.

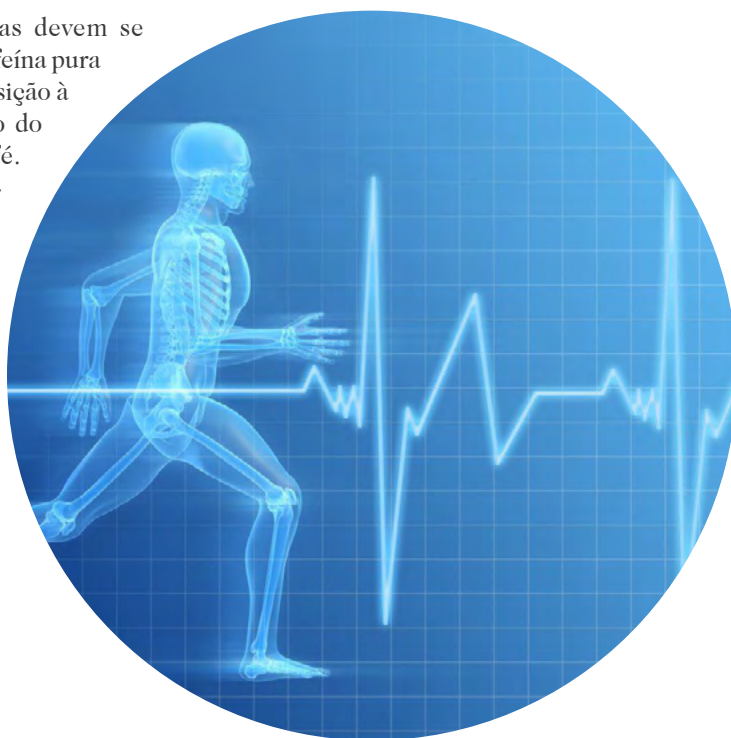
Outra área em que a cafeína pode desempenhar papel positivo é na prevenção do câncer de pele induzido pela luz solar. O principal efeito mutagênico da radiação UV é o dano ao DNA, e é onde as pesquisas sugerem que a cafeína pode desempenhar papel protetor. As propriedades anti-inflamatórias potenciais da cafeína também foram estudadas, embora de forma menos extensa.

Outra área de estudo relevante quanto ao consumo benéfico da cafeína é com relação ao seu potencial como auxiliar na perda de peso, reduzindo o risco de desenvolvimento da síndrome metabólica, um problema de saúde significativo e crescente a nível mundial.

Os critérios específicos necessários para o diagnóstico da síndrome metabólica incluem a presença de Diabetes Mellitus tipo 2, glicose de jejum alterada, tolerância a glicose diminuída, resistência à insulina, obesidade, triglicérides aumentados, colesterol de lipoproteína de alta densidade, hipertensão, glicose plasmática de jejum e microalbuminúria. Uma compilação de vários estudos sobre obesidade e Diabetes Mellitus tipo 2 abordaram o potencial papel da cafeína na redução de vários fatores que contribuem para a síndrome metabólica. Na maioria dos estudos, o consumo de cafeína foi registrado rastreando a ingestão de café; estudos adicionais foram incluídos em relação a cafeína e sua correlação com doenças cardiovasculares. Na maioria dos estudos, o consumo de cafeína estava altamente relacionado aos benefícios potenciais para a saúde. Como resultado,

pesquisas futuras devem se concentrar na cafeína pura na dieta, em oposição à cafeína por meio do consumo de café.

No entanto, outros componentes do café ou chás não devem ser ignorados. Vários estudos que analisaram o café com cafeína, bem como o café descafeinado, concluíram que



“

Aumento da função cognitiva, melhora da memória e raciocínio e aumento do estado de alerta são apenas alguns dos benefícios observados pela ingestão de cafeína em termos de desempenho mental.

”

os componentes do café, além da cafeína, podem contribuir para a redução do risco de Diabetes Mellitus tipo 2.

Quanto a relação direta entre o aumento do consumo de cafeína e doenças cardiovasculares, incluindo o risco de doença cardíaca coronária, dados de duas meta-análises separadas, realizadas há mais de uma década, mostraram que o consumo de cinco ou mais xícaras de café por dia ofereciam risco maior (40% a 60%) de desenvolver doença cardíaca coronária. No entanto, mais recentemente, os resultados de um estudo de coorte prospectivo não encontraram associação

entre a cafeína e a doença cardíaca coronária. Além disso, um estudo sobre o efeito do consumo de café na mortalidade de pessoas com diagnóstico confirmado de infarto agudo do miocárdio não apresentou nenhuma associação com a cafeína.

Outras evidências também recentes mostram um risco 16% a 18% menor de ocorrência de doenças cardíacas em homens e mulheres que bebem de uma a quatro xícaras de café por dia; também foi demonstrado que o consumo de duas a quatro xícaras de café ou de chá verde por dia está associado a um risco 14% a 20% menor de ocorrência de acidente vascular cerebral.

Estudos sobre os efeitos da cafeína no organismo humano também apresentam resultados positivos com relação ao desempenho físico. Aumento da resistência muscular, maior metabolismo anaeróbico e melhores tempos de desempenho são alguns deles.

Em um estudo com atletas recreativos, o consumo de cafeína de 6mg/kg de peso corporal - aproximadamente 490mg de cafeína para um homem de 81,5 kg ou cerca de cinco xícaras de café - aumentou significativamente a resistência

muscular durante exercícios breves e intensos. Antes de executar um esforço máximo, o consumo de cafeína de 5mg/kg de peso corporal - cerca de 295mg de cafeína para uma mulher de 59 kg, ou cerca de três xícaras de café - resultou em um metabolismo anaeróbio significativamente maior e melhor desempenho atlético entre corredores recreativos.

Um estudo conduzido com ciclistas observou que consumir 6mg de cafeína/kg de peso corporal - cerca de 355mg para uma pessoa de 59 kg ou três a quatro xícaras de café - melhorou os tempos de desempenho durante um teste de ciclismo, independentemente da cafeína ter sido ingerida uma hora antes do exercício ou em uma série de doses ao longo do teste. Nesse estudo, os pesquisadores fizeram outra observação interessante: os refrigerantes cafeinados podem atuar como substitutos para bebidas esportivas durante a última parte de um evento, sem perda de desempenho. O estudo também revelou que o consumo de refrigerantes produziu um desempenho melhorado quando consumido ao final das atividades. Os benefícios observados foram determinados em grande parte pela ingestão de uma pequena quantidade de cafeína - apenas 1,5mg/kg de peso corporal - cerca de 90mg de cafeína para uma pessoa de 59 kg ou cerca de uma xícara de café. Outras pesquisas também sugerem que todos os tipos de bebidas cafeinadas, incluindo refrigerantes e bebidas esportivas, são de igual valor para os ciclistas em termos de desempenho melhorado durante uma atividade prolongada.

O consumo de cafeína também demonstra melhorar a resistência durante o exercício físico quando consumido antes da atividade, o que é explicado pelo fato da cafeína diminuir o limiar da β -endorfina induzida pelo exercício e a liberação de cortisol. Esses hormônios produzem o chamado *runner's high* (euforia de corredor), que pode contribuir para os benefícios relatados

da cafeína no exercício.

Outra observação interessante relata pelos estudos é que, ao contrário de um equívoco comum, as bebidas cafeinadas podem contribuir para o estado de hidratação, o que é importante para o desempenho físico.

Os estudos no campo da saúde também relataram aspectos negativos atribuídos a ingestão de cafeína, que devem ser considerados em adultos e crianças.

A cafeína afeta as crianças de maneira semelhante aos adultos e pode perturbar seus padrões de sono e, assim, prejudicar seu desenvolvimento normal. Além disso, a cafeína é um componente de bebidas adoçadas com açúcar, que podem contribuir para o aumento do ganho de peso e cáries dentárias.

Na gravidez, os resultados são conflitantes em relação a associação do aumento da ingestão de cafeína e restrição do crescimento fetal e baixo peso ao nascer. As principais inconsistências têm sido associadas à sensibilidade dos métodos utilizados na quantificação da cafeína e avaliações nas diferentes fases da gravidez, entre muitos outros fatores. As principais preocupações são as possíveis causas do aborto espontâneo e do crescimento fetal prejudicado.

Um estudo observacional prospectivo da ingestão materna de cafeína e restrição do crescimento fetal concluiu que a ingestão de cafeína antes da concepção e durante a gravidez deve ser reduzida. Nesse estudo, houve uma associação entre a ingestão materna de cafeína e aumento do risco de crescimento fetal. Mesmo que o limite de maior risco não tenha sido bem caracterizado, o estudo observou que o risco de restrição do crescimento fetal foi reduzido em mulheres que consomem menos de 100mg/dia.

O estudo concluiu que altos níveis de consumo de cafeína podem ter efeitos adversos sobre a fertilidade e recomendam que mulheres em período fértil limitem a cafeína a menos de 300mg/dia. Além disso,

“ A cafeína é aprovada globalmente por várias autoridades regulatórias como um ingrediente alimentar seguro para uso, principalmente, em bebidas carbonatadas e suplementos dietéticos. ”

mulheres grávidas são aconselhadas a consumir, no máximo, duas xícaras de café ou quatro xícaras de chá por dia.

Embora alguns efeitos adversos tenham sido relatados, a grande maioria dos estudos em escala mundial sobre a cafeína vão bem além, revelando uma grande variedade de importantes benefícios.

Apesar do consumo de cafeína ser geralmente considerado seguro, é importante ressaltar que as sensibilidades individuais à cafeína podem existir, devido a predisposição genética e variar em certas subpopulações, como crianças e mulheres grávidas, bem como em pessoas com histórico de ataque cardíaco e/ou pressão arterial elevada, sendo aconselhável a monitoração da ingestão de cafeína em níveis seguros de consumo.

REGULAMENTAÇÃO DE CAFEÍNA EM BEBIDAS

A cafeína ocorre naturalmente em bebidas comumente consumidas e em quantidades variáveis, o que torna difícil regular a sua rotulagem e estabelecer um padrão internacional. No entanto, as diretrizes de ingestão diária, bem como os limites superiores regulatórios foram definidos para as bebidas para as quais a cafeína não ocorre naturalmente, ou seja, onde é adicionada de uma fonte sintética ou natural. Em geral,

refrigerantes, bebidas energéticas e outras bebidas com cafeína são reguladas por níveis específicos de cafeína que variam de 100 a 350 ppm. O Código de Regulamentações Federais dos Estados Unidos, por exemplo, lista a cafeína como GRAS (Geralmente Reconhecido como Seguro) com relação as bebidas do tipo cola, permitindo a adição de 200 ppm ou 0,02%, totalizando 71mg para um refrigerante de aproximadamente 350ml. Além disso, concentrações mais altas de cafeína em outras bebidas também são consideradas GRAS, sujeitas à conformidade com os regulamentos federais relevantes.



Vários países abordaram a adição e os limites superiores de cafeína gradualmente ao longo do tempo. Devido a razões históricas, muitos deles definiram inicialmente limites superiores para refrigerantes e, em um estágio posterior, introduziram limites superiores diferentes e separados para outras bebidas adicionadas com maiores quantidades de cafeína, como as bebidas energéticas. O *Australian Food Standards Code*, por exemplo, permite a adição de cafeína a refrigerantes do tipo cola e xaropes aromatizados de até 145mg/litros; na Nova Zelândia, esse limite é de até 200mg/kg. Após o surgimento das bebidas energéticas, a Autoridade Alimentar da Nova Zelândia definiu uma categoria distinta

de bebidas, chamada de “bebidas cafeinadas formuladas”, que deve conter não menos do que 145mg/litro e não mais do que 320mg/litro de cafeína, incluindo toda a cafeína presente, de qualquer fonte.

No Canadá, a cafeína é permitida em níveis de até 200mg/litro em bebidas do tipo cola. As bebidas contendo 320mg/litro são aprovadas pela *Health Canada*, autoridade de saúde canadense, como produtos de saúde natural. Além disso, em fevereiro de 2006, a *Health Canada* publicou recomendações gerais de consumo de cafeína, concluindo, com base nas pesquisas

mais recentes disponíveis, que para a população geral de adultos saudáveis, uma ingestão diária de cafeína de 450mg é considerada segura; para crianças entre 10 e 12 anos, a recomendação é limitar a ingestão de cafeína a 85mg/dia; e para mulheres grávidas, o limite recomendado foi estabelecido em 300mg de cafeína por dia.

Na União Europeia não existe um limite máximo de cafeína definido. A Diretiva 2002/67/CE estabelece que as bebidas que contêm cafeína de qualquer fonte, incluindo cafeína natural e sintética, acima de 150mg/litro devem conter no rótulo a mensagem “Elevado conteúdo de cafeína”, seguido pela quantidade de cafeína expressa em miligramas por 100ml.

Em países asiáticos, como a Coreia do Sul, os níveis diários superiores recomendados de cafeína foram estabelecidos pela *Korean Food and Drug Administration* (Administração de Alimentos e Medicamentos da Coreia) em menos de 400mg de cafeína por dia para adultos; menos de 300mg para mulheres grávidas; e menos de 2,5mg/kg de peso corporal para crianças. Taiwan alterou recentemente os seus regulamentos e estabeleceu um limite máximo de cafeína em 320mg/litro para outras bebidas que não café e chá.

Na América Latina, a regulamentação mexicana não prevê nenhum limite máximo para a adição de cafeína às bebidas. No entanto, as bebidas não alcoólicas aromatizadas contendo mais de 20mg/100ml (200mg/litro) devem conter impresso no rótulo a mensagem “bebidas com adição de cafeína”. No Chile, as bebidas contendo 80mg de cafeína (320mg/litro) são classificadas como bebidas esportivas e o regulamento não prevê um limite máximo, mas sim que os seus fabricantes recomendem nos rótulos um consumo diário não superior a 500mg de cafeína.

No Brasil, as bebidas com 80mg de cafeína (320mg/litro) são consideradas “compostos líquidos prontos para o consumo” e a regulamentação prevê um limite de 350mg/litro.

Várias agências reguladoras autorizadas em todo o mundo revisaram, regulamentaram e autorizaram a adição de cafeína a bebidas específicas onde não ocorre naturalmente. Essa adição é geralmente autorizada até níveis de cafeína de 350mg/litro, que são comparáveis aos fornecidos pelo café e chá. Além disso, algumas agências reguladoras estabeleceram diretrizes sobre a ingestão diária de cafeína de até 450mg/dia para adultos.

A cafeína é aprovada globalmente por várias autoridades regulatórias como um ingrediente alimentar seguro para uso, principalmente, em bebidas carbonatadas e suplementos dietéticos.