



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL DE PRAIA GRANDE – 3º ANO ENSINO MÉDIO
INTEGRADO AO TÉCNICO EM QUÍMICA**

BRENDHA CORTES CARDOSO

JÚLIA GIBERTONI DUARTE

MARIANNA LOURENÇO MARTINS

SOPHIA GUIMARÃES NUSA DE BRITO

**SUBSTÂNCIAS ESTIMULANTES EM BEBIDAS ENERGÉTICAS: EFEITOS À
SAÚDE, ANÁLISE DE CONCENTRAÇÕES E CONFORMIDADE LEGAL**

PRAIA GRANDE

2024

BRENDHA CORTES CARDOSO
JÚLIA GIBERTONI DUARTE
MARIANNA LOURENÇO MARTINS
SOPHIA GUIMARÃES NUSA DE BRITO

**SUBSTÂNCIAS ESTIMULANTES EM BEBIDAS ENERGÉTICAS: EFEITOS À
SAÚDE, ANÁLISE DE CONCENTRAÇÕES E CONFORMIDADE LEGAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Técnico em
Química da ETEC de Praia Grande.

Professoras Orientadoras: Irinete Ferreira e Thaís
Leocadio.

PRAIA GRANDE

2024

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho a todas as pessoas que estiveram ao nosso lado ao longo desta jornada, oferecendo apoio incondicional, palavras de incentivo, paciência e afeto.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, queremos expressar nossa profunda gratidão a Deus, por nos guiar e fortalecer em cada passo desta jornada. Sem Sua luz e proteção, nada disso seria possível.

Agradecemos aos nossos pais, Aline Cortes, Fábio Xavier, Viviane Gibertoni, Wilson Duarte, Aparecida Martins, Cicero Lourenço, Patrícia Brito e Vanilson Guimarães, pelo amor incondicional, apoio e incentivo. Vocês foram fundamentais para que chegássemos até aqui.

Aos nossos irmãos, Anna Luiza Cortes, Gabrielly Gibertoni, Bruna Gibertoni, Kayky Martins e Esther Guimarães, nossa gratidão por estarem sempre ao nosso lado, oferecendo apoio e compreensão.

Um agradecimento especial aos namorados, Lucas Martins e Marcos Willian Lopes, que nos motivaram e estiveram presentes nos momentos mais desafiadores.

Por fim, agradecemos profundamente a todos os amigos que nos apoiaram ao longo dessa jornada. Vocês tornaram este caminho mais leve e divertido.

A todos, nosso sincero obrigada!

“A dose faz o veneno.”

(Paracelso)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar e discutir os compostos presentes em bebidas energéticas e seus efeitos, comparando a quantidade exibida nos produtos com os limites estabelecidos pela legislação da ANVISA. Dada a popularização dessas bebidas, é crucial abordar os impactos do consumo - tanto na saúde física, quanto mental - além de compreender os riscos associados ao consumo combinado com álcool e garantir a conformidade com as normas regulatórias. Os resultados da pesquisa indicam efeitos adversos como: aumento da ansiedade, insônia, distúrbios emocionais e riscos cardiovasculares. Observa-se que a maior parte do consumo ocorre entre jovens de 18 a 34 anos. Além disso, os dados mostram que 68% das amostras analisadas apresentavam menos cafeína do que a quantidade indicada no rótulo, enquanto 50% tinham níveis de taurina acima dos limites permitidos pela legislação. A análise sugere que algumas marcas estão dentro dos limites, enquanto outras os ultrapassam - o que pode intensificar os impactos negativos na saúde. A pesquisa foi conduzida de forma teórica, por meio de revisão bibliográfica, comparação teórica e análise das legislações. Conclui-se que há uma necessidade urgente de melhorar a fiscalização, além de destacar a importância do conhecimento sobre os riscos do consumo excessivo de bebidas energéticas, especialmente quando combinado com álcool, que pode levar a sérios problemas de saúde e até fatalidades.

Palavras-chave: Bebidas energéticas; Cafeína; Taurina; Efeitos à saúde; Legislações.

ABSTRACT

The present study aims to analyze and discuss the compounds found in energy drinks and their effects, comparing the amounts listed on product labels with the limits established by ANVISA regulations. Given the popularization of these beverages, it is crucial to address the impacts of consumption—both on physical and mental health—as well as to understand the risks associated with combining these drinks with alcohol and ensuring compliance with regulatory standards. The research results indicate adverse effects such as increased anxiety, insomnia, emotional disturbances, and cardiovascular risks. It is observed that the majority of consumption occurs among individuals aged 18 to 34 years. Furthermore, the data show that 68% of the analyzed samples contained less caffeine than the amount indicated on the label, while 50% had taurine levels exceeding the limits allowed by legislation. The analysis suggests that while some brands comply with the regulations, others surpass these limits, potentially exacerbating the negative health impacts. The research was conducted theoretically through a literature review, theoretical comparison, and analysis of regulations. It is concluded that there is an urgent need to improve oversight, in addition to emphasizing the importance of knowledge about the risks of excessive energy drink consumption, especially when combined with alcohol, which can lead to serious health problems and even fatalities.

Keywords: Energy drinks; Caffeine; Taurine; Health effects; Legislation.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
2.	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	11
3.	OBJETIVOS.....	12
3.1	Objetivo Geral	12
3.2	Objetivos Específicos	12
4.	JUSTIFICATIVA	13
5.	METODOLOGIA	14
5.1	Técnicas utilizadas em artigos científicos analisados	15
5.1.1	Eletroforese capilar	15
5.1.2	Ressonância magnética nuclear quantitativa	16
6.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
6.1	Bebidas energéticas.....	18
6.2	Cafeína.....	18
6.2.1	Efeitos da cafeína na saúde humana	20
6.2.1.1	Riscos cardiovasculares	22
6.2.1.2	Riscos neurológicos	22
6.2.1.3	Impactos psicológicos	23
6.3	Taurina	24
6.4	Guaraná	25
6.5	Glucoronolactona	27
6.6	Açúcar	28
6.7	Consumo e público-alvo.....	29
6.8	Tolerância e dependência	29
6.9	Efeito do consumo excessivo em crianças e adolescentes.....	30
6.10	Bebidas energéticas combinadas ao álcool	31
6.11	Regulamentações de bebidas energéticas	32
6.11.1	Regulamentações internacionais	32
6.11.2	Regulamentações nacionais.....	32
6.11.2.1	Direitos do consumidor e proteção à saúde.....	34
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o consumo de bebidas energéticas tem crescido de forma alarmante, especialmente entre jovens e adultos, devido às promessas de aumento de energia, atenção e desempenho físico e mental. Em 2021, o mercado global dessas bebidas alcançou cerca de 25 bilhões de litros, evidenciando sua crescente popularidade entre diversas faixas etárias, especialmente entre pessoas de 18 e 34 anos, que são o principal público-alvo das campanhas de marketing das empresas desse setor (Constantino *et al.*, 2023; Pallangyo *et al.*, 2023). Essas campanhas promovem as bebidas energéticas como parte essencial de um estilo de vida dinâmico e produtivo, o que acaba influenciando o comportamento de consumo de jovens e adultos em todo o mundo (Constantino *et al.*, 2023).

Essas bebidas são conhecidas pela alta concentração de cafeína, que é um dos principais ingredientes das bebidas energéticas, possui propriedades estimulantes do sistema nervoso central, aumentando a vigilância, atenção e motivação, o que a torna atrativa para atletas, estudantes e profissionais que buscam melhorar seu desempenho (Ueda, 2019; Shabir *et al.*, 2019). Contudo, o consumo excessivo de cafeína, presente em até 120 mg em uma porção de 355 ml dessas bebidas, pode desencadear sintomas como insônia, irritabilidade, dependência, ansiedade, e até complicações mais severas, como arritmias cardíacas (Baldwin, 2024; Constantino *et al.*, 2023).

Além disso, o efeito da cafeína no sistema cardiovascular e no metabolismo da glicose também levanta preocupações sobre o consumo elevado e prolongado, visto que pode aumentar o risco de hipertensão e reduzir a sensibilidade à insulina, impactando diretamente na saúde cardiovascular e metabólica (Caterina; Martinez; Kohlmeier, 2020; Leyva *et al.*, 2021).

Após a ingestão, a cafeína é rapidamente absorvida e metabolizada no fígado, gerando metabolitos como paraxantina, teobromina e teofilina, que possuem efeitos variados sobre o corpo. A paraxantina, por exemplo, aumenta a lipólise e melhora o desempenho físico, enquanto a teobromina atua como vasodilatador e broncodilatador, influenciando o funcionamento cardiovascular e pulmonar (Albero *et*

al., 2021). Esses efeitos são particularmente problemáticos para adolescentes, que estão em fase de desenvolvimento e são mais vulneráveis aos impactos desses estimulantes, resultando em riscos cardiovasculares, como taquicardia e colapso cardíaco (Soos, 2021; Li *et al.*, 2023).

Os efeitos neurológicos do consumo excessivo dessas bebidas incluem tremores, insônia, ansiedade e, em casos graves, crises epiléticas, pois a cafeína bloqueia os receptores de adenosina, interferindo na regulação do sono e aumentando a excitação (Li *et al.*, 2023). A interação entre bebidas energéticas e álcool é outro ponto de preocupação, visto que o álcool pode potencializar os efeitos adversos sobre o sistema nervoso central, além de dificultar a percepção de embriaguez, elevando o risco de comportamentos nocivos, como acidentes de trânsito (Ehlers *et al.*, 2019; Pallangyo *et al.*, 2023).

Adicionalmente, o consumo regular de energéticos tem sido associado ao desenvolvimento de distúrbios emocionais, como irritabilidade, ansiedade e distúrbios do sono. Esses efeitos são agravados pelo alto teor de açúcar presente nas bebidas, que pode provocar flutuações nos níveis de glicose e, consequentemente, no humor e na saúde emocional dos consumidores (Ramada; Nacif, 2019; Somers; Svatikova, 2020). A interação entre a cafeína e o açúcar, comumente presente em grandes quantidades nas bebidas energéticas, afeta o organismo de forma significativa, especialmente em adolescentes e jovens adultos, que são mais suscetíveis aos efeitos colaterais desses compostos (Samaha *et al.*, 2019).

2. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O consumo de bebidas energéticas tem crescido cada vez mais, especialmente entre jovens de 18 a 34 anos, que buscam nesses produtos uma forma rápida de aumentar a energia e o foco. No entanto, apesar da popularidade, há uma preocupação crescente com os efeitos adversos dessas bebidas na saúde física e mental (Constantino *et al.*, 2023; Pallangyo *et al.*, 2023).

Além disso, existe uma discrepância entre as quantidades de compostos como cafeína e taurina declaradas nos rótulos e os valores reais encontrados em algumas marcas. Esse descompasso pode agravar os riscos à saúde, principalmente quando essas bebidas são consumidas em excesso ou combinadas com álcool. A falta de fiscalização adequada e o descumprimento das normas estabelecidas pela ANVISA também são fatores que contribuem para a insegurança dos consumidores.

Diante desse cenário, o problema central deste trabalho é investigar se as bebidas energéticas comercializadas estão em conformidade com a legislação vigente e quais são os riscos do consumo inadequado para a saúde dos consumidores.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar, por meio de estudos científicos, as concentrações de substâncias estimulantes em bebidas energéticas e compará-las com os limites estabelecidos pelas legislações vigentes, avaliando os possíveis riscos à saúde humana.

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre as principais substâncias estimulantes presentes em bebidas energéticas, como cafeína e taurina, e seus efeitos no corpo humano.
- Examinar os resultados de estudos de quantificação de substâncias estimulantes em bebidas energéticas, comparando as concentrações com os limites estabelecidos por legislações de órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a European Food Safety Authority (EFSA) e a Food and Drug Administration (FDA).
- Identificar possíveis discrepâncias entre as concentrações relatadas nos estudos e os valores permitidos pelas legislações vigentes.
- Avaliar os riscos à saúde associados ao consumo de bebidas energéticas com base nas concentrações de substâncias estimulantes quantificadas nos estudos analisados.

4. JUSTIFICATIVA

O crescente consumo de bebidas energéticas, especialmente entre jovens (68%) e adultos (30%) (EFSA, 2011), destaca a necessidade de um estudo aprofundado sobre os efeitos dessas substâncias na saúde humana e a conformidade de suas concentrações com a regulamentação vigente. Bebidas energéticas contêm ingredientes estimulantes, como cafeína, taurina e glucoronolactona, que, embora promovam aumento de energia e desempenho físico, podem representar riscos à saúde quando consumidos em excesso.

A cafeína, amplamente utilizada pelo seu efeito estimulante no sistema nervoso, pode causar dependência e efeitos colaterais como insônia, aumento da pressão arterial e problemas cardíacos (Ueda, 2019; Shabir *et al.*, 2019). A taurina, um aminoácido essencial para o organismo, possui ações fisiológicas importantes, mas seus efeitos em doses elevadas, combinadas com a cafeína, ainda são alvo de controvérsias (Giongo, 2022). A glucoronolactona, um carboidrato comum em bebidas energéticas, apresenta possíveis efeitos desintoxicantes, embora seus impactos em longo prazo também exijam investigação (Jaba Recordati, *s.d.*).

Dado o potencial de danos à saúde e a falta de informações claras sobre o consumo seguro dessas substâncias, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de avaliar as concentrações das substâncias estimulantes nas bebidas energéticas e verificar se estão em conformidade com os limites estabelecidos por agências reguladoras.

5. METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido por meio de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, com o objetivo de analisar os efeitos das substâncias estimulantes presentes em bebidas energéticas no corpo humano e realizar uma comparação teórica dessas substâncias em relação às legislações vigentes. As principais fontes de pesquisa incluíram artigos científicos, publicações acadêmicas e legislações de órgãos reguladores, como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a European Food Safety Authority (EFSA) e a Food and Drug Administration (FDA). As plataformas utilizadas para a pesquisa bibliográfica incluíram PubMed, ScienceDirect, Scielo, Google Scholar e bases de dados normativas de órgãos reguladores.

O estudo foi estruturado em duas etapas principais. A primeira etapa consistiu em uma revisão teórica abrangente das substâncias estimulantes mais comuns encontradas em bebidas energéticas, como cafeína, taurina e guaraná. A análise focou nos efeitos dessas substâncias no organismo humano, abordando tanto os aspectos positivos, como o aumento do estado de alerta e o desempenho cognitivo, quanto os efeitos adversos, tais como hipertensão, insônia e riscos cardiovasculares. Além disso, foram discutidas as características químicas e fisiológicas dessas substâncias, a fim de compreender melhor sua ação no organismo.

Na segunda etapa, foi realizada uma comparação teórica entre as concentrações de substâncias estimulantes declaradas nos rótulos de diversas marcas de bebidas energéticas e os limites estabelecidos pelas legislações nacionais e internacionais. Para isso, foram utilizados como base o artigo de Alane Cangani (2015), que realizou a quantificação simultânea de substâncias em bebidas energéticas por meio de eletroforese capilar, e o artigo de Keven Fragoso (2023), que realizou a quantificação de cafeína utilizando ressonância magnética nuclear quantitativa (qNMR). Ambos os estudos forneceram dados relevantes para avaliar a conformidade das bebidas com os limites estabelecidos pelas legislações, considerando as informações disponibilizadas pelos fabricantes nos rótulos dos produtos.

Os critérios de inclusão para as fontes selecionadas foram a relevância e a atualidade, priorizando estudos e legislações publicadas nos últimos cinco anos. As informações coletadas foram sistematizadas para garantir uma análise comparativa

eficaz, com foco em identificar possíveis discrepâncias entre o que é declarado pelos fabricantes e o que é permitido pelas regulamentações vigentes.

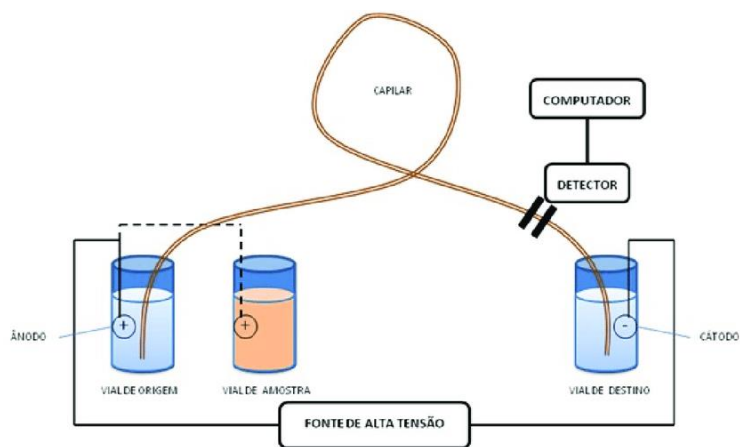
Com base na revisão teórica e na análise comparativa das legislações, este estudo busca fornecer uma avaliação crítica sobre a presença de substâncias estimulantes em bebidas energéticas e os potenciais riscos à saúde associados ao seu consumo, além de verificar a conformidade desses produtos com os padrões regulatórios estabelecidos por autoridades nacionais e internacionais.

5.1 Técnicas utilizadas em artigos científicos analisados

5.1.1 Eletroforese capilar

A eletroforese capilar é uma técnica analítica utilizada para a separação e quantificação de compostos químicos com base em sua mobilidade eletroforética. Essa mobilidade depende do tamanho, carga e interação das moléculas com a solução tampão dentro de um capilar fino, geralmente feito de sílica fundida. No processo, o capilar é preenchido com um eletrólito e conectado a uma fonte de alta tensão, que gera um campo elétrico. As moléculas da amostra são separadas à medida que migram pelo capilar em velocidades diferentes devido às suas características físico-químicas. A técnica é amplamente utilizada devido à sua alta eficiência, rapidez e baixo consumo de amostra e reagentes. No estudo de Cangani (2015), a eletroforese capilar foi empregada para a quantificação simultânea de cafeína e taurina em bebidas energéticas, fornecendo dados detalhados sobre as concentrações dessas substâncias e permitindo uma análise precisa de sua conformidade com os limites regulatórios.

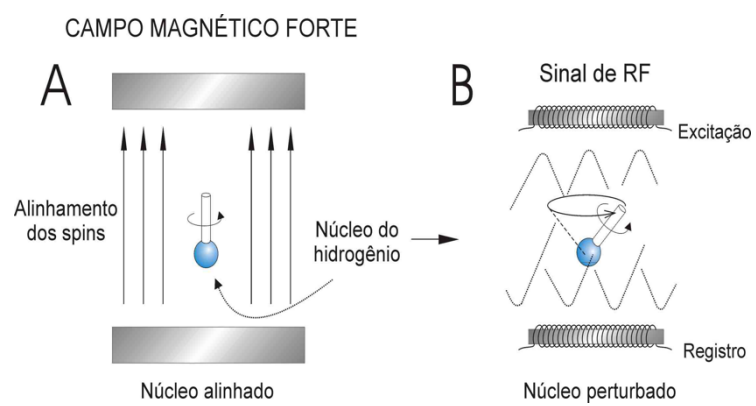
FIGURA 1: Esquematização de eletroforese capilar.



Fonte: Pavarini, 2011.

5.1.2 Ressonância magnética nuclear quantitativa

A ressonância magnética nuclear quantitativa (RMNq) é uma técnica moderna e altamente precisa utilizada para a identificação e quantificação de compostos químicos com base nas propriedades magnéticas dos núcleos atômicos. No método, a amostra é colocada em um campo magnético forte, onde os núcleos de átomos específicos, como o hidrogênio, interagem com pulsos de radiofrequência. Esses pulsos excitam os núcleos, e os sinais gerados durante o retorno ao estado de equilíbrio são registrados como espectros. A RMNq permite determinar tanto a estrutura molecular quanto a concentração exata de compostos, sendo reconhecida por sua alta reprodutibilidade e robustez. No estudo de Fragoso (2023), a técnica foi aplicada para quantificar a cafeína em diversas amostras de bebidas energéticas, revelando informações precisas sobre os níveis dessa substância e sua conformidade com os limites estabelecidos pela ANVISA.

FIGURA 2: Esquematização de RMNq.

Fonte: Silva, 2018.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

6.1 Bebidas energéticas

As bebidas energéticas são amplamente reconhecidas por suas propriedades que visam melhorar o desempenho mental e físico, proporcionando uma sensação de aumento de energia ao consumidor. Sua composição pode variar de acordo com a marca e o formato de comercialização, mas geralmente inclui uma combinação de água, carboidratos, vitaminas do complexo B, minerais e uma série de ingredientes destinados a aumentar o estado de alerta, acelerar o metabolismo e melhorar a performance. Entre os componentes mais comuns, destacam-se a cafeína, taurina, aminoácidos, glucoronolactona, guaraná, ginkgo biloba, carnitina, ginseng, chá verde e erva-mate. (Constantino *et al.*, 2023).

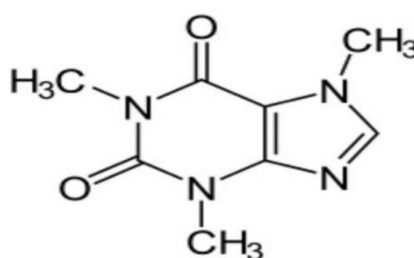
Esses ingredientes são frequentemente associados a efeitos estimulantes, mas seu consumo excessivo pode acarretar riscos à saúde, incluindo efeitos adversos sobre o sistema cardiovascular e neurológico. A cafeína, por exemplo, é um dos principais responsáveis pelos efeitos energéticos, mas sua ingestão em grandes quantidades pode levar a reações adversas. (Constantino *et al.*, 2023).

6.2 Cafeína

A cafeína é valorizada por diversos grupos devido às suas propriedades coanalgésicas, termogênicas e estimulantes do sistema nervoso central (SNC). Essas ações, combinadas à facilidade de acesso, atraem atletas, profissionais de várias áreas e estudantes. É comumente conhecida por aumentar a vigilância, motivação, humor, atenção e memória. (Ueda, 2019; Shabir *et al.*, 2019). Ela está presente em diversas bebidas, especialmente nas bebidas energéticas, que são muito consumidas principalmente por jovens que procuram melhorar seu desempenho e resistência. Porém, quando a cafeína contida nesses energéticos é consumida em excesso, pode causar problemas como insônia, irritabilidade, dependência e ansiedade. Portanto, a utilização da cafeína precisa ser feita de forma moderada, respeitando o organismo de cada indivíduo, assim garantindo o bem-estar e evitando sintomas indesejados (Baldwin, 2024).

A cafeína é um alcaloide de coloração clara e sabor amargo, classificado entre as metilxantinas. Este composto é amplamente consumido globalmente, principalmente extraído do café (*Coffea sp.*) (Araújo *et al.*, 2020). Conhecida quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina, a cafeína é um alcaloide purínico da classe das metilxantinas, com fórmula molecular $C_8H_{10}N_4O_2$. Sua estrutura contém um esqueleto de purina, com três grupos metila ligados aos átomos de nitrogênio da xantina (Figura 1).

FIGURA 3: Estrutura química da cafeína.



Fonte: Química Alkano, 2018¹.

A cafeína está presente em diversos alimentos, como café, chás, refrigerantes, chocolates, bebidas energéticas e medicamentos. Além disso, pode ser utilizada como aromatizante ou ocorrer naturalmente em produtos como o chocolate, derivado do cacau (*Theobroma cacao*) (Da Silva *et al.*, 2022). É encontrada em várias plantas, incluindo erva-mate (*Ilex paraguariensis*), guaraná (*Paullinia cupana*) e diferentes espécies de café (*Coffea sp.*) (Raj *et al.*, 2021). Atualmente, mais de 100 espécies do gênero *Coffea* são conhecidas, mas apenas três são predominantemente cultivadas:

Coffea arabica L., *Coffea canephora* Pierre e *Coffea liberica* Bull (Alves *et al.*, 2021). O Brasil é o maior produtor de café arábica (*Coffea arábica* L.), dominando o mercado mundial (Vegro; De Almeida, 2020).

A cafeína é um estimulante importante que atua diretamente no sistema nervoso central (SNC). Por essa razão, ela é frequentemente encontrada em bebidas projetadas para aumentar a concentração e a atenção, como as bebidas energéticas. Além de suas propriedades termogênicas, que aceleram o metabolismo, seu mecanismo de ação está relacionado à semelhança estrutural com a adenosina,

¹ <https://quimicaalkano.com/product/cafeina-usp/>

um neuromodulador endógeno que inibe a liberação de neurotransmissores. Dessa forma, ao bloquear a ação inibitória da adenosina, a cafeína atua como um estimulante cognitivo e psicomotor (Caterina; Martinez; Kohlmeier, 2020).

Esse efeito atrai indivíduos que buscam reduzir a sonolência e melhorar o desempenho em atividades físicas e cognitivas. No entanto, para que o consumo de cafeína seja feito de maneira adequada, é fundamental realizar uma pesquisa que avalie os prós e contras, considerando quem pode consumir e a quantidade recomendada para cada indivíduo, de acordo com seus objetivos. É importante ressaltar que o consumo excessivo de cafeína pode levar a efeitos adversos (Caterina; Martinez; Kohlmeier, 2020).

A quantidade em miligramas de cafeína pode variar de acordo com cada bebida, alimento, medicamento, suas quantidades e marcas distintas, em relação as bebidas energéticas, a quantidade varia de 107 a 120 mg em uma porção de 355 mL (Mayo Clinic, 2020). Essa quantidade está de acordo com a RDC N° 719 de 1° de julho de 2022, que define as bebidas energéticas como compostos prontos para consumo que podem conter cafeína. Segundo o artigo 3°, capítulo II, a cafeína não pode exceder 35 mg por 100 ml, assegurando que o consumo dessas bebidas seja seguro e regulamentado.

6.2.1 Efeitos da cafeína na saúde humana

Após a ingestão, a cafeína demora entre 30 a 45 minutos para ser absorvida no trato gastrointestinal, atingindo a concentração máxima ao fim de uma hora e meia. A partir daí, é transportada para a corrente sanguínea e, em seguida, direcionada ao fígado por meio da veia porta. No fígado, a cafeína é metabolizada principalmente pelas enzimas do citocromo P450, com destaque para a CYP1A2. Este processo de biotransformação converte a cafeína em três principais metabolitos: paraxantina, teobromina e teofilina, cada um com efeitos distintos. A paraxantina, por exemplo, é conhecida por aumentar a lipólise e melhorar o desempenho físico, enquanto a teobromina tem efeitos vasodilatadores e broncodilatadores (Albero *et al.*, 2021).

A cafeína e seus metabolitos são distribuídos por todo o corpo e podem atravessar várias barreiras biológicas. A barreira hematoencefálica, que protege o

cérebro de substâncias potencialmente prejudiciais, não impede a passagem da cafeína. Uma vez no cérebro, a cafeína atua principalmente como antagonista dos receptores de adenosina, um neurotransmissor que promove o sono e o relaxamento. Ao bloquear os receptores A1 e A2A da adenosina, a cafeína aumenta a atividade de neurotransmissores excitadores, como dopamina e norepinefrina, resultando em maior estado de alerta e vigília (Araújo *et al.*, 2020).

Além do efeito no sistema nervoso central, a cafeína tem impacto significativo em outros sistemas do corpo. Sua ação diurética pode levar a um aumento na produção de urina, contribuindo para a desidratação, especialmente se a ingestão de líquidos não for adequada para compensar a perda. No sistema cardiovascular, a cafeína pode causar aumento na frequência cardíaca e na pressão arterial, especialmente em indivíduos sensíveis ou quando consumida em grandes quantidades (Leyva *et al.*, 2021). Esses efeitos são atribuídos ao aumento da liberação de catecolaminas, que estimulam o sistema cardiovascular.

A cafeína também pode influenciar o metabolismo de lipídios e glicose. A paraxantina, um metabolito da cafeína, é conhecida por aumentar a oxidação de ácidos graxos, o que pode ter implicações para a performance atlética e o controle de peso. Além disso, a cafeína pode afetar a sensibilidade à insulina e a regulação da glicose, com possíveis implicações para o controle da diabetes tipo 2 (Araújo *et al.*, 2020).

Apesar dos benefícios potenciais associados ao consumo moderado de cafeína, é crucial considerar os riscos de ingestão excessiva. O consumo elevado pode resultar em sintomas adversos como irritabilidade, insônia, dores de cabeça, palpitações cardíacas, nervosismo, ansiedade, náuseas e desconfortos gastrointestinais, incluindo diarreia, especialmente se consumida em grandes quantidades (Leyva *et al.*, 2021). Os efeitos adversos podem ser mais pronunciados em indivíduos sensíveis à cafeína, que podem apresentar sintomas com doses muito menores.

Para mitigar esses riscos, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) recomenda que o limite máximo diário de cafeína para adultos seja de 200 mg (Yonamine & Teng, 2019). Este limite considera a variabilidade individual na metabolização da cafeína e os possíveis efeitos adversos associados ao consumo

excessivo. A orientação inclui não apenas monitorar a ingestão de cafeína a partir de café e chá, mas também de outros produtos, como refrigerantes, energéticos e medicamentos que podem conter cafeína (Yonamine & Teng, 2019).

Além disso, é importante que os consumidores estejam cientes de como a cafeína pode interagir com outras substâncias e condições de saúde. Por exemplo, a cafeína pode interagir com medicamentos como antidepressivos e anticoagulantes, alterando sua eficácia e segurança. Pessoas com condições de saúde como hipertensão, arritmias cardíacas ou transtornos de ansiedade devem ser particularmente cautelosas com o consumo de cafeína e considerar consultar um profissional de saúde para obter orientação personalizada (Yonamine & Teng, 2019).

6.2.1.1 Riscos cardiovasculares

O consumo de cafeína pode resultar em efeitos hemodinâmicos, como aumento da pressão arterial e alterações no ritmo cardíaco. Em alguns casos, o consumo excessivo de bebidas energéticas foi associado a sintomas como taquicardia, arritmias e até mesmo colapso cardiovascular em indivíduos sem histórico prévio de problemas cardíacos. Isso ocorre porque os estimulantes presentes nas bebidas energéticas provocam uma sobrecarga no sistema cardiovascular, especialmente em jovens cujos corpos ainda estão em desenvolvimento, tornando-os mais vulneráveis (Soos, 2021).

Adolescentes que consomem essas bebidas com frequência podem desenvolver complicações mais severas, como arritmias e hipertensão arterial. Em casos extremos, a ingestão de grandes quantidades de bebidas energéticas pode levar a episódios de isquemia e, em alguns casos, à morte súbita (Li *et al.*, 2023).

6.2.1.2 Riscos neurológicos

Os riscos neurológicos associados ao consumo de bebidas energéticas estão cada vez mais sendo estudados, especialmente em populações vulneráveis como adolescentes e jovens adultos. O consumo excessivo dessas bebidas, que geralmente contêm altos níveis de cafeína e outros estimulantes, pode provocar uma série de efeitos adversos no sistema nervoso central. Entre os sintomas neurológicos

mais relatados estão tremores, insônia, ansiedade e, em casos mais graves, convulsões e crises epiléticas (Li *et al.*, 2023).

A cafeína, o principal estimulante encontrado nas bebidas energéticas, atua bloqueando os receptores de adenosina no cérebro, que são responsáveis pela regulação do sono e da vigília, o que pode resultar em distúrbios significativos de sono e aumento da excitação. Além disso, o consumo em excesso de cafeína está associado ao aumento da ansiedade e do nervosismo, além de poder causar cefaleias e tonturas. Em indivíduos predispostos a condições neurológicas, o consumo exacerbado dessas bebidas pode desencadear episódios mais sérios, como convulsões (Li *et al.*, 2023).

O uso concomitante de bebidas energéticas com outras substâncias, como álcool ou drogas recreativas, pode potencializar os efeitos adversos neurológicos, aumentando significativamente o risco de intoxicações graves e danos ao sistema nervoso central (Ehlers *et al.*, 2019).

É importante destacar que os adolescentes, por estarem em uma fase de intenso desenvolvimento físico e mental, são particularmente sensíveis aos efeitos negativos desses estimulantes, sendo recomendada a limitação ou proibição do consumo de bebidas energéticas nessa faixa etária.

6.2.1.3 Impactos psicológicos

O consumo de bebidas energéticas tem crescido consideravelmente, especialmente entre jovens e estudantes que buscam aumento da concentração e desempenho cognitivo. Essas bebidas, que frequentemente contêm ingredientes como cafeína e açúcar, visam intensificar funções mentais como memória e atenção. No entanto, o uso regular de tais produtos pode acarretar efeitos colaterais significativos à saúde mental e emocional dos indivíduos. A cafeína, um dos principais componentes das bebidas energéticas, atua como um estimulante do sistema nervoso central. Estudos indicam que doses moderadas de cafeína (entre 100 mg e 300 mg) podem melhorar a atenção e a vigília, mas a ingestão excessiva (acima de 400 mg) pode levar a efeitos adversos, como ansiedade e deterioração da qualidade do sono, contribuindo para um ciclo de fadiga e irritabilidade (Teng, 2019).

Além da cafeína, as bebidas energéticas geralmente contêm altas concentrações de açúcar, o que pode levar a flutuações nos níveis de energia e, por consequência, afetar o humor e a saúde emocional. O consumo elevado de açúcar está associado a um aumento da irritabilidade e a distúrbios emocionais, como ansiedade e depressão, exacerbando os efeitos negativos já causados pela cafeína (Ramada; Nacif, 2019). Outro ponto crítico é a interação entre bebidas energéticas e álcool, que é comum entre jovens. Essa combinação pode resultar em efeitos neurofarmacológicos que aumentam a vulnerabilidade ao alcoolismo, além de reduzir a percepção da intoxicação alcoólica. A desidratação provocada pelo álcool, aliada ao efeito diurético da cafeína, pode prejudicar a capacidade do organismo de metabolizar o álcool, aumentando o risco de consequências adversas (Picioni *et al.*, 2020).

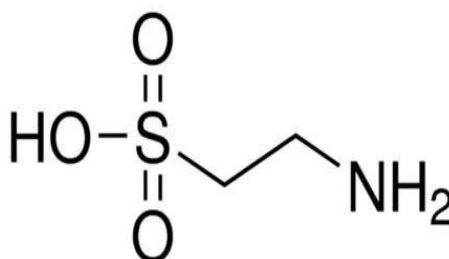
Além disso, estudos recentes têm indicado uma relação entre o consumo de bebidas energéticas e o aumento de distúrbios emocionais e comportamentais. Entre os efeitos observados, destacam-se irritabilidade, cansaço, inquietação e desenvolvimento ou exacerbação da ansiedade, além de dificuldades de sono (Samaha *et al.*, 2019). Essas consequências ressaltam a necessidade de maior conscientização sobre os riscos associados ao consumo frequente de bebidas energéticas, especialmente entre populações vulneráveis como estudantes. É fundamental considerar que, embora as bebidas energéticas possam oferecer benefícios temporários, como o aumento da atenção e a melhora do desempenho cognitivo em curto prazo, seus riscos à saúde mental e comportamental não podem ser ignorados (Somers; Svatikova, 2020; Choi, 2020).

6.3 Taurina

A taurina, ou ácido 2-aminoetanossulfônico, é o aminoácido livre mais abundante no corpo humano, com a fórmula molecular $C_2H_7NO_3S$ (Figura 2). Ela se encontra em altas concentrações na retina, coração, músculos, fígado e órgãos reprodutivos, além de estar presente no sistema nervoso central, incluindo o tronco encefálico e hipocampo (Giongo, 2022). A ingestão média diária estimada de taurina varia entre 40 e 400 mg (Teng, 2019; ANVISA, 2018). Embora a taurina seja considerada condicionalmente essencial e produzida pelo organismo em

quantidades suficientes, pode ser obtida por meio da dieta ou sintetizada a partir de metionina e precursores de cisteína que contêm enxofre.

FIGURA 4: Estrutura química da Taurina.



Fonte: Pinto, 2023².

Além de facilitar a absorção e o transporte de gorduras, essencial para a geração de energia, a taurina desempenha papéis importantes na osmorregulação, estabilização de membranas, neuromodulação e regulação dos níveis intracelulares de cálcio. Como neurotransmissor e neuromodulador inibitório do sistema nervoso central, a taurina pode atenuar a apoptose, funcionando como um agente neuroprotetor, antioxidante e imunomodulador. Além disso, possui uma potente capacidade neuroprotetora em casos de neurotoxicidade induzida por glutamato (Giongo, 2022) e pode estar relacionada à tensão muscular, contribuindo para o desempenho atlético (Maldonado, 2023).

6.4 Guaraná

O guaraná (*Paullinia cupana*) (Figura 3), planta originária da região amazônica brasileira, é amplamente reconhecido por seu uso em bebidas energéticas, graças às suas notáveis propriedades estimulantes e antioxidantes. A complexidade de sua composição química é influenciada por fatores como genótipo, cultivo, localização geográfica e condições climáticas, o que pode impactar de maneira significativa seus efeitos sobre a saúde humana (Torres *et al.*, 2021). Pesquisas recentes, como as

² Pinto, Mariana Azevedo. **Potencial Terapêutico Cardiovascular da Taurina**. 2023. Monografia (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) — Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia, Lisboa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/64149/1/MICF_%20Mariana%20Pinto.pdf. Acesso em: 30 set. 2024.

conduzidas por Nina *et al.* (2021), revelaram uma grande variabilidade no conteúdo de metabólitos em diferentes genótipos de guaraná. Essa diversidade metabólica permitiu a classificação de seus genótipos em diferentes grupos quimiotípicos, que variam entre aqueles com maior potencial energético e aqueles com maior potencial antioxidante. Tal variação sugere que a seleção cuidadosa de genótipos específicos pode ser fundamental para maximizar os benefícios do guaraná em formulações de bebidas, com foco em finalidades específicas, como estimular o sistema nervoso ou combater os radicais livres.

FIGURA 5: *Paullinia cupana*.



Fonte: Chá e Cia, 2020.³

O guaraná se destaca particularmente por seu elevado teor de cafeína, atingindo até 5,3% de sua composição, o que o coloca em vantagem quando comparado a outras fontes comumente consumidas, como o café e o chá. Em termos comparativos, o café expresso apresenta cerca de 0,21% de cafeína, o chá preto 0,02% e o chocolate com 85% de cacau contém aproximadamente 2,34%. Esse teor expressivamente alto de cafeína faz do guaraná uma fonte natural poderosa de estimulação. Além da cafeína, o guaraná é rico em compostos bioativos, como a catequina e a epicatequina, que possuem forte ação antioxidante. A catequina representa até 3% da composição do guaraná, enquanto a epicatequina pode chegar a 2%. Esses flavan-3-óis⁴ são conhecidos por neutralizarem os radicais livres no organismo, oferecendo benefícios importantes à saúde celular e ao

³ <https://chaecia.com.br/collections/all/products/guaran%C3%A1-paullinia-cupana-h-b-k-3x100g->

⁴ Os flavan-3-óis, encontrados no guaraná (*Paullinia cupana*), são compostos fenólicos que pertencem à classe dos flavonoides. Eles possuem propriedades antioxidantes, ajudando a neutralizar radicais livres e protegendo as células (Kowalski *et al.*, 2020).

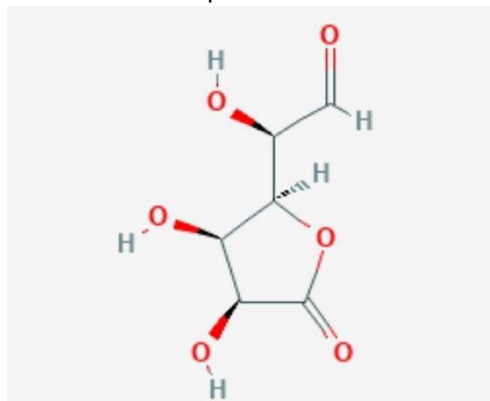
metabolismo, além de estarem relacionados a efeitos positivos no metabolismo lipídico, contribuindo para a saúde cardiovascular (Torres *et al.*, 2021).

Comparando essas concentrações com outras fontes de flavan-3-óis, o guaraná se destaca com uma quantidade significativamente maior desses compostos bioativos. O pó de cacau, por exemplo, contém apenas 0,20% de epicatequina e 0,06% de catequina, enquanto o chá verde apresenta 0,02% de epicatequina e 0,09% de catequina, e os grãos de cacau possuem 0,10% de epicatequina e 0,09% de catequina. Isso indica que o guaraná contém de 10 a 100 vezes mais catequina e epicatequina que essas outras fontes amplamente consumidas (U.S. Department of Agriculture, 2020). A presença abundante desses compostos, além dos taninos e saponinas, contribui para os efeitos revitalizantes e antioxidantes da planta, que não apenas promovem o aumento da energia, mas também oferecem uma gama de benefícios à saúde, incluindo a proteção contra o estresse oxidativo e o suporte ao metabolismo de lipídios.

6.5 Glucoronolactona

A glucoronolactona é um metabólito natural que se forma a partir da glicose no fígado e também é encontrada em produtos como o vinho, que pode ter concentrações superiores a 20 mg/L. Além disso, essa substância está presente em vegetais que contêm gomas. A goma xantana, por exemplo, é composta por unidades de manose e ácido glucurônico.

FIGURA 6: Estrutura química da Glucoronolactona.



Fonte: PubChem, 2004⁵.

⁵ <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glucuronolactone>

Embora não todas as bebidas energéticas contenham glucoronolactona, as que a incluem podem ter concentrações que variam de 250 a 2500 mg/L. No Brasil, a legislação estabelece um limite máximo de 250 mg por 100 mL para essa substância.

Os riscos associados à glucoronolactona são considerados quase nulos. Tanto a EFSA (Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos) quanto a FDA (Administração de Alimentos e Medicamentos dos EUA) concluíram que não há necessidade de alertar a população sobre essa substância (Jaba Recordati, s.d.).

6.6 Açúcar

O consumo de açúcar no Brasil é preocupante, com uma média de cerca de 30 kg por ano, significativamente acima da recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS), que sugere um limite de aproximadamente 18,2 kg anuais, ou 50 gramas diárias (Leite, 2022). Embora o açúcar possa fornecer energia quando consumido com moderação, seu consumo excessivo está associado a uma série de problemas de saúde, como obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares.

O aumento do consumo de açúcar nas dietas brasileiras pode ser atribuído a diversos fatores. A publicidade de alimentos ultraprocessados e bebidas açucaradas, amplamente divulgadas na mídia, influencia fortemente as escolhas alimentares, especialmente entre as crianças. A falta de educação nutricional adequada nas escolas e nas famílias também contribui para hábitos alimentares prejudiciais, dificultando a adoção de decisões saudáveis.

Além disso, a rotina moderna, que frequentemente prioriza a praticidade, leva muitas famílias a optar por alimentos rápidos e fáceis de preparar, que costumam ser ricos em açúcares adicionados. Essa tendência é preocupante, pois não apenas afeta a saúde individual, mas também sobrecarrega o sistema de saúde devido ao aumento de doenças relacionadas ao consumo excessivo de açúcar.

É fundamental promover uma alimentação mais equilibrada, priorizando alimentos integrais e reduzindo a ingestão de açúcares adicionados. A conscientização sobre os riscos associados ao consumo excessivo de açúcar é crucial para garantir um futuro mais saudável, especialmente para as crianças, que são mais vulneráveis a esses efeitos. Uma mudança nos hábitos alimentares pode

melhorar a saúde pública e a qualidade de vida da população (Santos; Coelho; Silva, 2023).

6.7 Consumo e público-alvo

O consumo de bebidas energéticas é significativo, com estimativas indicando que em 2021 foram consumidos cerca de 25 bilhões de litros de bebidas energéticas em todo o mundo (Constantino *et al.*, 2023; Pallangyo *et al.*, 2023).

O principal público consumidor de bebidas energéticas é composto por jovens entre 18 e 34 anos, especialmente universitários que enfrentam rotinas intensas e a pressão por altos desempenhos acadêmicos.

Em um relatório da EFSA de 2011, foi observado que 30% dos adultos, 68% dos adolescentes e 18% das crianças na Europa relataram consumir bebidas energéticas regularmente. Ademais, estima-se que entre 34% e 51% dos universitários façam o mesmo.

6.8 Tolerância e dependência

A química do cérebro é uma parte essencial para o desenvolvimento da dependência de alguma substância. Por causa do alto teor de cafeína e açúcar presentes nas bebidas energéticas, a liberação de dopamina no cérebro aumenta, fazendo você se sentir melhor. Assim, a dependência começa: com as respostas que o corpo apresenta em relação às substâncias presentes nas bebidas energéticas, surge o desejo de consumir mais, e, quanto maior o consumo, maior se torna a tolerância em relação a essas substâncias. Estudos mostram que o alto teor de cafeína e açúcar nas bebidas energéticas pode levar a um aumento da tolerância e, conseqüentemente, à dependência. Dando como exemplo a correlação entre o alto teor de cafeína e açúcar e a liberação de dopamina, quanto maior o consumo de cafeína e açúcar, menor será a resposta do seu corpo à dopamina, aumentando assim a quantidade necessária de cafeína e açúcar para sentir o prazer que a dopamina traz. A liberação de dopamina associada ao consumo dessas bebidas pode criar um ciclo de prazer e busca por mais, semelhante a outras substâncias viciantes.

Embora a maioria dos ensaios clínicos tenha se concentrado principalmente na função cardiovascular, vários relatos de casos sugerem que outros sistemas orgânicos, incluindo os sistemas neuropsicológico, hepático e renal, também são afetados pelo consumo agudo e crônico de ED (Energy Drinks). (Li *et al.*, 2023)

6.9 Efeito do consumo excessivo em crianças e adolescentes

Já é amplamente reconhecido que as bebidas energéticas têm efeitos negativos sobre a saúde de adultos, sendo recomendável seu consumo com moderação. Considerando que crianças e adolescentes possuem um organismo em desenvolvimento, os impactos negativos dessas bebidas podem ser ainda mais severos. A Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP) recomenda que o consumo de bebidas energéticas seja evitado antes dos 18 anos.

Segundo o pediatra Eduardo Maranhão Gubert, do Hospital Pequeno Príncipe, essas bebidas podem não apenas prejudicar a qualidade do sono, como também causar aumento da pressão arterial e refluxo gastroesofágico. Além disso, muitos consumidores relatam efeitos como taquicardia, palpitações, ansiedade e falta de ar. O consumo excessivo dessas bebidas pode acarretar sérios problemas de saúde e, em casos extremos, até levar ao óbito.

A maioria dos países, incluindo o Brasil, não disponibiliza a recomendação quanto à idade mínima para o consumo de cafeína. Além das bebidas energéticas, está presente no café, refrigerante do tipo cola e guaraná e chás.

O ministério da saúde do Canadá recomenda o consumo de no máximo 2,5 mg/kg/dia a partir de 4 anos de idade e até 12 anos. Considerando o peso médio por faixa etária, o consumo máximo deve ser de:

- 4 a 6 anos: 45 mg;
- 7 a 9 anos: 62,5 mg; e
- 10 a 12 anos: 85 mg

No Brasil está em tramitação o projeto de lei que proíbe a venda, a oferta e o consumo de bebidas energéticas a menores de 18 anos (PL 455/15). A proposta determina ainda que os estabelecimentos que comercializam produtos energéticos ficam obrigados a informar sobre a proibição prevista na lei. (Elza Daniel de Melo *et al.*, 2022, p. 2).

6.10 Bebidas energéticas combinadas ao álcool

A combinação de sabores pode levar a um consumo excessivo, resultando na perda de controle sobre as quantidades ingeridas. Para aqueles com predisposição a doenças cardíacas, o risco de morte aumenta significativamente (Catharina, 2022).

Nos últimos anos, especialistas e instituições de saúde têm levantado preocupações sobre os perigos associados à mistura de bebidas energéticas com álcool. Entre os principais riscos estão: o aumento do consumo total de álcool ao misturá-los; a possibilidade de os efeitos tóxicos do álcool serem mascarados, fazendo com que os consumidores não percebam seu nível de embriaguez; e um aumento no comportamento de risco, que pode levar a acidentes e decisões imprudentes (Teng, 2019). Apesar dos alertas nos rótulos, muitos consumidores ignoram a recomendação de não misturar essas bebidas, o que pode ser fatal, pois o álcool diminui a consciência e incentiva um maior desejo por bebidas (Scholtz, 2019).

Além disso, a interação entre álcool e cafeína pode afetar a capacidade de julgamento e a coordenação motora, aumentando o risco de acidentes, especialmente entre jovens adultos que frequentam festas e eventos sociais. O álcool interfere na comunicação entre os neurônios, impactando neurotransmissores como glutamato e ácido gama-aminobutírico. Também pode estimular a sinalização da adenosina, elevando sua produção e dificultando seu transporte. Essa interação pode resultar em um aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial, colocando pressão adicional sobre o sistema cardiovascular, especialmente em pessoas com condições cardíacas pré-existentes (Fernandes, 2019).

Outro aspecto importante é que tanto o álcool quanto as bebidas energéticas podem causar desidratação, intensificando os efeitos negativos de cada um. Isso pode aumentar a probabilidade de uma ressaca severa e outros problemas de saúde a curto e longo prazo. Essa combinação é especialmente preocupante entre os jovens, pois pode amplificar os efeitos da cafeína e aumentar o risco de overdose, com consequências graves para a saúde cardiovascular (Lino, 2019).

Além disso, a influência da mídia e da publicidade na normalização do consumo de bebidas energéticas misturadas com álcool é um fator relevante. Muitas

vezes, essas práticas são apresentadas como divertidas e inofensivas, o que pode distorcer a percepção dos riscos envolvidos, tornando essencial a educação e a conscientização sobre os perigos dessa combinação.

6.11 Regulamentações de bebidas energéticas

6.11.1 Regulamentações internacionais

A regulamentação de bebidas energéticas é uma questão de crescente importância devido ao aumento do consumo global e das preocupações com a saúde.

Na União Europeia, desde 2004, as diretrizes exigem que as bebidas energéticas com mais de 150 mg/L de cafeína incluam rótulos informando sobre seu “alto teor de cafeína” e alertando que não são recomendadas para crianças, grávidas e lactantes. O Regulamento (UE) nº 1169/2011 estabelece que esse aviso deve ser destacado na embalagem, acompanhado da quantidade de cafeína em mg por 100 ml. Essa regulamentação tem como objetivo garantir que os consumidores sejam devidamente informados sobre os riscos associados ao consumo dessas bebidas (UNESDA, 2022; Comissão Europeia, 2011).

Em Portugal, a regulamentação segue as diretrizes da União Europeia, mas ainda carece de uma legislação mais detalhada sobre os efeitos e riscos associados ao consumo dessas bebidas (Associação Portuguesa das Bebidas Refrescantes Não Alcoólicas, 2019).

Em diversos outros países, como Dinamarca, Noruega, e Turquia, foram aplicadas restrições severas ou banimentos em suas vendas, refletindo preocupações com os efeitos adversos à saúde.

6.11.2 Regulamentações nacionais

No Brasil, a Resolução de Diretoria Colegiada nº 273 estabelece limites específicos para cafeína e taurina, além de exigir que os rótulos incluam advertências sobre a mistura com bebidas alcoólicas. Essa resolução proíbe também o uso de termos como “energético” ou “potencializador”, visando proteger o consumidor de informações enganosas (Ministério da Saúde, 1998; 2005).

Além das regulamentações já existentes, vários especialistas e órgãos de saúde pública têm defendido a necessidade de mais pesquisas para entender os riscos associados ao consumo excessivo de bebidas energéticas.

O crescente reconhecimento dos potenciais efeitos adversos, como problemas cardiovasculares e neurológicos, podem levar a uma revisão das políticas existentes e à implementação de novas diretrizes mais rigorosas para proteger os consumidores (Chen, 2019; Constantino *et al.* 2023).

O órgão responsável pela fiscalização de bebidas energéticas é a ANVISA, como citado a seguir. Como imposto pela legislação, é de competência à ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária realizar o controle e fiscalização de alimentos, bebidas, seus insumos, suas embalagens, aditivos alimentares e limites de contaminantes orgânicos e inorgânicos, produtos obtidos por engenharia genética e outras tecnologias como irradiação (ANVISA, 1999).

De acordo com a cláusula II, do artigo 2º, capítulo I da RDC N° 719 de 1º de julho de 2022, composto líquido pronto para consumo (popularmente conhecido como bebida energética ou energy drink) é um produto com ingredientes que fornecem, pelo menos, uma das seguintes substâncias: inositol, glucoronolactona, taurina ou cafeína.

Já o artigo 3º, capítulo II, da mesma RDC, descreve que:

Art. 3º O composto líquido pronto para o consumo não pode conter substâncias acima dos seguintes limites máximos:

- I-20 mg/100ml de inositol;
- II-250 mg/100ml de glucoronolactona;
- III-400 mg/100ml de taurina;
- IV-35 mg/100ml de cafeína;
- V-0,5 ml/100ml de álcool etílico.

O artigo 6 e 7, também do capítulo II da mesma RDC, trata dos parâmetros de rotulagem de compostos líquidos prontos para consumo:

Art. 6º A rotulagem do composto líquido pronto para o consumo deve conter as seguintes informações:

- I- As quantidades de cafeína, taurina, Inositol e glucoronolactona por porção do produto na lista de ingredientes; e
- II- As seguintes advertências, em destaque e em negrito:

- a) "Crianças, gestantes, nutrízes, idosos e portadores de enfermidades: consultar o médico antes de consumir o produto";
- b) "Não é recomendado o consumo com bebida alcoólica".

Art. 7º Na rotulagem do composto líquido pronto para o consumo é vedado o uso das expressões "estimulante", "potencializador", "melhoria de desempenho" ou frases equivalentes, inclusive em outros idiomas.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2018), doses únicas de 200 mg/dia (aproximadamente 3 mg/kg para um adulto de 70 kg) até 400 mg/dia (5,7 mg/kg), a partir de todas as fontes alimentares, são seguras para uma população adulta, exceto pra mulheres grávidas, que devem consumirem doses em torno de 200 mg/dia.

6.11.2.1 Direitos do consumidor e proteção à saúde

A Lei nº 8.078/1990 (Código de Defesa do Consumidor) estabelece que os consumidores têm direito à proteção contra produtos que apresentem riscos à saúde e segurança. O artigo 6º da lei garante o direito à informação clara e adequada sobre a composição, características, qualidade, e riscos dos produtos. A lei também assegura proteção contra publicidade enganosa ou abusiva, assim como a adoção de medidas preventivas e reparatórias em casos de danos à saúde (BRASIL, 1990).

CAPÍTULO III

Dos Direitos Básicos do Consumidor

Art. 6º São direitos básicos do consumidor:

- I - a proteção da vida, saúde e segurança contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos;
- II – A educação e divulgação sobre o consumo adequado dos produtos e serviços, asseguradas a liberdade de escolha e a igualdade nas contratações;
- III - A informação adequada e clara sobre os diferentes produtos e serviços, com especificação correta de quantidade, características, composição, qualidade, tributos incidentes e preço, bem como sobre os riscos que apresentem; (Redação dada pela Lei nº 12.741, de 2012) (Vigência)

IV – A proteção contra a publicidade enganosa e abusiva, métodos comerciais coercitivos ou desleais, bem como contra práticas e cláusulas abusivas ou impostas no fornecimento de produtos e serviços;

Parágrafo único. A informação de que trata o inciso III do caput deste artigo deve ser acessível à pessoa com deficiência, observado o disposto em regulamento.

(Incluído pela Lei nº 13.146, de 2015) (Vigência)

Art. 7º Os direitos previstos neste código não excluem outros decorrentes de tratados ou convenções internacionais de que o Brasil seja signatário, da legislação interna ordinária, de regulamentos expedidos pelas autoridades administrativas competentes, bem como dos que derivem dos princípios gerais do direito, analogia, costumes e equidade.

Parágrafo único. Tendo mais de um autor a ofensa, todos responderão solidariamente pela reparação dos danos previstos nas normas de consumo.

CAPÍTULO IV

Da Qualidade de Produtos e Serviços, da Prevenção e da Reparação dos Danos.

SEÇÃO I

Da Proteção à Saúde e Segurança

Art. 8º Os produtos e serviços colocados no mercado de consumo não acarretarão riscos à saúde ou segurança dos consumidores, exceto os considerados normais e previsíveis em decorrência de sua natureza e fruição, obrigando-se os fornecedores, em qualquer hipótese, a dar as informações necessárias e adequadas a seu respeito.

§ 1º Em se tratando de produto industrial, ao fabricante cabe prestar as informações a que se refere este artigo, através de impressos apropriados que devam acompanhar o produto. (Redação dada pela Lei nº 13.486, de 2017)

§ 2º O fornecedor deverá higienizar os equipamentos e utensílios utilizados no fornecimento de produtos ou serviços, ou colocados à disposição do consumidor, e informar, de maneira ostensiva e adequada, quando for o caso, sobre o risco de contaminação. (Incluído pela Lei nº 13.486, de 2017)

Art. 9º O fornecedor de produtos e serviços potencialmente nocivos ou perigosos à saúde ou segurança deverá informar, de maneira ostensiva e adequada,

a respeito da sua nocividade ou periculosidade, sem prejuízo da adoção de outras medidas cabíveis em cada caso concreto.

Art. 10. O fornecedor não poderá colocar no mercado de consumo produto ou serviço que sabe ou deveria saber apresentar alto grau de nocividade ou periculosidade à saúde ou segurança.

§ 1º O fornecedor de produtos e serviços que, posteriormente à sua introdução no mercado de consumo, tiver conhecimento da periculosidade que apresentem, deverá comunicar o fato imediatamente às autoridades competentes e aos consumidores, mediante anúncios publicitários.

§ 2º Os anúncios publicitários a que se refere o parágrafo anterior serão veiculados na imprensa, rádio e televisão, às expensas do fornecedor do produto ou serviço.

§ 3º Sempre que tiverem conhecimento de periculosidade de produtos ou serviços à saúde ou segurança dos consumidores, a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão informá-los a respeito.

Parágrafo único. Nos casos de descumprimento, total ou parcial, das obrigações referidas neste artigo, serão as pessoas jurídicas compelidas a cumpri-las e a reparar os danos causados, na forma prevista neste código.

Art. 23. A ignorância do fornecedor sobre os vícios de qualidade por inadequação dos produtos e serviços não o exime de responsabilidade.

Art. 24. A garantia legal de adequação do produto ou serviço independe de termo expresso, vedada a exoneração contratual do fornecedor.

Art. 25. É vedada a estipulação contratual de cláusula que impossibilite, exonere ou atenua a obrigação de indenizar prevista nesta e nas seções anteriores.

§ 1º Havendo mais de um responsável pela causação do dano, todos responderão solidariamente pela reparação prevista nesta e nas seções anteriores.

§ 2º Sendo o dano causado por componente ou peça incorporada ao produto ou serviço, são responsáveis solidários seu fabricante, construtor ou importador e o que realizou a incorporação.

A regulamentação brasileira busca garantir a segurança no consumo de bebidas energéticas, estabelecendo limites rigorosos para substâncias como cafeína e taurina, além de proteger o consumidor contra práticas enganosas. No entanto,

especialistas e órgãos de saúde pública continuam a recomendar mais pesquisas para avaliar os potenciais riscos associados ao consumo excessivo desses produtos, o que pode levar a futuras revisões e adaptações nas políticas existentes (Chen, 2019; Constantino *et al.*, 2023).

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia adotada envolveu a comparação das concentrações dessas substâncias em diversas bebidas energéticas com os limites estabelecidos pela legislação brasileira e internacional. De acordo com a ANVISA, o limite máximo permitido de cafeína nessas bebidas é de 35 mg/100 mL, enquanto o de taurina é de 400 mg/100 mL.

Os resultados dos estudos revisados revelaram variações consideráveis. Um exemplo é o trabalho de Cangani (2015), que desenvolveu um método para determinar simultaneamente as concentrações de cafeína e taurina em bebidas energéticas através da eletroforese capilar. Os dados indicaram que os níveis de cafeína variaram entre 16,68 mg e 34,64 mg por 100 mL, e os de taurina entre 188,97 mg e 614,19 mg por 100 mL. Ao confrontar esses valores com os limites legais, constatou-se que 68% das 22 amostras apresentavam menos cafeína do que o indicado nos rótulos, e 50% das 22 amostras excediam o limite permitido de taurina. Esses dados evidenciam a variação nas quantidades das substâncias encontradas em relação às informações declaradas pelos fabricantes.

Outro estudo, realizado por Fragoso (2023), utilizou a técnica de ressonância magnética nuclear quantitativa (RMNq) para quantificar a cafeína em diversas amostras de bebidas energéticas. Embora as concentrações de cafeína estivessem abaixo dos valores declarados em algumas amostras, todas as medições encontraram-se dentro dos limites estabelecidos pela ANVISA.

Com base nos dados coletados, verificou-se que, embora as amostras analisadas não tenham ultrapassado os limites legais de cafeína, a quantidade de taurina excedeu o permitido em algumas ocasiões. Esses resultados indicam a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa e um controle de qualidade mais eficaz das substâncias presentes em bebidas energéticas, dado que as discrepâncias entre o conteúdo declarado e o conteúdo real podem apresentar riscos à saúde dos consumidores.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bebidas energéticas tendo como principal alvo o público jovem, tem se tornado cada vez mais comum no dia a dia de estudantes e adolescentes. Porém é importante considerar os riscos à saúde que essas bebidas com grande quantidade de cafeína e açúcares podem causar a curto e longo prazo.

O consumo excessivo de cafeína pode levar à dependência, uma vez que o organismo se adapta neuroquimicamente, exigindo doses cada vez maiores para alcançar os mesmos níveis de prazer e disposição física, devido ao aumento da tolerância. Esse consumo excessivo é particularmente prejudicial para jovens em desenvolvimento, que são mais vulneráveis a efeitos adversos como insônia, ansiedade e outros problemas relacionados à saúde.

Além disso, o consumo exagerado de açúcares presentes nessas bebidas pode trazer doenças como obesidade e diabetes, prejudicando a saúde pública. Parte dos jovens que consomem bebidas energéticas não sabem os riscos que elas podem trazer, demonstrando a importância de ações educativas. Outro ponto de preocupação é a misturas dessas bebidas energéticas com bebidas alcoólicas, pois além de gerar comportamentos de riscos, pode levar a problemas cardiovasculares.

Existem regulamentações que são importantes, mas ainda não são o suficiente, é necessário implementar restrições mais rigorosas como a adoção de políticas que restringem a venda de bebidas energéticas a menores de idade por exemplo.

Foram analisadas as concentrações de cafeína e taurina em bebidas energéticas e comparado com os limites definidos pela ANVISA. (35 mg/100ml para cafeína e 400mg/100ml para taurina.). As amostras analisadas no estudo Cangani (2015) mostraram a concentração da taurina em 614,19mg/100ml, ultrapassando o limite legal. Essa diferença entre o conteúdo real e o descrito no rótulo demonstra a necessidade de uma fiscalização mais rigorosa, além da implementação de políticas mais severas, como restrições na venda de bebidas energéticas para menores de idade e campanhas de conscientização. Essas medidas são essenciais para reduzir os riscos à saúde e proteger os jovens de possíveis danos causados por essas bebidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albero, Bianca. **Café e saúde humana: uma revisão bibliográfica**. Revista Higei@, Santos, v. 3, n. 5, 2021. Disponível em: <<https://periodicosunimes.unimesvirtual.com.br/index.php/higeia/article/view/1265>>. Acesso em: 10 jun. 2024.

Alves, R. P. *et al.* **Evaluation of the Metabolic Profile of Arabica Coffee via NMR in Relation to the Time and Temperature of the Roasting Procedure**. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 32, p. 123-136, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/XtXFDgPqh66nwFtHrsxCrvz/?lang=en>. Acesso em: 30 set. 2024.

Andrade, J. *et al.* **Efeitos da cafeína no organismo humano**. Arq. Saúde, v. 27, n. 7, 2023. Recebido em: 27 jun. 2023. Aceito em: 27 jul. 2023. DOI: 10.25110/arqsaude.v27i7.2023-044. Disponível em: <https://unipar.openjournalsolutions.com.br/index.php/saude/article/view/10115>. Acesso em: 01 out. 2024.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Justificativas para os limites mínimos e máximos de nutrientes, substâncias bioativas e enzimas da proposta regulatória de suplementos alimentares. Gerência-Geral de Alimentos, Brasília - DF, 2018.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 719, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os requisitos sanitários das misturas para o preparo de alimentos e dos alimentos prontos para o consumo.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2022.

Araujo, Daniel *et al.* **Consumo de cafeína: uma abordagem bioquímica e sociocultural num ambiente escolar**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 7, p. 50071-50089, 20203. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/13751>. Acesso em: 30 set. 2024.

Baldwin, David. **Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental**. Vol. 39, n. 5, set. 2024. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10991077/2024/39/5>. Acesso em: 30 set. 2024.

Cangani, Alane Pereira. **Desenvolvimento, otimização e validação de método Para determinação simultânea de cafeína e taurina em bebidas energéticas por Eletroforese Capilar**. 2015. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/20.500.12733/1626228>>. Acesso em: 02 jun. 2024.

Choi, J. **Motivations Influencing Caffeine Consumption Behaviors among College Students in Korea: Associations with Sleep Quality**. *Nutrients*, v. 12, n. 4, p. 953, mar. 2020. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7231156/>. Acesso em: 28 set. 2024.

Constantino, G. *et al.* **Riscos e benefícios do consumo de bebidas energéticas para o sistema cardiovascular**. *Revista Brasileira de Cardiologia*, v. 38, n. 3, p. 105113, 2023.

Da Silva, João Marcos *et al.* **Influência da ingestão de cafeína nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas no treinamento de força: uma revisão crítica**. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, v. 16, n. 101, p. 530-539, 2022. Disponível em: <https://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/2056>. Acesso em: 30 set. 2024.

Eberle, M. E. L. *et al.* **Estudo comparativo de metodologias diferenciadas aplicadas na extração de cafeína em bebidas energéticas**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 2, p. [8592-8608], fev. 2020.

Ehlers, A. *et al.* **Risk assessment of energy drinks with focus on cardiovascular parameters and energy drink consumption in Europe**. *Food and Chemical Toxicology*, v. 130, p. 109-121, 2019. DOI: 10.1016/j.fct.2019.05.028. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691519302959>>. Acesso em: 25. set. 2025.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Scientific Opinion on the safety of caffeine.** EFSA Journal, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2011. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1972>. Acesso em: 25 set. 2024.

Fisberg, M. *et al.* **Consumo de bebidas energéticas por crianças e adolescentes.** Departamento Científico de Nutrologia, N° 10, 16 maio 2022. Disponível em: https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/23377c-DC-Consumo_BebEnergeticas_crc_e_adl.pdf. Acesso em: 27 de setembro de 2024.

Fragoso, Keven dos Santos. **Quantificação de cafeína em bebidas energéticas por Ressonância Magnética Nuclear Quantitativa de ¹H.** 2023. Universidade de Brasília, Brasília.

Giongo, Franciele Kich. **Efeitos da taurina em modelos pré-clínicos de esquizofrenia.** 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas: Farmacologia e Terapêutica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/247121/001146290.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 set. 2024.

Jesus, Laleska Katariny. **Determinação do teor de cafeína em energéticos.** Universidade de Uberaba - Curso de farmácia, 2019. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/1609>. Acesso em: 20 abr. 2024.

Li, P. *et al.* **Energy drinks and adverse health events in children and adolescents: uma revisão da literatura.** Nutrients, 15(11), 2537. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu15112537>. Acesso em: 27 de setembro de 2024

Mayo Clinic. **Caffeine content for coffee, tea, soda and more.** Healthy Lifestyle, Nutrition and healthy eating. FEV, 2020. Disponível em: <https://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/nutrition-andhealthyeating/indepth/caffeine/art-20049372>. Acesso em: 30 de Setembro 2024.

Maldonado, M. em Psic. Paola. **Efectos de la taurina y cafeína de las bebidas energizantes em el funcionamiento cardiovascular, psicológico y**

comportamental de los adolescentes. 2023. Tese (Doutorado em Ciências de los Alimentos y Salud Humana) – Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, San Agustín Tlaxiaca, 2023. Disponível em: <https://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/3170>. Acesso em: 25 set. 2024.

Mendes, K. A. *et al.* **O consumo inadequado de bebidas energéticas entre adolescentes.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, ETEC Trajano Camargo, Limeira, SP. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/11592/1/TCC%2Bfinalizado%2B%2B2022_abcdpdf_word_para_pdf.pdf. Acesso em: 01 out. 2024.

Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC No 273, de 22 de Setembro de 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0273_22_09_2005.html. Acesso em: 28 abr. 2024.

Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico para Composto Líquido Pronto Para Consumo - Portaria no 868, de 03 de novembro de 1998.

Mourão, Catarina Arsénio. **O impacto do consumo de bebidas energéticas na saúde do consumidor.** 2020. Monografia de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas – Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia, Lisboa. Orientador: Lúcia Maria Veloso Pinheiro. Disponível em: https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/52391/1/MICF_Catarina_Mourao.pdf. Acesso em: 01 out. 2024.

Nina, N. V. *et al.* **Phytochemistry divergence among guarana genotypes as a function of agro-industrial characters.** Crop Science, v. 61, n. 1, p. 443-455, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/csc2.20331>. Acesso em: 30 set. 2024.

Pallangyo, E. *et al.* **Global energy drink consumption: Cardiovascular risks and benefits.** Journal of Nutritional Science and Vitaminology, v. 69, n. 2, p. 145-154, 2023. Piccioni, Andrea *et al.* **Energy drinks: a narrative review of their**

physiological and pathological effects. Internal medicine journal, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32369250/>. Acesso em: 28 set. 2024.

Raj, Rishabh *et al.* **Removal of caffeine from wastewater using electrochemical advanced oxidation process: A mini review.** Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, v. 4, p. 100129, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016421000517>. Acesso em: 30 set. 2024.

Ramada, R., & Nacif, M. **Avaliação do consumo de bebidas energéticas por estudantes de uma universidade de São Paulo-SP.** Rbone – Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento, 13(77), 151-156, Jan./Fev. 2019. Disponível em: <https://www.rbone.com.br/index.php/rbone/article/view/905>. Acesso em: 28 set. 2024.

Samaha, A. *et al.* **Data on the relationship between caffeine addiction and stress among Lebanese medical students in Lebanon.** Data Brief, v. 28, n. 28, p. 104845, nov. 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31871988/>. Acesso em: 28 set. 2024.

Shabir, A. *et al.* **The influence of caffeine expectancies on simulated soccer performance in recreational individuals.** Nutrients, v. 11, n. 2289, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31557945/>. Acesso em: 30 set. 2024.

Somers, Kiran R.; Svatikova, Anna. **Cardiovascular and autonomic responses to energy drinks: clinical implications.** Journal of Clinical Medicine, v. 9, n. 2, p. 431, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32033367/>. Acesso em: 28 set. 2024.

Soos, Richard *et al.* **Effects of caffeine and caffeinated beverages in children, adolescents, and young adults: Short review.** Journal of Adolescent Health, v. 68, n. 3, p. 350-357, 2021.

Teng, Tatiana Kakinoki. **O consumo de bebidas energéticas e seus efeitos à saúde.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia-

Bioquímica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo,

2019. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/directbitstream/0d2d6e23-b64b-4a819112-67fefcd9fdbba/3055926.pdf>. Acesso em: 29 set. 2024.

Torres, Elizabeth A. F. S. *et al.* **Effects of the consumption of guarana on human health: A narrative review**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2021. Disponível em: <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/15414337.12862>. Acesso em: 30 set. 2024.

Ueda, K.; Nakao, M. **Effects of Transpulmonary Administration of Caffeine on Brain Activity in Healthy Men**. Brain Sci., v. 9, n. 222, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6769640/>. Acesso em: 30 set. 2024.

Vegro, Celso Luis Rodrigues; De Almeida, Luciana Florêncio. **Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics. In: Coffee consumption and industry strategies in Brazil**. Woodhead Publishing, 2020. P. 3-19. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128147214000019>. Acesso em: 30 set. 2024.