

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GENOTÓXICO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS EM JOVENS ESTUDANTES DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO, SP

EVALUATION OF THE GENOTOXIC POTENTIAL OF ENERGY DRINKS IN YOUNG STUDENTS OF THE MUNICIPALITY OF RIBEIRÃO PRETO, SP

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18019261>

FRANCISCO CESAR DE SOUSA E SILVA¹,

GILMARA AUSECH ANTONUCCI²

¹Biólogo graduado pela Universidade Paulista, UNIP; Mestre em Ciências pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, USP
[fcsilva60@gmail.com]

² Doutora em Ciências – Habilitação Genética pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, USP; Diretora Científica e Proprietária da Genethos – Consultoria em Teste Genéticos.[gilmara.antonucci@gmail.com]

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar a influência do hábito de consumo de bebidas energéticas sobre a frequência de aberrações cromossômicas, quando comparado a indivíduos voluntários que não ingerem essa bebida (amostra controle). Como estratégias metodológicas foram realizadas amostras de sangue periférico de 10 jovens estudantes usuários de bebidas energéticas na faixa etária entre 19 e 25 anos. Como grupo controle do estudo foram utilizadas amostras de sangue de 10 jovens com idade entre 19 e 25 anos que não ingerem bebidas energéticas. O parâmetro de análise para estas células em cultura foi a frequência de aberrações cromossômicas. Este trabalho relata e comprova a hipótese levantada, uma vez que houve um aumento considerável de danos cromossômicos em voluntários que ingerem bebidas energéticas. Assim, para as condições experimentais testadas podemos inferir que as bebidas energéticas foram indutoras de danos cromossômicos e que sua ingestão em demasia poderia levar ao acúmulo deste tipo de danos podendo favorecer o surgimento de doenças como câncer.

Palavras-Chave: Aberrações cromossômicas. Bebidas energéticas. Câncer. Genética.

ABSTRACT

The objective of the present study was to investigate the influence of the consumption habit of energy drinks on the frequency of chromosomal aberrations when compared to a control sample (voluntary individuals who do not ingest this beverage). As a methodological strategy, peripheral blood cultures of 10 young students who consumed energy drinks between the ages of 19 and 25 were performed. As the control group of the study, blood samples from 10 young people between the ages of 19 and 25 who did not ingest energy drinks were used. The parameter of analysis for these cells in culture was the frequency of chromosomal aberrations. This work reports and proves the hypothesis raised, since there was a considerable increase of chromosomal damage in volunteers who ingest energy drinks. Thus, for the experimental conditions tested we can infer that energy drinks were inducers of chromosomal damage and that their ingestion too much could lead to the accumulation of this type of damage and may favor the emergence of diseases such as cancer.

Keywords: Chromosomal aberrations. Energy drinks. Cancer. Genetics

Introdução

As bebidas energéticas surgiram no final da década de 1980 com o objetivo principal de fornecer energia e melhorar o desempenho físico e mental (Rodak et al., 2021). Compostas por ingredientes como cafeína, taurina e vitaminas do complexo B, essas bebidas conquistaram rapidamente o público jovem e atletas.

Dentre os componentes ativos, a cafeína destaca-se como o principal estimulante do sistema nervoso central (SNC). Trata-se de uma metilxantina lipossolúvel com rápida absorção gastrointestinal, cujos efeitos incluem aumento do estado de alerta, redução da fadiga e melhora do desempenho cognitivo e físico. Contudo, o consumo diário de cafeína acima de 400 mg tem sido associado a alterações fisiológicas como aumento da pressão arterial, distúrbios do sono e do humor (Reddy et al., 2024).

No entanto, mais do que os efeitos fisiológicos agudos como taquicardia e insônia (Celi et al., 2022; Soós et al., 2021), um aspecto de grande preocupação na saúde pública reside na possível genotoxicidade associada ao consumo excessivo dessas substâncias. Evidências científicas têm indicado que a cafeína e compostos relacionados possuem potencial para interagir com o material genético (DNA), o que pode provocar alterações cromossômicas e mutações gênicas (Kumar et al., 2022).

Essas alterações, quando acumuladas, podem levar à instabilidade genômica, caracterizada pelo aumento significativo na frequência de danos ao material genético celular. A instabilidade genômica é considerada um dos mecanismos centrais que favorecem o surgimento de processos mutagênicos e, consequentemente, carcinogênicos (Kumar et al., 2022). Assim, o consumo excessivo de bebidas energéticas, especialmente entre adolescentes e universitários, levanta a necessidade crítica de se investigar o seu impacto direto sobre o DNA, como a indução de aberrações cromossômicas, que é o foco central deste estudo. A instabilidade genômica, por sua vez, caracteriza-se pelo aumento significativo da frequência de danos ao material genético celular, sendo considerada um dos mecanismos centrais na gênese do câncer.

Frente a esse cenário, esta pesquisa tem como objetivo analisar os possíveis efeitos do consumo de bebidas energéticas sobre o material genético, especialmente em jovens, por meio da observação de alterações cromossômicas em linfócitos do sangue periférico. Os dados foram obtidos a partir de cultivos celulares, bem como por meio da análise crítica da literatura científica atual.

Metodologia

O estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Paulista e aprovado sobre o número 1.222.527. Para sua realização foi elaborado um questionário, contendo 10 questões objetivas e 04 questões discursivas que em sua maioria deveriam ser respondidas com “sim” ou “não”. Tais questões forneceram informações importantes para a pesquisa que

permitiram gerar gráficos comparativos e tabelas para organizar as informações realizando inicialmente uma pesquisa epidemiológica com os voluntários.

Na fase laboratorial os linfócitos foram obtidos da coleta de 5 mL de sangue de 10 jovens usuários de bebidas energéticas com idade entre 19 e 25 anos. Como controle negativo das amostras foram utilizadas amostras de sangue de jovens que não usam bebidas energéticas. Foram realizadas culturas com 48 horas, armazenadas em estufa a 37°C até a colheita dos linfócitos. Após 46h:30 min, foi adicionada colchicina (0,016%) nas culturas e após 1h 30 min foi realizada a fixação (aproximadamente 48h). As culturas foram mantidas em meio completo contendo 80% de meio de cultura RPMI 1640 (Sigma), suplementado com estreptomicina (0,01 mg/ml), penicilina (0,005 mg/ml), 20 % de soro bovino fetal (Cultilab) e 2% de fitohemaglutinina (Gibco). As preparações citológicas para a obtenção das metáfases de linfócitos do sangue periférico humano seguiram a técnica de Moorhead e outros (1960), conforme se segue: coletou-se 5 ml de sangue periférico de cada indivíduo por punção venosa, utilizando-se agulhas e seringas descartáveis contendo Lique mine (Lab. Roche 5.000 18 UI/ ml). Após a coleta, o sangue foi transferido para tubos de ensaio estéreis, e mantidos em repouso por algumas horas à temperatura ambiente, para sedimentação das hemácias e separação do plasma e da camada branca (pellet).

Adicionou-se aproximadamente 1 ml de plasma, com o auxílio de uma pipeta Pasteur, em cada frasco de cultura contendo um volume de 5 ml de meio de cultura completo. Os frascos foram mantidos na estufa á 37°C até que se completasse o tempo de cultivo.

Adicionou-se a colchicina (Sigma) em cada frasco de cultura na concentração final de 0,4µg/ml, 90 minutos antes da fixação.

Após o tempo de cultivo, foi iniciada a colheita, agitando os frascos para desprender as células, transferindo o material dos frascos para os tubos de centrifuga, e o material foi centrifugado a 800 rpm por 5 minutos.

Descartou-se o sobrenadante e as células foram ressuspensas em 5 ml de solução hipotônica (KCl 0,075 M) e deixada na estufa a 37°C por 10 minutos. Após, o material foi centrifugado a 800 rpm por 5 minutos.

Após esse procedimento, o sobrenadante foi descartado e adicionou-se 5 ml de um fixador recém-preparado (Metanol Ácido Acético na proporção 3:1), ressuspendendo-se bem, e centrifugando por 5 minutos. Adicionou-se este fixador por mais duas vezes, centrifugando e deixando apenas o material suficiente para a confecção das lâminas. Deixando as células em repouso por, no mínimo, 1 hora.

Posteriormente, o material fixado foi gotejado em lâminas limpas e mantidas em água destilada gelada por aproximadamente 24h, passando em seguida na chama a fim de espalhar melhor o material. Para análise convencional de aberrações as lâminas foram coradas com Giemsa na proporção de 1: 30 (Giemsa: Tampão fosfato Sorensen).

A análise citogenética foi realizada em microscópio de luz clara (Nikon) com a finalidade de se detectar possíveis alterações cromossômicas estruturais do tipo “gaps” e quebras cromatídicas e cromossômicas com a coloração de Giemsa. A análise dos cromossomos deu-se em objetiva de imersão (100 X) e em teste cego para evitar a tendenciosidade na interpretação dos resultados. As aberrações cromossômicas (ACs) foram denominadas de acordo com SAVAGE (1976). Nos ensaios in vitro para ACs foram analisadas 100 metáfases por indivíduo, e para a medição do índice mitótico foram contadas 1000 células por indivíduo.

Resultados

A fim de proporcionar uma melhor compreensão, o levantamento de dados por meio de questionários foi de grande valia para essa pesquisa, de modo a gerar resultados que foram expostos em tabelas e gráficos. O Gráfico 1 indica uma discreta relação entre o uso de bebidas energéticas com o uso de drogas ilícitas.

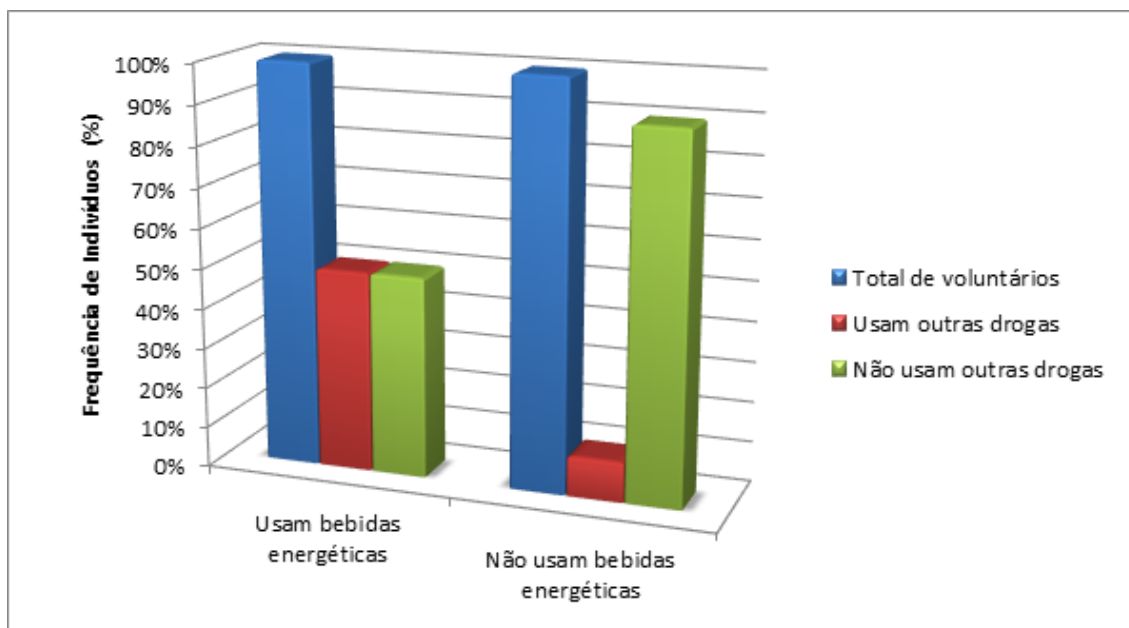


Gráfico 1: Dados representativos da diferença da frequência de indivíduos que usam drogas ilícitas associando a uso de bebidas energéticas. Dados originados por meio de questionários. (20 indivíduos). Fonte: Os autores (2017).

Por meio dos questionários aplicados foi possível observar uma alta frequência de ingestão de bebidas energéticas em associação com bebidas alcoólicas.

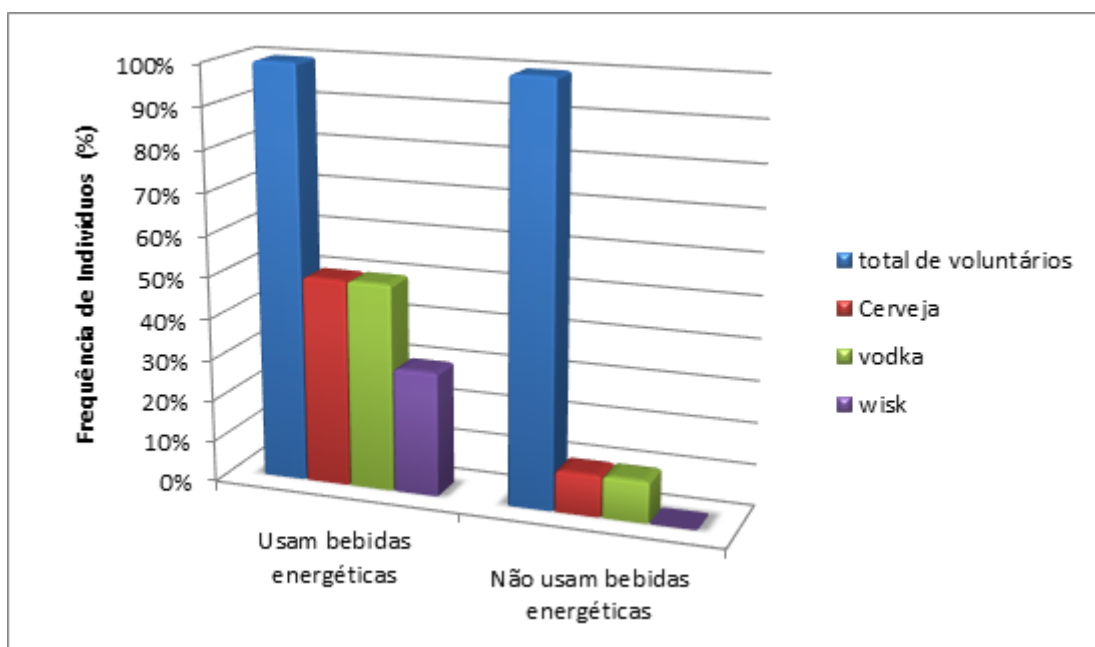


Gráfico 1: Dados representativos que indicam a frequência de indivíduos (%) por tipo de bebidas (20 indivíduos). Fonte: Os autores (2017).

No gráfico 3 temos a representação dos tipos de drogas que estão mais associadas com as bebidas energéticas.

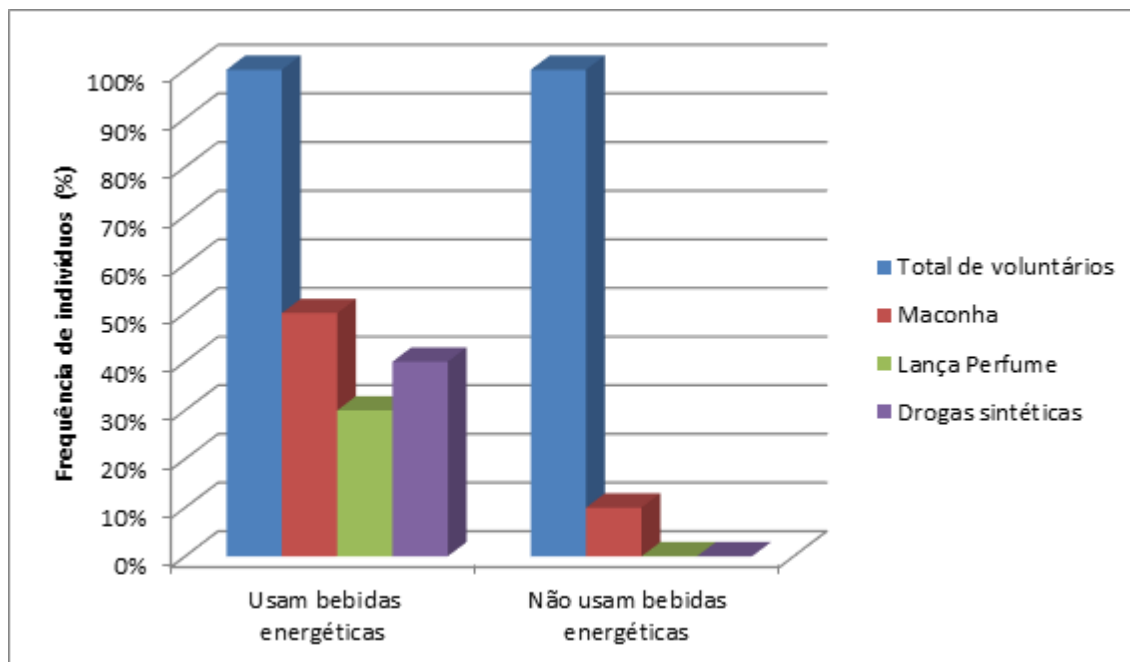


Gráfico 3: Dados representativos do uso de bebida energética e sua influência sobre o uso de drogas ilícitas. (Total em 20 indivíduos). Fonte: Os autores (2017).

No gráfico 4 é possível observar a relação de quebras em voluntários que usam e que não usam bebidas energéticas.

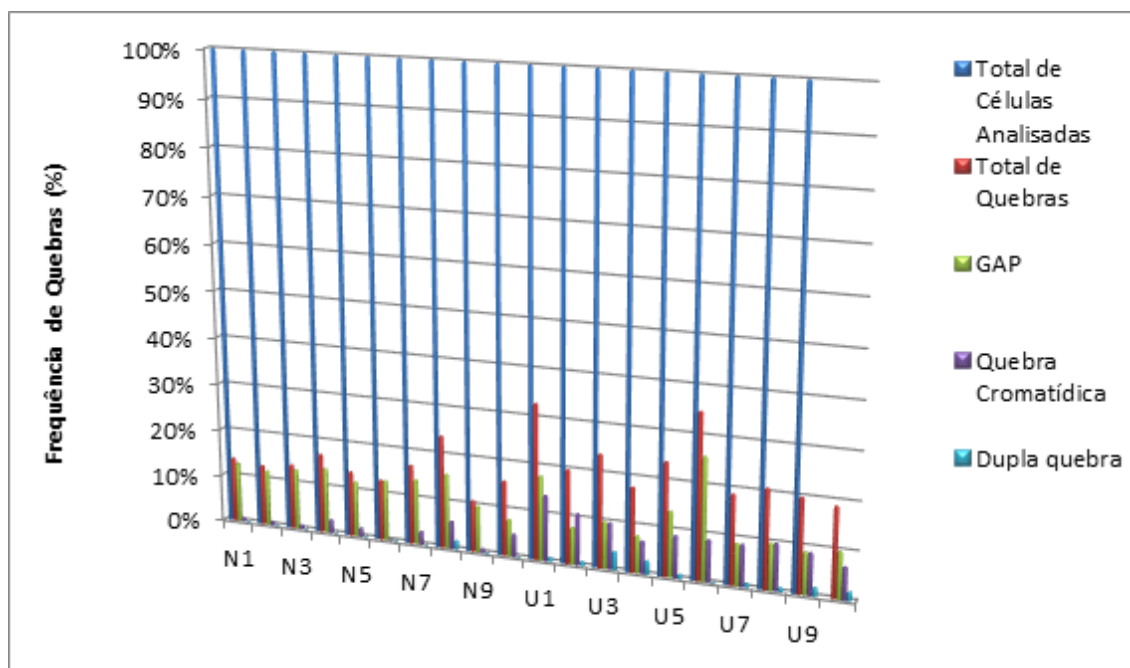


Gráfico 4: Dados representativos da frequência de quebras cromossômicas e cromatídicas. Foram analisadas 100 células/indivíduo. N1 à N10 aos voluntários controle que não usam bebidas energéticas. U1 à U10 voluntários usuários de bebidas energéticas. (Total em 20 indivíduos). Fonte: Os autores (2017).

Pela tabela 1 podemos observar a frequência relativa de quebras encontradas nos voluntários. Da mesma forma que é possível observar que em voluntários que ingerem bebidas energéticas há um considerável aumento de quebras cromatídicas enquanto os que não usam bebidas energéticas têm a frequência de “gaps” mais elevada.

Tabela 1: Dados representativos em frequência relativa dos números de quebras cromatídicas observadas. Foram analisadas 100 células em metáfase. (Total em 20 indivíduos). Fonte: Os autores (2017).

Voluntários	GAP (%)	Quebra Cromatídica (%)	Dupla Quebra (%)
N1	13	1	-
N2	12	1	-
N3	13	1	-
N4	14	3	-
N5	12	2	-
N6	13	-	-
N7	14	3	-
N8	16	6	2
N9	10	1	-
N10	8	5	-
U1	18	14	1
U2	8	11	1
U3	10	10	4
U4	8	7	3
U5	14	9	1
U6	26	9	-

U7	9	9	1
U8	10	10	1
U9	9	9	2
U10	10	7	2

Discussão

Com base nos resultados obtidos por meio dos questionários aplicados, 50% dos voluntários usuários de bebidas energéticas também relataram o uso de drogas ilícitas (Gráfico 1). Um estudo recente com universitários demonstrou associação entre o consumo frequente de bebidas energéticas e o uso posterior de substâncias como maconha e tabaco (Hladun et al., 2021).

Inicialmente, os participantes relataram o uso das bebidas energéticas com bebidas alcoólicas, padrão observado em nossos dados (Gráfico 2) e posteriormente a associação com substâncias ilícitas (Gráfico 1), sugerindo que as bebidas energéticas podem funcionar como porta de entrada para outras drogas.

No Gráfico 2 observa-se uma elevada frequência de voluntários que consomem bebidas energéticas junto ao álcool. Estudos recentes também observaram esse padrão de uso combinado, como os de Scalese et al. (2023) e Brunborg et al. (2022). Acredita-se que a cafeína presente nas bebidas energéticas atue mascarando os efeitos depressivos do álcool, levando a um consumo aumentado e maior propensão a riscos de acidentes e comportamento impulsivo (Cisowska et al., 2025).

Entre os participantes, uma voluntária relatou não consumir bebidas energéticas devido a efeitos colaterais como insônia, irritabilidade, ansiedade e náuseas. Esses sintomas foram descritos em diversos estudos recentes que analisaram os efeitos adversos da cafeína em indivíduos sensíveis ou expostos a altas doses (Rodak et al., 2021; Soós et al., 2021).

Dos 10 voluntários consumidores de bebidas energéticas, 7 são homens. Dados atuais confirmam que o consumo dessas bebidas é mais frequente entre

homens jovens, especialmente na faixa etária de 18 a 34 anos (Markon et al., 2023).

Segundo Adedeji (2025), fatores de estilo de vida como sedentarismo, tabagismo e dietas inadequadas estão relacionados ao aumento de danos ao DNA, incluindo alterações cromossômicas. Esses achados ajudam a sustentar nossos resultados, considerando o aumento da frequência de “gaps” em voluntários não usuários de bebidas energéticas, mas expostos a outros fatores ambientais.

Além disso, sabe-se que a cafeína interfere diretamente no ciclo celular, podendo contribuir para danos genéticos (Meisaprow et al., 2024). Um exemplo relevante em nossos dados é a voluntária N8, que não consome bebidas energéticas, mas relatou ingerir diariamente ao menos duas latas de refrigerante à base de cola. Como a cafeína é um componente comum entre refrigerantes e energéticos, somado ao estilo de vida sedentário, é plausível que esses fatores contribuam para o aumento de “gaps” cromossômicos.

No voluntário N 1, observou-se uma baixa porcentagem de quebras, porém, uma alta frequência de “gaps”, o que pode ser atribuído a hábitos alimentares inadequados e à ausência de atividade física. Estilo de vida inadequado pode gerar acúmulo de radicais livres, que se ligam ao DNA, promovendo instabilidade genômica (Yuwono et al., 2021). Por outro lado, nos voluntários U5 e U6, que consomem bebidas energéticas, foi registrada uma menor ocorrência de “gaps”, porém um aumento significativo de quebras cromatídicas. Um padrão semelhante foi observado no estudo de Fernández et al (2021), onde os autores mostraram que os componentes presentes nas bebidas energéticas são muito mais tóxicas ao nosso DNA.

Conclusões

De acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que, as bebidas energéticas quando ingeridas em demasia podem acarretar danos ao DNA. Para as condições experimentais testadas foi possível observar um aumento da frequência de “gaps” e quebras cromatídicas. Desta forma, os resultados sugerem que o acúmulo destes danos poderia estar associado a uma

carência do reparo celular, contextualizando posteriormente no aparecimento de doenças como o câncer.

Agradecimentos

Agradecimentos a Universidade Paulista – UNIP, pela estrutura oferecida para o desenvolvimento do referido projeto de pesquisa para o Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas. A Profa Dra Catarina Satie Takahashi, chefe do Laboratório de Citogenética e Mutagênese da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, USP, por gentilmente ceder as dependências do laboratório para a realização de algumas etapas referidas na metodologia deste estudo.

Referências

ADEDEJI, T. G. The Epigenetic Impact of Lifestyle Factors on Metabolic Syndrome: A Systematic Review. **Journal of Clinical Sciences** 22(2): 108-118, DOI: 10.4103/jcls.jcls_28_25, 2025.

BRUNBORG, S. G; RANINEN, J; ANDREAS, J. B. **Energy Drinks and Alcohol Use Among Adolescents: A Longitudinal Study, Drug and Alcohol Dependence**, 241, 109666, <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2022.109666>, 2022.

CELI E; ESPINOZA C; PAREDES A; FABARA J; VELIN D. The Impact of Caffeine and Energy Drinks on Health, Especially in High- Performance Athletes. **Health Sci J**. Vol. 16 No. S7: 949, DOI:10.36648/1791-809X.16.S7.949, 2022.

CISOWSKA, Z.; ZDYCH, M.; CHUDZIK, P.; BODZIONY, M.; TEREBUS, A.; GAWEŁ-DĄBROWSKA, D. Alcohol Mixed with Energy Drinks (AmED): A Perfect Recipe for Disaster. An Analysis of AmED Consumption and Potential Health Effects. **Quality in Sport**, 41, 60354. <https://doi.org/10.12775/QS.2025.41.60354>, 2025.

HLADUN, O; PAPASEIT, E; MARTÍN, S; BARRIOCANAL, A. M; POYATOS, L; FARRÉ, M; PÉREZ-MAÑÁ, C. Interaction of Energy Drinks with Prescription Medication and Drugs of Abuse. **Pharmaceutics**, 13(10), 1532. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13101532>, 2021.

KUMAR M, ZILATE S, GUPTA C. **Effect of Stress and Caffeine on Male Infertility.** *Cureus* 14(8): e28487. DOI 10.7759/cureus.28487, 2022.

MARKON, A. O; DING M; CHAVARRO J. E; WOLPERT B. J. Demographic and behavioural correlates of energy drink consumption. **Public Health Nutrition.** 26(7):1424–35. doi:10.1017/S1368980022001902, 2023

MATEO-FERNÁNDEZ, M; VALENZUELA-GÓMEZ, F; FONT, R; DEL RÍO-CELESTINO, M; MERINAS-AMO, T; ALONSO-MORAGA, Á. In Vivo and In Vitro Assays Evaluating the Biological Activity of Taurine, Glucose and Energetic Beverages. **Molecules**, 26, 2198. <https://doi.org/10.3390/molecules26082198>, 2021.

MEISAPROW, P; AKSORN, N; VINAYANUWATTIKUN, C; CHANVORACHOTE, P; SUKPRASANSAP, M. Caffeine Induces G0/G1 Cell Cycle Arrest and Inhibits Migration through Integrin α_v , β_3 , and FAK/Akt/c-Myc Signaling Pathway. **Molecules**, 26, 7659. <https://doi.org/10.3390/molecules26247659>, 2021.

REDDY, V. S; SHIVA, S; MANIKANTAN, S; RAMAKRISHNA, S. Pharmacology of Caffeine and its Effects on the Human Body, **European Journal of Medicinal Chemistry Reports**, 10, 100138, <https://doi.org/10.1016/j.ejmcr.2024.100138>, 2024.

RODAK, K; KOKOT, I; KRATZ, E. M. Caffeine as a Factor Influencing the Functioning of the Human Body—Friend or Foe? **Nutrients**, 13, 3088. <https://doi.org/10.3390/nu13093088>, 2021.

SCALESE M; BENEDETTI E; CERRAI S; COLASANTE E; FORTUNATO L; MOLINARO S. **Alcohol Versus Combined Alcohol and Energy Drinks Consumption: Risk Behaviors and Consumption Patterns Among European Students,** *Alcohol*, 110, 15-21, <https://doi.org/10.1016/j.alcohol.2023.02.001>, 2023.

SOÓS, R; GYEBROVSZKI, Á; TÓTH, Á; JEGES, S; WILHELM, M. Effects of Caffeine and Caffeinated Beverages in Children, Adolescents and Young Adults: Short Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18, 12389. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312389>, 2021.

YUWONO N. L; WARTON, K; ELIZABETH FORD C. E. **The Influence of Biological and Lifestyle Factors on Circulating cell-free DNA in Blood Plasma.** *eLife* 10: 69679 <https://doi.org/10.7554/eLife.69679>, 2021.