1147 – ANÁLISE DE AMOSTRAS DE EFLUENTES DE BANHEIROS QUÍMICOS PARA ESTIMAR O CONSUMO DE DROGAS ILÍCITAS DURANTE O CARNAVAL EM BELO HORIZONTE/MG

Carollina Maria Chávez[(1)]
Estudante de Engenharia Civil da Universidade Federal de Minas Gerais. Foi aluna de Iniciação Científica no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG). Estagiária no Centro de Referencia de Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto (CR ETES).
Magno Lange Albuquerque [(2)]
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais. Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG).
Daniel Aparecido da Silva Rodrigues [(3)]
Químico Industrial, Mestre em Ciências Naturais (geoquímica) e Doutor em Química pela Universidade Federal de Ouro Preto. Foi Professor temporário no IFMG e UFOP. Residente pós-doutoral no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG), atua no desenvolvimento de métodos analíticos (HPLC-MS e GC-MS) para quantificação de compostos orgânicos em matrizes ambientais.
Maria Clara Vieira Martins Starling [(4)]
Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais (2013), com período sanduíche na Universidade de Minnesota (EUA, 2012-2013). Mestre e Doutora em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos (2018) com período sanduíche na Université de Lille 1 - Sciences et Technologies (ERASMUS iBrasil). Professora Adjunta e Pesquisadora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG) tendo sido professora Visitante Fulbright na Escola de Saúde Pública da Universidade de Minnesota (EUA, 2022).
Thiago de Alencar Neves [(5)]
Químico (2008) e Mestre em Engenharia de Edificações e Ambiental (2011) pela Universidade Federal de Mato Grosso. Doutor em Química Analítica pela Universidade Estadual de Campinas (2018). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG) e do programa de pós graduação em saneamento, meio ambiente e recursos hídricos (SMARH-UFMG).

Endereço[(1)]**:** Rua dos Aeroviários, nº 361 - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31.270-330 - Brasil - Tel: +55 (31) 99349-0465 - e-mail: **carollinachavezcmc@gmail.com** e **thiago@desa.ufmg.br**.

RESUMO

O estudo utilizou a epidemiologia do esgoto como ferramenta para investigar o consumo de drogas ilícitas, cocaína e MDMA, em banheiros quimicos durante o carnaval de Belo Horizonte, em 2024. A amostragem ocorreu diretamente de caminhões de sucção que transportavam o efluente antes de ser lançado na estação de tratamento de esgoto. As amostras foram preparadas pelo método de extração em fase sólida (SPE) e os resultados extraídos pela análise em HPLC acoplado a espectrômetro de massas triplo quadrupolo (MS/MS). Os dados obtidos confirmaram elevadas concentrações das drogas investigadas, o que sugere o aumento do consumo durante o período festivo. Com isso, foi estimado o consumo de drogas para cinco diferentes regiões de Belo Horizonte, o qual foi comprovado o maior consumo dessas substâncias no centro da cidade, onde ocorrem a maioria dos blocos de carnaval. Além disso, a caracterização físico-química apontou um efluente não-biodegradável, com altos níveis de poluentes, o que sugere maior complexidade para estações de tratamento de pequeno porte. Diante disso, o estudo destaca a necessidade de estratégias de gestão de efluentes e políticas públicas para mitigar os impactos ambientais e de saúde associados ao aumento do consumo de drogas em períodos específicos.

PALAVRAS-CHAVE: Banheiros químicos, drogas ilícitas, carnaval de Belo Horizonte, cromatografia líquida, epidemiologia do esgoto.

INTRODUÇÃO

A epidemiologia baseada em águas residuais é uma ferramenta que tem como objetivo identificar e quantificar substâncias excretadas pela população. Resíduos de drogas lícitas e ilícitas, desreguladores endócrinos, produtos farmacêuticos ativos e uma variedade de substâncias (micropoluentes - MPs) vêm sendo investigadas em amostras ambientais (MARSON et al., 2022). A epidemiologia dos esgotos (EE) destacou-se para o monitoramento do RNA do vírus SARS-CoV-2, visando identificação de locais prioritários durante a pandemia do COVID-19 (CASTRO et al., 2021; DE ARAÚJO et al., 2022). Além disso, segundo Sodré et al. (2022), a EE é utilizada para estimar a população exposta aos MPs, especialmente a drogas ilícitas. Não obstante, essa ferramenta fornece informações relacionadas ao uso dessas drogas em datas especiais, tais como feriados nacionais e eventos populares, fornecendo uma visão sobre as tendências temporais e espaciais de sua utilização (BADE et al., 2023).

Durante os períodos festivos, espera-se o aumento do consumo de álcool e drogas ilícitas. O maior festival de rua do mundo é o Carnaval brasileiro. O aumento do consumo de drogas recreativas e ilícitas durante períodos festivos tornou-se uma preocupação significativa para organizações nacionais e internacionais. Essa tendência abrange substâncias como cannabis, cocaína, ecstasy, anfetaminas e até medicamentos como o Viagra.

Belo Horizonte (BH) é a capital do estado de Minas Gerais e abriga quase 3 milhões de pessoas. Nos últimos 10 anos, BH tem atraído pessoas de todo o Brasil no carnaval. Em 2024, por exemplo, foram reportados 262 mil turistas na cidade, atingindo um número recorde. O carnaval em BH é conhecido pelos "blocos de rua", que ocorrem em locais e horários previamente programados pela prefeitura. Com o rápido aumento da população na cidade durante o carnaval, torna-se necessário alocar soluções temporárias para garantir condições sanitárias adequadas durante o evento. Uma alternativa é a instalação de banheiros químicos portáteis (BQP) em regiões estratégicas da cidade.

Os banheiros químicos são usados, principalmente, pelos foliões e os resíduos coletados nesses dispositivos podem ser explorados para o estudo da epidemiologia do esgoto. A partir desse efluente é possível analisar a presença de drogas recreativas e seus metabólitos, coletar informações sobre o consumo de drogas em uma população específica e desenvolver cenários ou perfis de consumo da população.

OBJETIVOS

Estimar o consumo de drogas ilícitas (mais especificamente cocaína e MDMA) durante o carnaval de 2024 na região metropolitana de Belo Horizonte, através das concentrações das drogas encontradas em efluentes de banheiros químicos.

METODOLOGIA UTILIZADA

A coleta das amostras de BQP foram realizadas na saída dos caminhões de sucção, antes do lançamento do efluente no sistema da estação de tratamento de esgoto. Cada caminhão carregava o efluente coletado de pontos específicos das ruas de Belo Horizonte. Para cada caminhão de sucção foi coletado em torno de 1 L de amostra em frascos de vidro âmbar devidamente preparados.

Após as coletas, as amostras foram preservadas de acordo com a ABNT NBR 9898/1987 para realização da caracterização físico-química (pH, cor, sólidos totais e dissolvidos, turbidez, Demanda Química de Oxigênio - DQO e Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO).

A separação e concentração dos analitos (cocaína e MDMA) das amostras ocorreu pelo método de extração em fase sólida (SPE). As amostras foram descongeladas até a temperatura ambiente e filtradas através de um filtro de fibra de vidro (0,7 µm), posteriormente o pH foi ajustado para 3,00 utilizando ácido HCl concentrado (100%). Os cartuchos (Strata-X 33 µm, 500 mg/6) foram condicionados da seguinte forma: 5,00 mL de MeOH, 5,00 mL de água ultrapura e 5,00 mL de água ultrapura (pH 3,00). As amostras foram percoladas (aproximadamente, 200 mL de cada) através de cartuchos individuais. O clean-up do cartucho ocorreu por meio da pipetagem de 10 mL de água ultrapura imediatamente após a percolação da amostra. Em seguida, os cartuchos secos sob vácuo por 15 minutos. A eluição de cada cartucho foi realizada com 6 mL de MeOH como solvente, as amostras extraídas foram alocadas em tubos falcon. Após esse processo, cada amostra foi filtrada por membranas de seringa PVDF (0,22 µm) e armazenada em um vial (1,5 mL). Por fim, as amostras extraídas por SPE passaram por análises instrumentais utilizando HPLC acoplado a MS/MS (espectrômetro de massas triplo quadrupolo) equipado com fonte de ionização por eletrospray (ESI)

(LCMS 8040, Shimadzu, Japão).

A separação cromatográfica foi realizada utilizando uma coluna analítica Shim-pack XR-ODS II C18 (75 mm × 2,0 mm diâmetro interno; tamanho de partícula de 2,2 µm, Shimadzu) acoplada a uma coluna de proteção Shim-pack GIST-HP (G) C18 (10 mm × 3,0 mm diâmetro interno; tamanho de partícula de 3,0 µm, Shimadzu). A temperatura do forno da coluna foi ajustada para 40 °C. As condições de separação foram as seguintes: (A) água ultrapura e (B) acetonitrila, ambas com 0,1% de ácido fórmico. O gradiente de eluição utilizado foi: condições iniciais 15% B; 0–0,5 min, 15–95% B; 0,5–2,5 min, 2,5–4,5 min, 95% B; de 4,5 a 5,5 min, retorno às condições iniciais; 5,5–6,5 min, equilíbrio da coluna. A taxa de fluxo da fase móvel foi de 0,35 mL min^{-1}. O volume injetado foi de 5 µL.

Os parâmetros operacionais do MS utilizados foram: voltagem da capilar: 4,5 kV; temperatura da linha de dessolvatação (DL): 250 °C; temperatura do bloco de aquecimento (HB): 400 °C; fluxo de gás de secagem (N_2): 15 L min^{-1}; fluxo de gás nebulizador (N_2): 3 L min^{-1}; gás de dissociação induzida por colisão (CID): Argônio 5.0 e pressão no CID: 230 kPa. Os analitos foram determinados por monitoramento de reações múltiplas (MRM) no modo de ionização positiva (ESI+). A otimização das condições do MS/MS para o modo MRM foi realizada utilizando infusão direta de cada padrão (MDMA e cocaína) a uma concentração de 1000 µg L^{-1}. As duas transições mais intensas de cada composto foram monitoradas. A transição do íon produtor com maior intensidade foi utilizada para quantificação das drogas ilícitas e a outra para identificação.

As estimativas de consumo de cocaína e MDMA com base nas concentrações detectadas nas amostras de BQP, em mg/dia1000hab, foram realizadas com base nas equações 1 e 2:

$$Ca = c \times v \times \frac{100}{100 + est} \times \frac{100}{100 - sor} \times 10^{-3} \qquad (1)$$

$$Co = 1000 \times Ca \times \frac{1}{excr} \times \frac{MWpar}{MWcomp} \times \frac{1000}{pop} \qquad (2)$$

Onde cada incógnita representa:
c = Concentração do composto (µg/L);
v = volume do efluente em um período de 24 horas (m^3) - foi considerado que os caminhões limpa fossa continham o volume de 1 dia;
est = Alteração na estabilidade de cada composto (%) após 12 horas;
sor = Sorção (%) de cada composto para partículas em suspensão (SPM);
Ca = Quantidade do composto (µg/dia);
excr = Percentual de excreção do composto;
MWpar = Massa molecular do composto original;
MWcomp = Massa molecular do composto;
pop = População em estudo - foram considerados 1000hab.

Os valores usados para estimar o uso de cocaína e MDMA estão representados na Tabela 1**: Valores utilizados na Eq. 1 e 2 . para estimar o uso da cocaína e MDMA** (Baker et al., 2014):

Composto	Estabilidade (%)	Sorção ao SPM (%)	% da dose excretada do composto	Razão molar (parente/composto)
Cocaína	-7.7	1.4	1.53	1.0
MDMA	1.4	1.1	20.3	1.0

Tabela 1: Valores utilizados na Eq. 1 e 2 . para estimar o uso da cocaína e MDMA.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de efluentes coletadas dos banheiros químicos utilizados durante o Carnaval de Belo Horizonte em 2024 apresentaram variações significativas nos parâmetros físico-químicos analisados, além de indicarem a presença de poluentes orgãnicos e inorgânicos nos efluentes. Os valores de pH oscilaram entre 8,43 e 9,12, indicando caráter alcalino. A cor variou de 182 a 460 mg/L PtCo, enquanto a turbidez apresentou uma ampla faixa, de 365 a 5000 NTU. A concentração de sólidos totais foi elevada em todas as amostras, com valores entre 8.755 e 49.110 mg/L. A demanda química de oxigênio (DQO) variou entre 1.076 e 11.890 mg/L,

enquanto a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) esteve entre 192 e 1.925 mg/L. A razão DQO/DBO observada é elevada, a exceção da amostra 2, o que indica que o efluente de BQP é não biodegradável, ou seja, contém substâncias que não podem ser facilmente decompostas por processos biológicos. Essa característica também pode representar desafios para sistemas de tratamento de esgoto, especialmente os menores, que podem ter dificuldades para tratar esses efluentes de maneira eficaz. Ademais, como as amostras representam diferentes localidades da região metropolitana de Belo Horizonte, elas fornecem uma visão abrangente da matriz

A análise de amostras de BQP localizados em cinco diferentes regiões de Belo Horizonte, realizada por LC-MS/MS, indicou a presença de cocaína e MDMA. A concentração dessas drogas ilícitas foi relatada em partes por bilhão (ppb) e em partes por milhão (ppm) (Tabela 2**: Concentração de cocaína e MDMA no efluente de banheiros químicos no carnaval de BH de 2024**) e superou as concentrações inicialmente esperadas considerando as concentrações reportadas em outros estudos.

Amostra	Volume dos caminhões (m^3)	Concentração de Cocaína (µg/L)	Concentração de MDMA (µg/L)
1	10,7	0,2	1,0
2	7	23,0	681,3
3	4,5	8,5	262,5
4	6	10,2	1414,5
5	5	5,3	501,7

Tabela 2: Concentração de cocaína e MDMA no efluente de banheiros químicos no carnaval de BH de 2024.

O resultado das amostras revelou variações significativas nas concentrações de cocaína e MDMA, refletindo diferentes padrões de consumo entre os pontos amostrados. As concentrações de cocaína variaram entre 0,2 e 23 µg/L, em relação ao MDMA, observaram-se concentrações entre 1,0 e 1414,5 µg/L.

As concentrações de cocaína e MDMA obtidas possibilitaram a estimativa do consumo dessas drogas por meio das equações 1 e 2 (Baker et al., 2014), apresentadas anteriormente. Os valores estimados de consumo (Tabela 3) apresentaram variação significativa entre os diferentes pontos amostrados, refletindo uma ampla faixa de consumo nas localidades avaliadas.

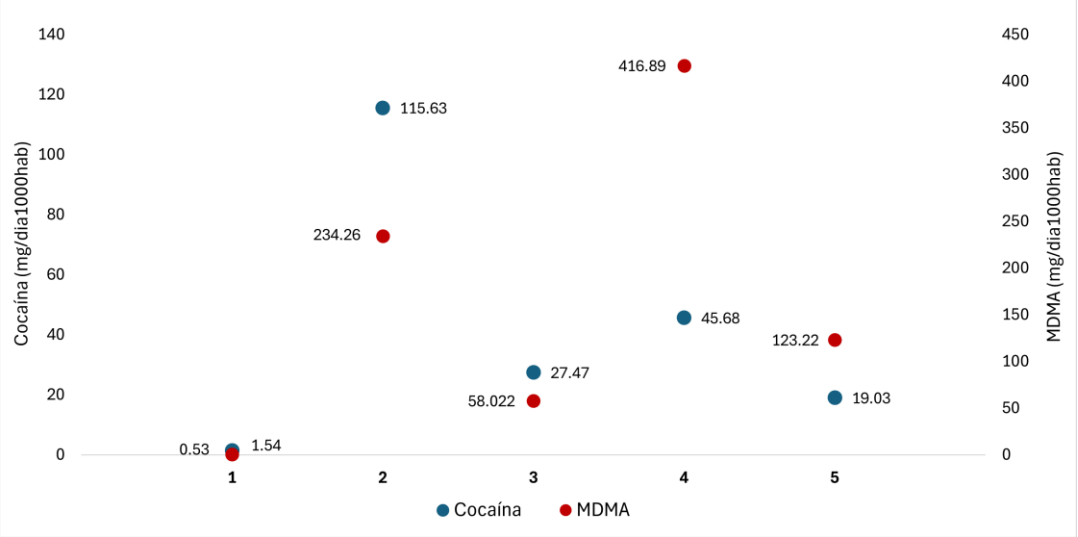

Tabela 3: Consumo de cocaína e MDMA no carnaval de Belo Horizonte de 2024, calculado através das concentrações encontradas no efluente de banheiros químicos.

O consumo de cocaína estimado oscilou entre 1,54 e 115,63 mg/dia/1000 habitantes. Em relação ao MDMA,

o consumo estimado foi de 0,53 a 416,89 mg/dia/1000 habitantes. As amostras 2 e 4 se destacaram com os maiores valores para cocaína e MDMA, respectivamente, indicando um possível pico de uso recreativo dessas substâncias nessas regiões. No entanto, a amostra 1 resultou em menores concentrações e estimativas de consumo tanto para a cocaína, quanto para o MDMA, indicando que o consumo de drogas em geral é menor nessa região.

A Figura 1**: Localização geográfica das 5 amostras coletadas** representa geograficamente a localização de onde cada amostra foi coletada, sugerindo alguns padrões de quantidade de consumo em relação à proximidade do ponto coletado com o centro de Belo Horizonte.

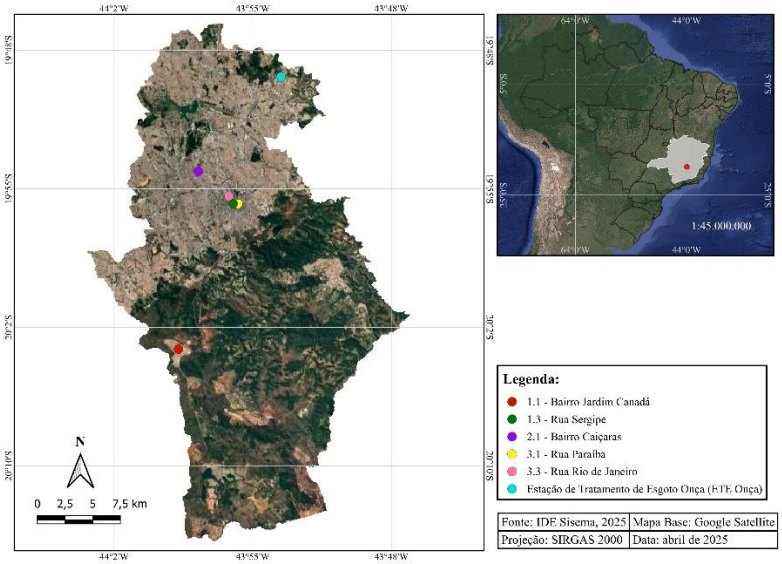

Figura 1: Localização geográfica das 5 amostras coletadas e analisadas.

O perfil de consumo de drogas por pessoa durante o Carnaval em Belo Horizonte estimado com base nesses valores indica que o maior consumo de cocaína e MDMA corresponde à região central da cidade (amostras 2, 4 e 5), onde desfilam a maioria dos blocos de carnaval. A amostra 3, localizada na região noroeste da cidade, próxima à Lagoa da Pampulha, a cerca de 10 km do centro, apresentou o segundo maior consumo. Por fim, o ponto 1, localizado fora da região metropolitana de Belo Horizonte (a 20 km de distância), apresentou os menores consumos das drogas avaliadas.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo constatou que o efluente de BPQ coletado na região metropolitana de BH durante o carnaval de 2024 apresenta características não-biodegradáveis. Além disso, ficou comprovada a presença de concentrações consideráveis de cocaína e MDMA, sugerindo o aumento de consumo de drogas de abuso no carnaval de Belo Horizonte.

O aumento da população, estimado em 262 mil pessoas, observado durante o período de carnaval, exige uma gestão eficiente dos efluentes dos BQP, com a finalidade de proteger a saúde ambiental e pública. O aumento no consumo de drogas de abuso durante períodos festivos apresenta um desafio complexo que exige esforços das autoridades de saúde, formuladores de políticas e fiscais da lei. Portanto, é essencial que a questão seja abordada por meio de estratégias abrangentes para promover celebrações mais seguras e mitigar os riscos ambientais e à saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOPES, Isabela Meline; et al. **Management of chemical toilet effluents: A review of international approaches and a case study from Minas Gerais.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 27, p. 975-985, 2022.

SODRÉ, Fernando F.; et al. **Wastewater-based epidemiology as a strategy for community monitoring, mapping of hotspots and early warning systems of COVID-19.** 2020, p. 515-519.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Projeto-piloto de monitoramento da Covid-19 em esgotos se destaca como importante ferramenta de vigilância epidemiológica.** Disponível em: https://www.ufmg.br/sustentabilidade/noticia/projeto-piloto-monitoramento-covid-esgotos-se-destacacomo-importante-ferramenta-de-vigilancia-epidemiologica/. Acesso em: 29 maio 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: coleta de amostras de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1987.

BELO HORIZONTE. **Carnaval de BH 2024 tem recorde de foliões e turistas nas ruas da cidade.** Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/carnaval-de-bh-2024-tem-recorde-de-folioes-e-turistas-nas-ruas-da-cidade. Acesso em: 9 jan. 2025.

BAKER, D. R.; BARRON, L.; KASPRZYK-HORDERN, B**. Illicit and pharmaceutical drug consumption estimated via wastewater analysis.** *Science of the Total Environment*, v. 487, p. 629–641, 2014.