

Distribuição temporal e espacial de bactérias associadas a microplásticos removidos de sedimento de córrego urbano

A poluição dos corpos hídricos por microplásticos representa um desafio global, devido à sua ampla distribuição, capacidade de adsorção e dispersão de contaminantes orgânicos e, principalmente como uma forma de substrato para o crescimento de microrganismos. Esse estudo objetivou investigar a densidade de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* aderidas em microplásticos e sedimentos de fundo, bem como quantificar os microplásticos de sedimentos de fundo, durante o período de chuva e estiagem na microbacia do córrego do Barbado, em Cuiabá-MT. As coletas foram feitas em quatro pontos amostrais da microbacia, durante o período de chuva (dezembro/2019 a fevereiro/2020) e estiagem (junho/2020 a agosto/2020). Amostras compostas de sedimentos e sacolas plásticas inseridos nos sedimentos foram obtidas, para verificar a densidade de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa*. Foi realizada quantificação e qualificação de microplásticos no sedimento de fundo. Os resultados demonstraram a abundância de bactérias heterotróficas, em amostras de microplásticos e sedimentos de fundo. Por outro lado, não foi possível observar a presença de *Pseudomonas aeruginosa* em microplásticos, somente em sedimentos de fundo. Em relação à quantificação de microplásticos, observou-se que o córrego do Barbado possui microplásticos em todos os pontos amostrais, com predominância do tipo fibra incolor. Conclui-se que a microbacia do córrego do Barbado está amplamente antropizada, contribuindo o número significativo de microplásticos e bactérias adsorvidas a esse substrato.

Palavras-chave: Ambiente lótico; Poluentes Emergentes; Bactérias Heterotróficas; *Pseudomonas aeruginosa*.

Temporal and spatial distribution of bacteria associated with microplastics removed from urban stream sediment

The pollution of water bodies by microplastics represents a global challenge, due to its wide distribution, ability to adsorb and disperse organic contaminants, and mainly as a form of substrate for the growth of microorganisms. This study aimed to investigate the density of heterotrophic bacteria and *Pseudomonas aeruginosa* adhered to microplastics and bottom sediments, as well as to quantify the microplastics of bottom sediments, during the rainy and dry season in the Barbado stream microbasin, in Cuiabá-MT. The collections were made at four sampling points of the watershed, during the rainy season (December/2019 to February/2020) and dry season (June/2020 to August/2020). Samples composed of sediments and plastic bags inserted in the sediments were obtained to verify the density of heterotrophic bacteria and *Pseudomonas aeruginosa*. Quantification and qualification of microplastics in the bottom sediment were performed. The results demonstrated the abundance of heterotrophic bacteria in samples of microplastics and bottom sediments. On the other hand, it was not possible to observe the presence of *Pseudomonas aeruginosa* in microplastics, only in bottom sediments. Regarding the quantification of microplastics, it was observed that the Barbado stream has microplastics in all sampling points, with a predominance of the colorless fiber type. It is concluded that the Barbado stream microbasin is largely anthropized, contributing the significant number of microplastics and bacteria adsorbed to this substrate.


Keywords: Lotic environment; Emerging Pollutants; Heterotrophic Bacteria; *Pseudomonas aeruginosa*.


Topic: **Engenharia de Recursos Hídricos**


Received: **08/09/2022**


Approved: **25/09/2022**


Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Ana Paula Rodrigues São Pedro 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1041908314513534>
<http://orcid.org/0000-0003-4423-5656>
ana.rsp@hotmail.com


Danila Soares Caixeta 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8314296350945580>
<http://orcid.org/0000-0002-2036-1378>
danicacaixeta@gmail.com


Virgínia Edite Rezende 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4090265732962809>
<http://orcid.org/0000-0002-8559-4674>
vivierezende@hotmail.com

Euder Clayderman de Matos Silva 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/83346267844482483>
<http://orcid.org/0000-0003-2729-3985>
euderclaydermandematossilva@gmail.com

Giovanna Tambellini Falcão Ferreira 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9810536706417764>
<http://orcid.org/0000-0002-9110-4520>
giovannatff@hotmail.com

Rosseean Golin 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4684005974138067>
<http://orcid.org/0000-0001-9065-1023>
golin.rosseean@gmail.com

Alessandra Lima Deluque 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3377049548276218>
<http://orcid.org/0000-0002-4042-6028>
alessandralima042@hotmail.com

Eduardo Beraldo de Moraes 
Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2910407574938593>
<http://orcid.org/0000-0002-8505-4133>
beraldo_morais@yahoo.com.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0007

Referencing this:

SÃO PEDRO, A. P. R.; CAIXETA, D. S.; REZENDE, V. E.; SILVA, E. C. M.; FERREIRA, G. T. F.; GOLIN, R.; DELUQUE, A. L.; MORAIS, E. B..
Distribuição temporal e espacial de bactérias associadas a microplásticos removidos de sedimento de córrego urbano. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.9, p.86-97, 2022.
DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0007>

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um crescimento significativo na produção e consumo de plásticos, sendo produzido em 2019, em todo o mundo, aproximadamente 368 milhões de toneladas, ficando no topo a China, com 31% da produção mundial. Dentre os polímeros comumente manufaturados, destacam-se o polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), poliestireno (PS), poliuretano (PU) e resina fenólica (CHEN et al., 2021), dos quais são aplicados nos setores de embalagens, brinquedos, construção civil, equipamentos eletrônicos, utensílios domésticos, roupas, dentre outros.

Contudo, 76% da produção total de plástico acaba como resíduo, sendo reciclado e incinerado apenas 28% e 72% depositado em aterro ou lançado no ambiente (Ellen Macarthur Foundation; McKinsey Center for Business and Environment). No ambiente, os plásticos estão sujeitos a exposição a radiação ultravioleta, temperatura, abrasão física, ação do vento e ondas, atividade dos microrganismos, o que os tornam frágeis e quebradiços, gerando partículas com tamanhos variados.

Assim, os plásticos são classificados em macrolástico (> 2,5 cm), mesoplástico (5 mm ~ 2,5 cm), microplástico (grande: 1 ~ 5 mm; pequeno: 1 µm ~ 1 mm) e nanoplástico (<1 µm) (QIU et al., 2021). Embora não há um consenso sobre a padronização, eles podem ser caracterizados, quanto a composição química, seus produtos químicos associados, tamanho, forma, cor, área específica da superfície e cristalinidade (BOUR et al., 2021).

As características e as propriedades físicas dos microplásticos, como grande área de superfície, alta porosidade e forte hidrofobicidade dos microplásticos, bem como a longa exposição no ambiente são fatores que influenciam na adsorção de contaminantes e microrganismos (HE et al., 2022).

Os microrganismos tem alta capacidade de colonizar e formar biofilmes em microplásticos, formando um pequeno nicho definido como plastisfério. No plastisfério, os biofilmes são compostos por comunidades biológicas, incluindo bactérias, fungos, algas e protozoários, com diferentes desenvolvimentos e funções, tendo como consequência um aumento na resistência e comunicação intercelular (HE et al., 2022).

Contudo, a estrutura única dos biofilmes afeta as propriedades dos microplásticos, alterando a densidade e o seu tamanho efetivo. Assim, a fixação do biofilme, bem como a adsorção de poluentes, afeta o transporte dos microplásticos em ambientes aquáticos, pois os de densidade menor geralmente flutuam e migram com a corrente, enquanto que os de maior densidade, podem agregar ao sedimento e matéria orgânica (MIAO et al., 2021).

No sedimento, essas pequenas partículas disponíveis, podem ser ingeridas por organismos aquáticos, causando, aos seus corpos, danos físicos e químicos (JIWARUNGRUEANGKUL et al., 2021). Os efeitos negativos da ingestão de microplásticos incluem danos físicos ao trato gastrointestinal, distúrbios endócrinológicos e efeitos toxicológicos, causados por produtos químicos e aditivos adsorvidos nos microplásticos, que podem ser carcinogênicos (YANG et al., 2021).

Muitos estudos sobre microplásticos na coluna d'água de córregos urbanos, tem sido realizados (AN et al. 2022; HOSSAIN et al., 2022; DIKAREVA et al., 2019), no entanto, em sedimentos são escassos (PARKER

et al., 2022), tornando a compreensão relativamente limitada, com alguns pontos questionáveis, como a quantidade, fonte, distribuição espacial e risco potencial. Dessa forma, considerando a importância da qualidade da água da microbacia do córrego do Barbado por se tratar de um afluente do Rio Cuiabá, sendo este de grande relevância para a cidade de Cuiabá-MT, em função dos seus usos múltiplos, bem como a escassez de informações sobre a densidade de bactérias adsorvidas em macroplásticos presentes em sedimentos de fundo, essa pesquisa se fez necessária, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico e gestão dos recursos hídricos.

Assim, esse estudo teve como objetivo avaliar parâmetros físicos e químicos da água, quantificar os microplásticos de sedimentos de fundo e investigar a densidade de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* aderidas em microplásticos, durante o período de chuva e estiagem na microbacia do córrego do Barbado, em Cuiabá-MT.

METODOLOGIA

Área e locais de coleta

A microbacia do córrego do Barbado está localizada na porção centro-leste da cidade de Cuiabá-MT, estando totalmente inserida na área urbana, sendo uma das sub-bacias afluentes do Rio Cuiabá, que é afluente do Rio Paraguai, que drena em direção ao Pantanal Mato-Grossense (COLET, 2012). A microbacia possui formato elíptico, com largura de 1,4 km e área total de 13,89 km², percorrendo aproximadamente 8,95 km de extensão, desde sua nascente (15°33'56,07''S e 56°03'52,71''O) até sua foz (15°38'00,08''S e 56°04'48,76''O) (CUIABÁ, 2010).

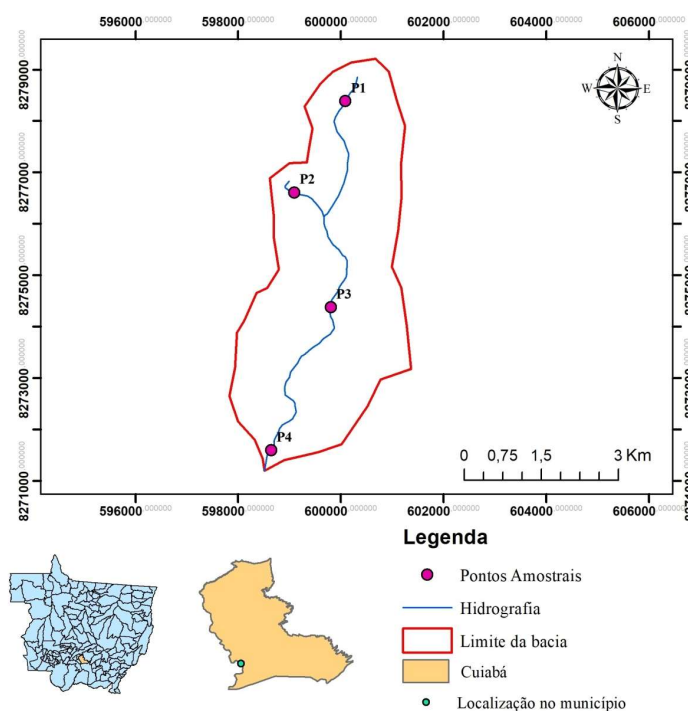


Figura 1: Delineamento da microbacia do córrego do Barbado, Cuiabá-MT e pontos amostrais.

As coletas, na microbacia do córrego do Barbado foram realizadas durante o período de chuva (dezembro de 2019 a fevereiro de 2020) e estiagem (junho 2020 a agosto 2020). Foram selecionados, 4

pontos: P1 - localizado no bairro Morada do Ouro, próximo à nascente (latitude -15.570084 e longitude -56.068263), P2 - bairro Canjica (latitude -15.584554 e longitude -56.074009), P3 - bairro Jardim das Américas (latitude 15.606480 e longitude -56.069655) e, P4 - bairro Praeirinho (latitude -15.631655 e longitude -56.079700), próximo da foz. Os pontos amostrais possuem distância de 2,1 km entre o P1 e o P2, seguido de 3,3 km entre o P2 e P3, e 3,4 km do P3 ao P4 (Figura 1).

Quantificação de microplásticos em sedimentos de fundo

Para a quantificação de microplásticos em sedimentos de fundo foram coletadas 10 amostras aleatórias em cada ponto amostral, utilizando o amostrador de sedimento *Rock Island*. De cada amostra foram obtidos 100 g de sedimentos, formando uma amostra composta, com um volume total de 1 kg.

Para promover o desprendimento de microplásticos dos materiais orgânicos, as amostras foram transferidas para béqueres e adicionado 150 mL de NaCl na concentração de 25%, sendo agitado manualmente por 40 vezes, com o auxílio de um bastão de vidro (Adaptado de QIU et al., 2016). Logo, a solução foi colocada em repouso por cinco minutos, e posteriormente todo o sobrenadante foi filtrado em peneira granulométrica de 0,063 mm (adaptado de ABNT 230). Todo esse processo foi realizado por cinco vezes.

Todo o microplástico retido na peneira foi transferido para uma placa de Petri com o auxílio de 20 mL de água destilada. Então, os microplásticos foram separados e quantificados manualmente, utilizando um microscópio estereoscópio com aumento de 10 x.

Vale ressaltar que, tanto no momento de preparação de amostras, quanto na quantificação de microplásticos fez-se a preparação de branco de laboratório, utilizando placas de Petri contendo 50 mL de água estéril filtrada. Os microplásticos depositados foram quantificados.

Detecção de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* adsorvidas em microplásticos obtidos de sedimentos de fundo

Aleatoriamente, em cada ponto amostral foram coletadas sacolas plásticas, que estavam submersas em sedimentos de fundo. Os materiais obtidos foram transferidos para frascos com solução salina (0,85% NaCl), dos quais foram armazenados e transportados, em conformidade com APHA (2012).

Em laboratório, as amostras de macropelásticos foram recortadas em tamanhos de 5 mm com auxílio de pinça e tesoura estéril, para obtenção de amostras de microplásticos. Aleatoriamente, 1 fragmento de microplástico, de cada ponto amostral foi selecionado e lavados em água destilada estéril por três vezes, para retirar as células bacterianas não aderidas. Posteriormente a amostra foi colocada em tubos com solução salina (0,85% NaCl) e agitados em vórtex (Nova Instruments) por 5 minutos para desprendimento das células bacterianas aderidas.

Após esse processo foi realizada a técnica de diluição seriada em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina (0,85%) estéril. O número de células viáveis foi determinado em meio Ágar Nutriente (2,8%) e Ágar Cetrimide (APHA, 2012), para contagem de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa*,

respectivamente. Após 24 - 48 horas de incubação a 37 °C foi realizada a contagem das Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

Detecção de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* em sedimentos de fundo

Para detecção de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* em sedimentos de fundo foram coletadas 10 amostras aleatórias em cada ponto amostral, utilizando o amostrador de sedimento *Rock Island*, tendo por finalidade compor uma amostra composta de sedimentos. Em balança analítica (Mettler Toledo, modelo PG802-S), de cada recipiente foram pesados 100 g de sedimentos, resultando em uma amostra composta de 1 Kg para cada ponto amostral, que foi agitado manualmente por 40 vezes.

Em seguida, foram pesados 5 g de sedimento da amostra composta, que foi colocado em um Erlenmeyer contendo 45 mL de solução extratora estéril, com adição de 1 % de Tween 80 e 1 % de pirofosfato de sódio, que, posteriormente, foi agitado em mesa orbital a 220 rpm por 30 minutos em temperatura ambiente. Após a homogeneização das amostras foi retirada uma alíquota de 1 mL desse material para iniciar as diluições seriadas, necessárias para o processamento das amostras. Foram realizadas diluições seriadas em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina (0,85% NaCl) estéril e o número de células viáveis foi determinado em meio Ágar Nutriente (2,8%) e Ágar Cetrimide (APHA, 2012), para detecção de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa*, respectivamente. Após 24 - 48 horas de incubação a 37 °C foi realizada a contagem das Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas através do *Real Statistics*, no qual, para ajudar na escolha do teste estatístico apropriado para analisar a diferença nas amostras analisadas nesse estudo, foi verificada primeiramente a normalidade dos valores coletados com o teste de Shapiro-Wilk normality e o valor de $p < 0,05$ como nível de significância.

Para verificar a diferença de bactérias heterotróficas entre os pontos e período de chuva e estiagem em amostras de microplásticos foi utilizado o teste ANOVA de uma via. Quanto a análise referente a diferença de bactérias heterotróficas em sedimentos de fundo nos pontos amostrais e período sazonal, foi utilizado o teste ANOVA de uma via de Welch. Por outro lado, o Teste-t para amostras independentes foi utilizado para avaliar a diferença entre as amostras de microplástico e sedimentos de fundo.

A ANOVA de uma via de Welch também foi utilizado para verificar a diferença de *Pseudomonas aeruginosas* entre os pontos amostrais. Assim como a ANOVA de uma via foi utilizado para analisar a diferença sazonal de *Pseudomonas aeruginosas* em sedimentos de fundo. Para analisar as diferenças de microplásticos em sedimentos de fundo nos pontos amostrais e período de chuva e estiagem foi realizado o teste de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quantificação e concentração de microplásticos em sedimentos de fundo

Microplásticos foram encontrados em todos os pontos amostrais e períodos analisados. As Tabelas 1 e 2 mostram a quantidade e tipos de microplásticos detectados nas amostras de sedimento de fundo, dos 4 pontos amostrais, da microbacia do córrego do Barbado, no período de estiagem e chuva.

Tabela 1: Quantificação e qualificação de microplásticos em sedimentos de fundo, dos pontos P1 e P2, no período de chuva e estiagem.

| Tipos | Cores | P1 | | | | | | P2 | | | | | |
|--------------|-------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | | Chuva | | | Estiagem | | | Chuva | | | Estiagem | | |
| | | Dez. | Jan. | Fev. | Jun. | Jul. | Ago. | Dez. | Jan. | Fev. | Jun. | Jul. | Ago. |
| Fibras | Inc. | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 | 2 | 5 | 0 |
| | Ver. | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Azul | 0 | 1 | 6 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 |
| | Preta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | Verm. | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 |
| Fragmentos | Ver. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Azul | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bran. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Verm. | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Filamentos | Inc. | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| Total | | 5 | 6 | 20 | 2 | 1 | 1 | 2 | 4 | 12 | 7 | 13 | 5 |

Inc.=incolor; ver.= verde; verm.= vermelho; bran.= branco

Tabela 2: Quantificação e qualificação de microplásticos em sedimentos de fundo, dos pontos P3 e P4, no período de chuva e estiagem.

| Tipos | Cores | P3 | | | | | | P4 | | | | | |
|--------------|-------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | Chuva | | | Estiagem | | | Chuva | | | Estiagem | | |
| | | Dez. | Jan. | Fev. | Jun. | Jul. | Ago. | Dez. | Jan. | Fev. | Jun. | Jul. | Ago. |
| Fibras | Inc. | 0 | 0 | 11 | 5 | 5 | 0 | 10 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| | Ver. | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| | Azul | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 |
| | Preta | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Verm. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| Fragmentos | Ver. | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Azul | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bran. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| | Verm. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Filamentos | Inc. | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 1 | 3 | 15 | 11 | 7 | 1 | 13 | 12 | 10 | 14 | 2 | 1 |

Inc.=incolor; ver.= verde; verm.= vermelho; bran.= branco

Durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro foi quantificado um total de 103 micropartículas, nos 4 pontos amostrais. Na somatória dos pontos amostrais, nota-se que o no mês de fevereiro foi quantificado um total de 57 microplásticos, seguido do mês de janeiro com 25 microplásticos e dezembro com 21 microplásticos.

Por outro lado, no período de estiagem foi detectado um total de 65 micropartículas, sendo que a maior concentração foi no mês de junho, com um total de 34 microplásticos, seguido do mês de julho com 23 microplásticos e agosto com apenas 8 microplásticos.

Para a análise de variação de microplásticos em sedimentos de fundo entre os meses analisados, foi primeiramente verificada a normalidade dos valores coletados com o teste Shapiro-Wilk normality e foi

encontrado um valor de $p < 0,05$, assim foi realizado o teste Kruskal-Wallis avaliando as diferenças entre os pontos e o teste Wilcoxon para os períodos de chuva e estiagem.

Os resultados revelaram que não houve diferença significativa de microplásticos entre os pontos amostrais ($p = 0.713$) (Figura 2), demonstrando que os microplásticos estão onipresentes na microbacia.

Em relação ao período de chuva e estiagem, não houve uma variação significativa de microplásticos ($p = 0,1722$) (Figura 3). Dessa forma, foi possível verificar que, embora a poluição difusa aumente o aporte de microplásticos nos cursos d'água, não é um fator determinante para os microplásticos encontrados na área de estudo, demonstrando que a maior contribuição de microplásticos no córrego do Barbado tem como fonte principal o despejo de efluente doméstico.

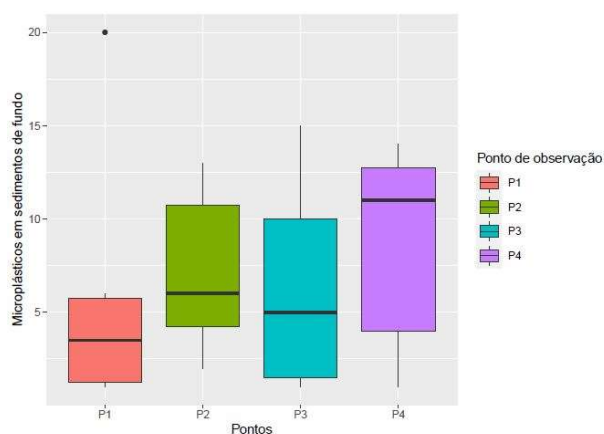


Figura 2: Variação de microplásticos em sedimentos de fundo entre os pontos amostrais

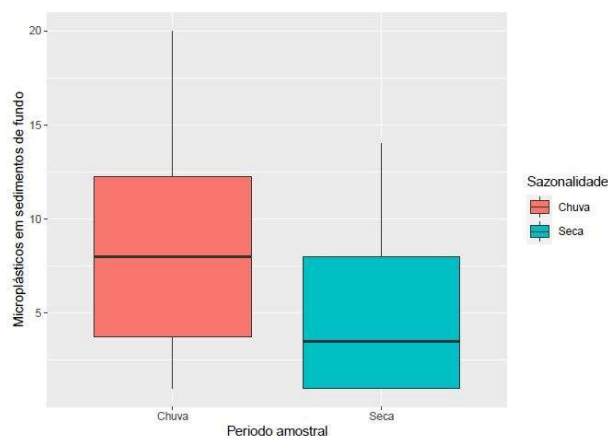


Figura 3: Variação de microplásticos em sedimentos de fundo no período de chuva e estiagem.

Dessa forma, sugere-se que as causas da poluição por microplásticos estão intimamente ligadas às atividades antrópicas, como a densidade habitacional, uso e ocupação do solo, supressão da mata ciliar e descarte inadequado de esgoto e resíduos sólidos urbanos, que contribuem significativamente para o cenário observado neste estudo.

Segundo Browne et al. (2011), os microplásticos resultam principalmente do transporte de partículas por correntes de água, sendo a disposição de esgoto uma importante fonte, além disso, podem ser transportadas para sistemas aquáticos por meio de lixiviado, potencializando a deposição de fibras no solo.

He et al. (2021) citam que as partículas microplásticas de baixa densidade, inicialmente flutuam na coluna de água após entrar em um corpo d'água e são posteriormente transportadas por fluxos de água ou afundam em sedimentos, devido ao aumento da densidade, causada por fatores adicionais, como acúmulo de biofilme ou interação com partículas de argila suspensas, no entanto, se houver um aumento na velocidade de fluxo, os microplásticos previamente assentados tendem a se remobilizar junto com as argilas sedimentares.

Concentrações consideráveis de microplásticos foram registradas nos sedimentos de rios em todo o mundo, indicando que uma grande proporção de poluentes plásticos se assentam e se acumulam no leito de rios. Gerolin et al. (2020) quantificaram a concentração de microplásticos em sedimentos do Rio Negro e Rio Solimões, na Amazônia e constaram que em todas as amostras foram encontradas microplásticos, sendo que

as concentrações de partículas de 0,063–5 mm variaram de 417 a 8178 partículas/kg de sedimento seco, enquanto que partículas de 0,063–1 mm, variaram de 0 a 5725 partículas/kg de sedimento seco.

Zamprognoet al. (2021) realizaram um estudo de quantificação de microplásticos em sedimentos, no manguezal da Baía de Vitória, no Espírito Santos e encontraram 2175 micropartículas. Por outro lado, estudo realizado por Baptista Neto et al. (2019), a concentração de microplásticos em amostras de sedimentos de fundo, da Baía de Vitória variaram de 0 a 38 partículas por amostra, com um total de 247 partículas. Estudo realizado por Xia et al. (2021) em um rio Liangfeng localizado em Guilin, revelou que no período de chuva a abundância de microplásticos em todos os sedimentos variou de $(6,95-149,35) \times 10^3$ itens/kg, com um valor médio de $(33,2 \pm 11,99) \times 10^3$ itens/kg, enquanto que no período de estiagem variou de $(14,40-79,45) \times 10^3$ itens/kg, com valor médio de $(27,9 \pm 15,05) \times 10^3$ itens/kg.

As concentrações encontradas pelos autores, supracitados, estão bem acima do encontrado em nosso estudo, em que a concentração total no período de chuva foram de 103 micropartículas e no período de estiagem de 65 micropartículas. Tal fato pode estar relacionado a técnica aplicada durante a coleta das amostras, método de separação das micropartículas do sedimento, bem como método de separação por densidade.

Em relação aos tipos de microplásticos obtidos dos pontos amostrais, pode-se observar que as fibras foram as que prevaleceram. No período de chuva, das 103 micropartículas quantificadas, 78 foram fibras (51 fibras incolor, 12 fibras verde, 9 fibras azul e 6 fibras vermelha), 16 filmes e 9 fragmentos (4 fragmentos verdes, 1 fragmento azul e 4 fragmentos vermelhos). Enquanto que no período de estiagem foi obtido um total de 65 micropartículas, sendo 50 fibras, 9 filmes e 6 fragmentos. Assim, foram quantificadas 14 fibras incolores, 5 fibras verdes, 8 fibras azuis, 9 fibras pretas, 6 fibras vermelhas, 7 filmes, 05 fragmentos brancos e 1 fragmento vermelho (Tabela 1 e 2).

Diante dos resultados, nota-se que os microplásticos do tipo fibra incolor prevaleceram em ambos os períodos analisados. Estudos tem revelado que descargas de efluentes domésticos, principalmente aqueles onde há a presença de água de lavagem de roupas é uma fonte pontual significativa para emissões de microplásticos. Browne et al. (2011) estimaram a concentração de fibras, que as roupas têxteis soltam durante a lavagem. Ademais, Bour et al. (2018), indicaram que a origem das fibras de microplásticos está associada à descarga de efluentes domésticos.

Resultados similares foram encontrados na literatura, quanto a abundância de fibras em sedimentos de rios. Li et al. (2020), ao investigarem a abundância de microplásticos em sedimentos da Baía de Hangzhou, na China, notaram que o tipo de microplástico de maior prevalência foram as fibras incolores com 84%, seguidos de fragmentos, pellets e filmes. Xia et al. (2021) também encontraram em sedimentos de um rio Liangfeng localizado em Guilin, fibras, fragmentos e filmes.

Zamprogno et al. (2021) encontraram em sedimentos de rio, em maior abundância, fibras (88,7%) e fragmentos (11,3%) e em menor quantidade os pellets. As cores predominantes foram azuis (54,9%), transparente (21,6%), preta (10,3%), vermelha (6,1%), verde (6,3%), amarela (0,5%) e branca (0,1%).

Em relação aos brancos de laboratório, foi identificada a contaminação por microplásticos no

ambiente de laboratório, pois ao considerar todos os brancos de laboratório, referente à preparação das amostras compostas e do processo de quantificação de microplásticos foi encontrado um total de 12 partículas de microplástico durante o período analisado, sendo 10 unidades de fibras incolor e 02 unidades de fibras verde.

Densidade de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* em amostras de microplásticos e sedimentos de fundo

Na Tabela 3 pode se observar os resultados da densidade de bactérias associadas a microplásticos e sedimentos de fundo da microbacia do córrego do Barbado, no período de estiagem e chuva, em quatro pontos amostrais.

Bactérias heterotróficas foram isoladas de todos os pontos amostrais, nos períodos analisados, tanto no sedimento de fundo, quanto nos microplásticos, extraídos desses ambientes. Por outro lado, *Pseudomonas aeruginosa* foi detectada apenas nas amostras de sedimento de fundo, não sendo isolada dos microplásticos, conforme mostra na Tabela 3.

Tabela 3: Densidade de bactérias associadas a sedimento de fundo e microplásticos.

| Microorganismos/Substrato | Pontos | Período | | | | | |
|---|--------|---------|------|------|------|------|------|
| | | Dez. | Jan. | Fev. | Jun. | Jul. | Ago. |
| Bactérias Heterotróficas/ Sedimento Log UFC g ⁻¹ | P1 | 4,78 | 3,99 | 4,90 | 4,77 | 4,40 | 5,25 |
| | P2 | 5,08 | 5,23 | 4,74 | 5,33 | 5,35 | 5,43 |
| | P3 | 5,47 | 5,71 | 4,78 | 4,86 | 4,82 | 5,89 |
| | P4 | 5,86 | 5,92 | 6,06 | 4,82 | 5,19 | 4,94 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> / sedimento Log UFC g ⁻¹ | P1 | 1,47 | 1,21 | 1,02 | 1,90 | 1,82 | 1,81 |
| | P2 | 2,21 | 2,06 | 1,87 | 2,11 | 1,87 | 2,20 |
| | P3 | 2,17 | 2,83 | 2,62 | 2,01 | 2,02 | 1,75 |
| | P4 | 2,77 | 2,60 | 2,65 | 1,94 | 1,96 | 1,71 |
| Bactérias Heterotróficas/ Microplásticos Log UFC cm ⁻² | P1 | 2,91 | 2,67 | 2,19 | 2,82 | 2,18 | 3,41 |
| | P2 | 2,85 | 3,46 | 2,81 | 3,01 | 1,51 | 2,20 |
| | P3 | 3,40 | 2,83 | 1,98 | 3,19 | 1,52 | 3,10 |
| | P4 | 2,83 | 4,14 | 3,86 | 3,87 | 2,52 | 1,79 |

A ANOVA de uma via de Welch mostrou que não houve diferença na densidade de bactérias heterotróficas em sedimentos de fundo entre os pontos amostrais [$F(3, 10,531) = 2,777$; $p = 0,093$]. Por outro lado, a ANOVA de uma via de Welch mostrou que há diferença na densidade de bactérias heterotróficas em sedimentos de fundo no período sazonal [$F(7, 6,437) = 10,680$; $p = 0,0039$], sendo que há diferença no P4 entre as médias de bactérias heterotróficas do período de chuva e estiagem, de acordo com os resultados do testes de post-hoc Games Howell.

Ademais, a ANOVA de uma via de Welch mostrou que há diferença na densidade de *Pseudomonas aeruginosa* em sedimentos de fundo entre os pontos amostrais [$F(3, 9,916) = 4,180$; $p = 0,037$]. Pelos resultados obtidos no teste de post-hoc Games Howell, há diferenças nas médias de *Pseudomonas aeruginosa* entre o P1 e P3, e entre o P1 e P4. Do mesmo modo, o teste de ANOVA de uma via de Welch mostrou que há diferença na densidade de *Pseudomonas aeruginosa* em sedimentos de fundo no período sazonal [$F(7, 16) = 17,172$; $p < 0,001$]. O post-hoc Tukey HSD mostrou que há diferenças entre as médias de *Pseudomonas aeruginosa*, no período de chuva e estiagem nos P1, P3 e P4.

Por outro lado, o Teste-t para amostras independentes, mostrou que a densidade de bactérias heterotróficas apresentou diferença entre o microplástico e sedimentos de fundo ($t_{(46)} = 13,15$; $p < 0,001$). A densidade de bactérias heterotróficas em microplásticos são, em média, menores que as encontradas em sedimentos de fundo, indicando que os plásticos representam um nicho ambiental distinto (Tabela 3).

A maior concentração de bactérias heterotróficas e *Pseudomonas aeruginosa* em amostras de sedimento de fundo, quando comparado aos microplásticos, pode estar relacionada as próprias características dos microrganismos, concentração de nutrientes, tempo de exposição das amostras, bem como tipo, tamanho, composição química e carga, além da adsorção de poluentes na superfície do microplástico.

Segundo Shi et al. (2009) os microrganismos aderem mais facilmente às superfícies hidrofílicas (vidro e aço inoxidável) do que às hidrofóbicas (borracha e plásticos), devido à maioria das bactérias possuírem superfícies carregadas negativamente, dificultando o processo de adesão, devido a forças repulsivas eletrostáticas.

Yang et al. (2020) mencionam que formação e o desenvolvimento da estrutura da comunidade microbiana no microplásticos dependem, de características específicas do local, tempo de exposição e características do substrato, sendo que as características específicas do local desempenham um papel mais importante do que os demais fatores. Dessa maneira, os autores afirmam que a diversidade e riqueza microbiana, absorvida no microplástico, dependem de fatores ambientais e do habitat específico estudado, sendo os filos comumente detectados em microplásticos *Proteobacteria*, *Bacteroidetes* e *Firmicutes*.

Gras et al. (2021) investigaram composições da comunidade microbiana e microplástica ribeirinha, na Holanda e detectaram 480 táxons distribuídos em dois reinos (99,9% Bactérias, e 0,1 % Archaea) e 29 filos, sendo principalmente *Proteobacteria* 47%, *Bacteroidetes* 17% e *Cyanobacteria* 14. Niu et al. (2021) identificaram a presença de bactérias do gênero *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Halomonas*, *Ralstonia*, dentre outras, colonizando a superfície de polietileno e polipropileno, extraídos de sedimento de fundo do rio Qinhuai, um afluente do rio Yangtze, o maior rio urbano da cidade de Nanjing.

Por outro lado, estudo realizado por Baptista Neto et al. (2019), que objetivou investigar a concentração de microplásticos e microrganismos adsorvidos nas superfícies desses polímeros, no sedimento bentônico do sistema estuarino da Baía de Vitória (SVB), sudeste do Brasil, revelaram a presença de restos de diatomáceas, filamentos e esporos de fungos e células bacterianas.

CONCLUSÕES

Em análise *in loco*, notou-se a microbacia do córrego do Barbado está comprometida para pesca, balneabilidade, recreação e abastecimento. Os pontos P2, P3 e P4 demonstraram a presença de resíduo domiciliar, especialmente do tipo macroplástico, assim como o lançamento de efluente doméstico sem tratamento prévio, eutrofização e mau odor.

Os resultados revelaram que não houve diferença na densidade de bactérias heterotróficas em sedimentos de fundo entre os pontos amostrais, por outro lado houve diferença na densidade de bactérias

heterotróficas em sedimentos de fundo no período sazonal. Houve diferença na densidade de *Pseudomonas aeruginosa* em sedimentos de fundo entre os pontos amostrais, não sendo encontrado *Pseudomonas aeruginosa* nas amostras de microplásticos.

Quanto a análise de microplástico presente em sedimentos de fundo no córrego em estudo, não diferiu significativamente entre os pontos e campanhas de amostragem. Porém, foram quantificados um total de 103 microplásticos/kg no período de chuva e 65 microplásticos/kg no período de estiagem, sendo em sua maioria do tipo fibra, filmes e fragmentos, respectivamente.

Portanto, é necessário que sejam desenvolvidos mais estudos acerca desta temática, de forma que possa melhor compreender o impacto de bactérias adsorvidas em microplástico de sedimentos de fundo em córregos urbanos.

REFERÊNCIAS

AN, L.; CUI, T.; ZHANG, Y.; LIU, H.. A case study on small-size microplastics in water and snails in an urban river. **Science of The Total Environment**, v.847, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157461>

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: Pharmabooks, 2012.

BOUR, A.; HAARR, A.; KEITER, S.; HYLLAND, K.. Environmentally relevant microplastic exposure affects sediment dwelling bivalves. **Environmental Pollution**, v.236, p.652-660, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.006>

BOUR, A.; SNDGAARD, M. H.; SYBERG, K.; PALMQVIST, A.; ALMROTH, F. C.. Comprehending the complexity of microplastic organismal exposures and effects, to improve testing frameworks. **Journal of Hazardous Materials**, v.415, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125652>

BAPTISTA NETO, J. A.; GAYLARDE, C.; BEECH, I.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S.; CARVALHO, D. G.. Microplastics and attached microorganisms in sediments of the Vitória bay estuarine system in SE Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v.169, p.247-253, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.12.030>

BROWNE, M. A.; CRUMP, P.; NIVEN, S. J.; TEUTEN, E.; TONKIN, A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R.. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environment Science Technology**, v.45, n.21, p.9175-9179, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1021/es201811s>

CHEN, Y.; AWASTHI, A. K.; TAN, Q.; LI, J.. Single-use plastics: Production, usage, disposal, and adverse impacts. **Science of The Total Environment**, v.752, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141772>

COLET, K. M.. **Avaliação do Impacto da Urbanização sobre o Escoamento Superficial na Bacia do Córrego do Barbado, Cuiabá-MT**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. **Evolução Urbana de Cuiabá**. IPDU -Instituto de Planejamento e

Desenvolvimento Urbano. Cuiabá: Prefeitura Municipal de Cuiabá, 2010.

DIKAREVA, N.; SIMON, K. S.. Microplastic pollution in streams spanning an urbanisation gradient. **Environmental Pollution**, v.250, p.292-299, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.105>

GEROLIN, C. R.; PUPIM, F. N.; SAWAKUCHI, A. O.; GROHAMANN, H.; LABUTO, G. SEMENSATTO, D.. Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. **Science of The Total Environment**, v.749, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141604>

GRAS, L. M.; VAN DER PLAATS, R. Q. J.; VAN DER WIELEN, P. W. J. J.; BAUERLEIN, P. S.; HUSMAN, A. M. R.. Riverine microplastic and microbial community compositions: A field study in the Netherlands. **Water Research**, v.192, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.watres.2021.116852>

HE, S.; JIA, M.; XIANG, Y.; SONG, B.; XIONG, W.; CAO, J.; PENG, H.; YANG, Y.; WANG, W.; YANT, Z.; ZENG, G.. Biofilm on microplastics in aqueous environment: Physicochemical properties and environmental implications. **Journal of Hazardous Materials**, v.424, 127286, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127286>

HE, B.; SMITH, M.; EGODOWATTA, P.; AYOKO, G. A.; RINTOUL, L.; GOONETILLEKE, A.. Dispersal and transport of microplastics in river sediments. **Environmental Pollution**, v.279, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116884>

JIWARUNGRUEANGKUL, T.; PHAKSOPA, J.; SOMPONGCHAIYAKUL, P.; TIPMANEE, P.. Seasonal microplastic variations in estuarine sediments from urban canal on the west coast of Thailand: A case study in Phuket province. **Marine Pollution Bulletin**, v.168, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112452>

HOSSAIN, M. J.; AFTABUDDIN, S.; AKHTER, F.; NUSRAT, N.; RAHAMAN, A.; SIKDER, M. N. A.; MONWAR, M. M.; CHOWDHURY, M. S. N.; JIANG, S.; SHI, H.; ZHANG, J.. Surface water, sediment, and biota: The first multi-compartment analysis of microplastics in the Karnafully river, Bangladesh. **Marine Pollution Bulletin**, v.180, 2022. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113820>

LI, J.; HUANG, W.; XU, Y.; JIN, A.; ZHANG, D.; ZHANG, C.. Microplastics in sediment cores as indicators of temporal trends in microplastic pollution in Andong salt marsh, Hangzhou Bay, China. **Regional Studies in Marine Science**, v.35, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101149>

MIAO, L.; GAO, Y.; ADVEL, T. M.; HUO, Z.; LIU, Z.; WU, J.; HOU, J.. Effects of biofilm colonization on the sinking of microplastics in three freshwater environments. **Journal of Hazardous Materials**, v.413, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125370>

NIU, L.; LI, YANYUAN.; LI, YI.; HU, Q.; WANG, CN.; HU, J.; ZHANG, W.; WANG, L.; ZHANG, C.; ZHANG, H.. New insights into the vertical distribution and microbial degradation of microplastics in urban river sediments. **Water Research**, v.188, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116449>

PARKER, B.; BRITTON, R.; PABORTSAVA, K.; BARROW, M.; GREEN, I. D.; ALMELA, V. D. ANDREOU, D.. Distinct microplastic patterns in the sediment and biota of an urban stream. **Science of The Total Environment**, v.838, 2022. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156477>

QIU, Q.; TAN, Z.; WANG, J.; PENG, J.; LI, M.; ZHAN, Z.. Extraction, enumeration and identification methods for monitoring microplastics in the environment. **Estuarine**,

Coastal and Shelf Science, v.176, p. 102-109, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.04.012>

SHI, X.; ZHU, X.. Biofilm formation and food safety in food industries. **Trend in Food Science e Technology**, v.20, p. 407-413, 2009. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.01.054>

XIA, F. YAO, Q.; ZHANG, J.; WANG, D.. Effects of seasonal variation and resuspension on microplastics in river sediments. **Environmental Pollution**, v.286, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117403>

YANG, Y. LIU, W.; ZHANG, Z.; GROSSART, H. P.; GADD, G. M.. Microplastics provide new microbial niches in aquatic environments. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.104, p.6501-6511, 2020. DOI: <http://doi.org/10.1007/s00253-020-10704-x>

YANG, L.; ZHANG, Y.; KANG, S.; WANG, Z.; WU, C.. Microplastics in freshwater sediment: A review on methods, occurrence, and sources. **Science of The Total Environment**, v.754, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141948>

ZAMPROGNO, G. C.; CANICALI, F. B.; COZER, C. R.; OTEGUI, M. B. P.; GRACELI, J. B.; COSTA, M. B.. Spatial distribution of microplastics in the superficial sediment of a mangrove in Southeast Brazil: A comparison between fringe and basin. **Science of The Total Environment**, v.784, 2021. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146963>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.