



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Maria José Tavares de Oliveira

**Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia
Brasileira: aspectos sazonais e espaciais**

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho

ALTAMIRA - PA

ABRIL – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE CONSERVAÇÃO

Maria José Tavares de Oliveira

**Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia
Brasileira: aspectos sazonais e espaciais**

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós- graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA – PA

ABRIL – 2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE DE CONSERVAÇÃO

Maria José Tavares de Oliveira

**Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia
Brasileira: aspectos sazonais e espaciais**

Orientador:

Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Membro Interno da Banca Examinadora- PPGBC

Profa. Dra. Simone de Fátima Pinheiro Pereira
Membro Externo da Banca Examinadora- UFPA

Profa. Dra. Vânia Neu
Membro Externo da Banca Examinadora- UFRA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D278d de Oliveira, Maria José Tavares.
Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia Brasileira: aspectos sazonais e espaciais / Maria José Tavares de Oliveira, José Eduardo Martinelli Filho. — 2022.
50 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2022.

1. Microplásticos, contaminação, Sistemas de água doce .
I. Título.

CDD 363.728509811

DEDICATÓRIA

“Aos jovens do interior que sonham e acreditam que são capazes”

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que me sustenta a cada passo e a Nossa Senhora do Perpétuo Socorro que intercede por mim.

A Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação pela formação.

A coordenadora do projeto de pesquisa, profa. Dra. Simone Pereira do Instituto de Ciências Exatas e Naturais (UFPA).

Ao meu orientador prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho pelas oportunidades e orientações na execução deste trabalho.

Aos amigos dos laboratórios (Pará-Iso e Biologia Molecular), pelo fornecimento de água Milli-Q para a realização dos procedimentos de análises deste trabalho.

A **todos** os meus amigos, especialmente (Bianca Saraiva e Arnaldo Queiroz) do Laboratório de Ecossistemas Pelágicos, pelo auxílio nas mais diversas dúvidas, apoio pessoal, colaboração nos trabalhos e pelos grandes momentos de descontração.

A Luana Costa, pelos ensinamentos e apoio, especialmente sobre estatística.

Aos meus familiares e amigos, em especial a minha mãe Rosália, pai Constantino, tia (mãe) Rosilene, tio (pai) Daltro Paiva, irmãos Ernandes, Kátia, Florêncio, Nazareno, Ronaldo, Carla, Carmen, Maria de Nazaré, Sara (prima/irmã), João Vitor (primo/irmão), Raquel (prima/irmã) e Rebeca (prima/irmã), todos fundamentais em minha trajetória. Amo vocês!

A minha querida e amada, Louise Aviz, por todo apoio de fundamental importância nessa trajetória, por disponibilizar de seu tempo para me ajudar nas diferentes etapas deste trabalho. Você é incrível, obrigada!

Que Deus retribua tudo em dobro a cada um!

Muito Obrigada!!!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUÇÃO GERAL.....	10
OBJETIVO GERAL.....	12
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
LITERATURA CITADA.....	14
ARTIGO	17
Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia Brasileira: aspectos sazonais e espaciais.....	17

RESUMO GERAL

Os plásticos são polímeros formados por macromoléculas de alto peso molecular advindos de monômeros, comumente extraídos do petróleo ou gás. Os microplásticos (1 μm - 5mm) primários são fabricados em tamanho diminuto e os secundários são formados a partir da degradação de plásticos maiores. Estes são encontrados nos diversos compartimentos ambientais como água e sedimentos, em rios, lagos, mares e oceanos. Neste estudo, identificamos a ocorrência, quantidade e distribuição de potenciais microplásticos na coluna da água dos sistemas hídricos das usinas hidrelétricas de Samuel e Curuá-Una/Amazônia Brasileira, nas estações chuvosa e seca do ano de 2015 através da análise de amostras de plâncton. As coletas ocorreram no período mais chuvoso (março/abril) e menos chuvoso (setembro/outubro) do ano de 2015, em estações de coleta à montante, no reservatório e à jusante do barramento. As coletas ocorreram por arrastos verticais padronizados com rede de plâncton de 20 μm de abertura de malha. As redes foram arrastadas lentamente e o material transferido imediatamente para recipientes e preservados em solução Transeaux previamente filtrada. A quantificação das partículas e classificação do tipo, forma e cor foi realizada com auxílio de microscópio estereoscópico. Foram detectados que todas as amostras continham microplásticos, com distribuição diferenciada, sendo que maiores quantidades ocorreram no período seco em ambos os sistemas. A abundância variou de 260 partículas/ m^3 no período chuvoso a 520 partículas/ m^3 no período seco em Samuel e de 271 partículas/ m^3 no período chuvoso a 640 partículas/ m^3 no período seco em Curuá-Una. Essa ocorrência pode estar associada ao volume dos reservatórios, que em períodos de seca diminuem em volume e o tempo de residência da água é maior, sendo que os microplásticos possivelmente são sedimentados e/ou ficam retidos na coluna de água nos compartimentos anteriores e mesmo posteriores ao barramento. É válido destacar que este resultado também pode estar relacionado com as ocupações urbanas nestas áreas, as quais são próximas a margem e são consideradas as principais fontes terrestres de microplásticos carregados aos corpos d'água. Portanto, ressalta-se a importância de incluir a presença de barragens em modelos de identificação, quantificação e distribuição de microplásticos em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Contaminação; Hidrelétrica; Tapajós; Rio Madeira; Plástico.

ABSTRACT

Plastics are polymers formed by macromolecules of high molecular weight derived from monomers, commonly extracted from oil or gas. The primary microplastics (1 μm - 5mm) are manufactured in tiny sizes and the secondary ones are formed from the degradation of larger plastics. These are found in diverse environmental sectors such as water and sediments, in rivers, lakes, seas and oceans. In this study, we identified the occurrence, quantity and distribution of potential microplastics in the water column of the hydroelectric power plants of Samuel and Curuá-Una/Brazilian Amazon, in the rainy and dry seasons of 2015 through the analysis of plankton samples. The collections took place in the months of the rainy (March/April) and the dry season. (September/October) of 2015, at collection stations upstream, inside the reservoir and downstream of the systems. The collections took place by standardized vertical drags with a plankton net of 20 μm mesh opening. The nets were slowly dragged and the material transferred immediately into containers and preserved in previously filtered Transeaux solution. The quantification of particles and classification of type, shape and color was performed with the aid of a stereoscopic microscope. All samples were found to contain microplastics, with differentiated distribution, with greater abundances occurring in the dry period for both the systems. The abundance varied from 260 particles/ m^3 in the rainy period and 520 particles/ m^3 in the dry season in Samuel, and 271 particles/ m^3 in the rainy season and 640 particles/ m^3 in the dry period in the Curuá-Una. This seasonal difference may be associated with the volume of the reservoirs, which in periods of drought decreases in volume, while the water residence time is longer, and the microplastics are possibly sedimented and/or are retained in the water column in the compartments upstream and even downstream of the dam. It is worth noting that this result may also be related to urban occupations in these areas, which are close to the shore and are considered the main terrestrial sources of microplastics carried to water bodies. Therefore, the importance of including the presence of dams in models of identification, quantification and distribution of microplastics in water sheds is highlighted.

Keywords: Contamination; Hydroelectric; Tapajós; Wood River; Plastic.

INTRODUÇÃO GERAL

Os plásticos são polímeros formados por macromoléculas de estrutura química com alto peso molecular, advindos de monômeros (unidades químicas menores), que se ligam e se replicam ao longo da cadeia e são comumente extraído do petróleo ou gás (THOMPSON et al., 2009). São materiais poliméricos que possuem uma infinidade de estruturas e funções, como resistência à corrosão, durabilidade, flexibilidade e baixo custo de produção (ZANIN, MANCINI., 2015). Os polímeros sintéticos como o polietileno são classificados como termoplásticos (adequado a moldagem) ou termorrígidos (borrachas ou fibras) (SILVA et al., 2005).

Os primeiros materiais plásticos sintéticos foram produzidos em massa na década de 1950, desde então, o desenvolvimento de materiais plásticos com diversas propriedades cresceu exponencialmente e isso evidencia a sua utilização por todos os setores da sociedade, sendo considerados materiais onipresentes (PLASTICS EUROPE., 2010, ANDRADY., 2011). A produção global de plástico tem alcançado um crescimento significativo, atingindo 359 milhões de toneladas em 2018 (PLASTICS EUROPE., 2019). Além disso, há estimativas de que a produção e consumo de plástico acompanhe o crescimento populacional que até 2050 poderá chegar aos 9,2 bilhões de habitantes (ANDRADY., 2017). Todavia, o consumo desenfreado de plásticos tem sido causa de crescente preocupação ambiental correspondente a ampla quantidade de resíduos gerados, somado a insuficiente gestão desses materiais a nível mundial (ROCHMAN et al., 2013).

Os resíduos plásticos são classificados como megaplásticos (itens > 1 m), macropoplásticos (25 mm – 1 m), mesoplásticos (5 mm – 25 mm), micropoplásticos (1 μ m – 5 mm) (UNEP., 2020) e nanopoplásticos (partículas < 1 μ m) (GESAMP., 2019). Os micropoplásticos ainda são classificados conforme a sua origem. Os micropoplásticos primários são fabricados em tamanho diminuto e são constantemente utilizados em cosméticos, esfoliantes e jateamento de ar (pellets de resina e microesferas) e os secundários são formados a partir da degradação de plásticos maiores por meio do clima, impacto físico ou fragmentação pela biota (LINDEQUE et al., 2020).

A acentuada utilização de materiais plásticos no mundo vem modificando as características naturais dos ecossistemas aquáticos e terrestres, uma vez que são descartados indevidamente nos diversos compartimentos do meio, causando dano em toda biota, desde o emaranhamento de animais até a ingestão por organismos com posterior transferência dentro da cadeia trófica (FARRELL, NELSON., 2013). Parte desses materiais chegam aos corpos

hídricos e perduram nestes ambientes por centenas, senão milhares de anos, pois são resistentes a degradação (BARNES et al., 2009).

A presença de microplásticos nos ecossistemas representam um potencial risco ambiental e econômico em todo o mundo, pois são contaminantes resistentes. Com ampla distribuição e capacidade de dispersão, são encontrados até em áreas remotas, tornando-se biodisponíveis para uma variedade de organismos, desde os menores níveis tróficos até os de topo da cadeia alimentar (ROCHMAN et al., 2016). A exposição a contaminantes químicos que se agregam às partículas plásticas tornaram-se alarmantes, principalmente quando os produtos químicos se bioacumulam em peixes destinados ao consumo humano (TEUTEM et al., 2009, WRIGHT et al., 2013). Os efeitos da ingestão humana de organismos contaminados com microplásticos ainda são incipientes. Porém, há evidências que partículas de plástico podem ocasionar respostas imunotóxicas, resultantes de exposição a poluentes químicos induzido por partículas (SUTHERLAND et al., 2010, BLACKBURN et al., 2021, LESLIE et al., 2022).

Contudo, o conhecimento sobre o acúmulo e efeitos dos microplásticos em ecossistemas de águas continentais não são tão bem compreendidos quanto nos ecossistemas marinhos (WAGNER et al., 2014). Alguns autores inferem que os rios contribuem com a entrada de polímeros sintéticos no oceano, pois ambientes lóticos tendem a conduzir esses materiais até as áreas mais longínquas (LEBRETON et al., 2017, GIARRIZZO et al., 2019, CERA et al., 2020). Investigações iniciais como os realizados nos ambientes de água doce da Europa, Ásia e América do Norte, apontam que a existência de microplásticos e as interações são tão impactantes quanto as observadas em ecossistemas marinhos (MOORE et al., 2011, FAURE et al., 2012, FREE et al., 2014, EERKES-MEDRANO et al., 2015).

Na região amazônica, registros de microplásticos no trato gastrointestinal de peixes estuarinos é alarmante, representando 30 % de todas as espécies analisadas (PEGADO et al., 2018). Para Andrade et al. (2019) apesar de terem analisado o conteúdo estomacal de espécies apenas da família Serrasalminidae, constituída tanto de peixes herbívoros, quanto predadores. a frequência desse poluente também foi considerada elevada. O trabalho é importante também por ser realizado no médio rio Xingu, demonstrando a contaminação em águas interiores da Amazônia. Há evidências de altos níveis de contaminação de peixes de riachos amazônicos, revelando que algumas espécies são mais suscetíveis que outras, com as fibras sendo mais frequentes e que partículas menores são mais propensas a aderir as brânquias desses organismos (RIBEIRO-BRASIL et al., 2020). Nos sedimentos dos rios Negro, Solimões e Amazonas, a presença desse poluente também foi detectada, alertando à necessidade de avançar nos conhecimentos sobre fontes e destinos dos microplásticos para compreender seus impactos nos

diversos ecossistemas (GEROLIN et al., 2020). Recentemente, foram detectadas partículas plásticas em balneários do médio Amazonas, sendo associadas a atividades recreativas, apontando para a necessidade de fiscalização e ordenamento de descarte adequado de resíduos sólidos (SANT'ANNA et al., 2022 submetido).

Embora já existam investigações nos rios amazônicos, é válido destacar que em ambientes de reservatórios ainda não há estudos sobre a presença de microplásticos. Na Amazônia é pertinente a preocupação quanto ao elevado estresse ambiental, provocado pela construção de inúmeros reservatórios para fins de produção de energia (MME, 2012), haja vista, as usinas hidrelétricas ocasionam grandes alterações ambientais como desvio de curso dos rios, compartimentação e modificação de fluxo, transformando-os em três regiões distintas: o reservatório e as regiões a montante e a jusante do reservatório (THORNTON, 1990).

Estes ecossistemas artificiais estão submetidos a forças naturais (precipitação, ventos e radiação solar) e antrópicas (processos operacionais) (TUNDISI,1990). Os poucos trabalhos publicados em nível mundial relataram que os reservatórios atuam como sumidouros de microplásticos, acumulando-se em sedimentos nas áreas anteriores e mesmo posteriores ao barramento, tornando-se importante incluir a presença de barragens na quantificação e abundância de microplásticos transportados para o oceano (ZHANG et al., 2015).

Neste trabalho, investigou-se a distribuição de potenciais microplásticos na coluna da água dos sistemas hídricos das usinas hidrelétricas de Samuel, situado na bacia do rio Madeira e Curuá-Una na bacia do Tapajós (montante, reservatório e jusante), nos períodos mais chuvoso e seco do ano de 2015. Desta forma, contribui-se com os poucos estudos realizados nesta temática na região e serão fornecidos dados sobre o nível de contaminação por microplástico em reservatórios na Amazônia pela primeira vez.

OBJETIVO GERAL

Identificar a ocorrência, quantidade e distribuição de potenciais microplásticos na coluna da água dos sistemas hídricos das usinas hidrelétricas de Samuel e Curuá-Una/Amazônia Brasileira, nas estações chuvosa e seca do ano de 2015 através da análise de amostras de plâncton.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a quantidade e as características dos microplásticos em suspensão na coluna da água nos compartimentos à montante, reservatório e a jusante de Samuel (RO) e Curuá-

Una (PA);

- Avaliar se os períodos sazonais (seco e chuvoso) influenciam na quantidade de microplásticos e em suspensão nos diferentes compartimentos dos dois reservatórios;
- Analisar se há diferença na distribuição, em relação aos compartimentos à montante, dentro do reservatório e a jusante;
- Comparar as abundâncias de microplásticos nos diferentes compartimentos entre os dois reservatórios estudados.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, M. C., WINEMILLER, K. O., BARBOSA, P. S., FORTUNATI, A., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., GIARRIZZO, T., 2019. First account of plastic pollution impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental Pollution*. 766 e 773.
- ANDRADY, A. L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62, 1596–1605.
- ANDRADY, A. L., 2017. The plastic in microplastics: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 119, 1, 12. 206, 597–604.
- BARNES, D. K. A., GALGANI, F., THOMPSON, R. C., BARLAZ, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions. Of The Royal Society. B* 364:1985–1998.
- BLACKBURN, K., GREEN, D., 2021. The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. *Ambio: A Journal of environment and Society* 51:518–530.
- CERA, A., CESARINI, G., SCALICI, M., 2020. Microplastics in freshwater: What is the news from the World? *Diversity* 12 (7): 276.
- EERKES-MEDRANO, D., THOMPSON, R. C., ALDRIDGE, D. C., 2015. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritization of research needs. *Water Research* 75, 63-82.
- FARRELL, P., NELSON, K., 2013. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*. 177, 1e3.
- FAURE, F., CORBAZ, M., BAECHER, H., ALENCASTRO, L., 2012. Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. *Périodique de la Société de Phisique Et D’Histoire Naturelle de Genève*. 65, 157- 164.
- FREE, C. M., JENSEN, O. P., MASON, S. A., ERIKSEN, M., WILLIAMSON, N. J., BOLDGIV, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*. 85 (1), 156 e 163.
- GEROLIN, C. R., PUPIM, F. N., SAWAKUCHI, A. O., GROHMANN, C. H., LABUTO, G., SEMENSATTO, D., 2020. Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil. *Science of the Total Environment*. 749, 141604.
- GESAMP., 2019. Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean. In: KERSHAW, Peter et al. GESAMP Reports and Studies No. 99. GESAMP Reports and Studies, 130p. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.
- GIARRIZZO, T., ANDRADE. M. C., SCHMID, K., WINEMILLER, K. O., FERREIRA, M., PEGADO, T. S. S., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., FEARNSSIDE, P., 2019.

- Amazonia: the new frontier for plastic pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*. v 17. n 6. p 309-310.
- LEBRETON, L. C. M., VAN DER ZWET, J., DAMSTEEG, J. W., SLAT, B., ANDRADY, A., REISSER, J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*8: 15611.
- LESLIE, H. A., VELZEN, M. J. M. V., BRANDSMA, S. H., VETHAAK, A. D., VALLEJO, J. J. G., LAMOREE, M. H., 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood.
- LINDEQUE, P. K., COLE, M., COPPOCK, R. L., LEWIS, C. N., MILLER, R. Z., WATTS, A. J. R., WILSON-MCNEAL, A., WRIGHT, S. L., GALLOWAY, T. S., 2020. Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*. Volume 265, Part A, 114721.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME)., 2012. Plano Decenal de Expansão de Energia. Brasília, DF, Brazil: MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), p. 386.
- MOORE, C. J., LATTIN, G. L., ZELLERS, A. F., 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Journal of integrated Coastal Zone Management*. 11 (1), 65- 73.
- PEGADO, T. S. S., SCHMID, K., WINEMILLER, K. O., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., DEI, L., GIARRIZZO, T., 2018. First evidence of microplastic ingestion by fishes from the Amazon River estuary. *Marine Pollution Bulletin*. v 133. p 814-821.
- PLASTICS EUROPE., 2010. *Plastics – The Facts 2010*.
- PLASTICS EUROPE., 2019. *Plastics - the facts 2019. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plasticsfacts-2019>.
- RIBEIRO-BRASIL, D. R. G., TORRES, N. R., PICANÇO, A. B., SOUSA, D. S., RIBEIRO, V. S., BRASIL, L. S., ASSIS MONTAG, L. F., 2020. Contamination of stream fish by plastic waste in the Brazilian Amazon. *Environmental Pollution*. v 266. p 115241.
- ROCHMAN, C. M., BROWNE, M. A., UNDERWOOD, A. J., FRANEKER, J. A., THOMPSON, R. C., AMARAL ZETTLER, L. A., 2016. The ecological impacts of marinedebris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology* 97, 302e312.
- ROCHMAN, C. M., HOH, E., KUROBE, T., THE, S. J., 2013. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3:3263.
- SANT'ANNA, B., OLIVEIRA, L. G., HATTORI, G. Y., 2022. Microplastic contamination in bathhouses in the middle Amazon region, Itacoatiara, Brazil. *Research Square*.
- SILVA SPINACÉ, M. A., DE PAOLI, M. A., 2005. *Tecnologia da reciclagem de polímeros*.

- SUTHERLAND, W., CLOUT, M., COTE, I., DASZAK, P., DEPLEDGE, M., FELLMAN, L., FLEISHMAN, E., GARTHWAITE, R., GIBBONS, D., DE LURIO, J., IMPEY, A., LICKORISH, F., LINDENMAYER, D., MADGWICK, J., MARGERISON, C., MAYNARD, T., PECK, L., PRETTY, J., PRIOR, S., REDFORD, K., SCHARLEMANN, J., SPALDING, M., WATKINSON, A., 2010. A horizon scan of global conservation issues for 2010. *Trends in Ecology*. vol. 25, 1 e 7.
- TEUTEN, E. L., SAQUING, J. M., KNAPPE, D. R. U., BARLAZ, M. A., JONSSON, S., BJÖRN, A., ROWLAND, S. J., THOMPSON, R. C., GALLOWAY, T. S., YAMASHITA, R., OCHI, D., WATANUKI, Y., MOORE, C., VIET, P. H., TANA, T. S., PRUDENTE, M., BOONYATYMANOND, R., ZAKARIA, M. P., AKKHAVONG, K., OGATA, Y., HIRAI, H., IWASA, S., MIZUKAWA, K., HAGINO, Y., IMAMURA, A., SAHA, M., TAKADA, H., 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and wildlife. *Philosophical Transactions of The Royal Society*. 364, 2027-2045.
- THOMPSON, R. C., SWAN, S. H., MOORE, C. J., VOM SAAL, F. S., 2009. Our plastic age *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 364, 1973–1976.
- THORNTON, KW. WK., KIMMEL, B. L., PAYNE, E. F., 1990. Perspectives on reservoir limnology. In: Thornton K. W., B. L. Kimmel & E. F. Payne (Coord.). *Reservoir limnology: Ecological perspectives*. *Limnology and Oceanography* 35(6), 1411- 1412.
- TUNDISI, J. G., 1990. Distribuição Espacial, Seqüência temporal e Ciclo Sazonal do fitoplâncton em represa: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 50, n. 4, p. 937-955.
- WAGNER, M., SCHERER, C., ALVAREZ-MUÑOZ, D., BRENNHOLT, N., BOURRAIN, X., BUCHINGER, S., FRIES, E., GROSOBOIS, C., KLASMEIER, J., MARTI, T., RODRIGUEZ-MOZAZ, S., URBATZKA, R., VETHAAK, A., WINTHER-NIELSEN, M., REIFFERSCHIED, G., 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental. Sciences*. 26, 12.
- WRIGHT, S. L., THOMPSON, R. C., GALLOWAY, T. S., 2013. Os impactos físicos dos microplásticos em organismos marinhos: uma revisão. *Environmental Pollution*. 178, 483 e 492.
- ZANIN, M., MANCINI, S. D., 2015. *Resíduos Plásticos e Reciclagem: aspectos gerais e tecnologia*. São Carlos: EdUFSCar.
- ZHANG, K., GONG, W., LV, J., XIONG, X., WU, C., 2015. Accumulation of floating microplastics behind the Three Gorges Dam. *Environmental. Pollution*. 204: 117-23.

Este capítulo está formatado nas normas da revista “Environmental Pollution”,
disponível em: [https://www.elsevier.com/journals/environmental-pollution/0269-7491/guide
for-authors](https://www.elsevier.com/journals/environmental-pollution/0269-7491/guide-for-authors).

ARTIGO

Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia Brasileira: aspectos sazonais e espaciais

1 **Distribuição de Microplásticos na Coluna da Água de Reservatórios da Amazônia**
2 **Brasileira: aspectos sazonais e espaciais.**

3 Oliveira, M. J. T. ^{a,*}, Saraiva, B. C. C. ^{a,*}, Chelazzi, D. ^{b,c}, Cincinelli, A. ^{b,c}, Pereira, S. de F.
4 P.^d, Giarrizzo, T. ^e, Martinelli Filho, J. E. ^a

5 ^a *Laboratório de Ecossistemas Pelágicos, CEABIO, Universidade Federal do Pará. Av. 5 Augusto Corrêa s/n,*
6 *Guamá, Belém, PA, 66075-110, Brazil *tavaresjo@hotmail.com*

7 ^b *Department of Chemistry “Ugo Schiff”, University of Florence, Via della Lastruccia 3, 50019, Sesto 7*
8 *Fiorentino, Florence, Italy*

9 ^c *Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase (CSGI), University of Florence, 9*
10 *Via della Lastruccia 3, 50019, Sesto Fiorentino, Florence, Italy*

11 ^d: *Laboratório de Química Analítica e Ambiental (LAQUANAM). Universidade Federal do Pará. Av. Augusto*
12 *Corrêa s/n, Guamá, Belém, PA, 66075-110, Brazil.*

13 ^e *Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo dos Recursos Aquáticos, Universidade Federal do Pará, Av. 11*
14 *Perimetral 2651, Terra Firme, Belém, PA, 66077-830, Brazil*

15 **RESUMO**

16 A identificação da ocorrência, quantidade e distribuição de potenciais microplásticos na coluna
17 da água dos dos sistemas hídricos das usinas hidrelétricas de Samuel (RO) e Curuá-Una (PA),
18 Amazônia brasileira foram descritos pela primeira vez. O estudo foi realizado durante as
19 estações chuvosa e seca de 2015, a partir de 32 amostras de água superficial coletadas com rede
20 de plâncton (malha de 20 µm). As amostras foram filtradas a vácuo em espaço controlado
21 através de um “ Still air box” de vidro e o conteúdo de cada filtro foi medido, contado e
22 classificado. Foi detectado que todas as amostras continham microplásticos, com distribuição
23 diferenciada, sendo que maiores quantidades ocorreram no período seco em ambos os sistemas.
24 A abundância variou de 260 part/m³ no período chuvoso a 520 part/m³ no período seco em
25 Samuel e de 271 part/m³ no período chuvoso a 640 part/m³ no período seco em Curuá-Una.
26 Essa ocorrência pode estar associada ao volume dos reservatórios, que em períodos de seca
27 diminuem em volume e seu tempo de residência é maior. Destaca-se também que as ocupações
28 urbanas próximas a margem são consideradas as principais fontes terrestres de microplásticos
29 carregados aos corpos d’água. As moderadas quantidades de microplásticos encontradas neste
30 estudo é alarmante, uma vez que os rios contaminados causam diversos problemas
31 socioambientais. Portanto, é imprescindível a inclusão da presença de barragens em modelos
32 de identificação, quantificação e distribuição de microplásticos em bacias hidrográficas e o
33 monitoramento anual destas áreas.

34 **Palavras-chave:** Contaminação; Amazônia; Tapajós; Madeira; Plástico.

35 **ABSTRACT**

36 The identification of the occurrence, quantity and distribution of potential microplastics in the
37 column of water from the riverine systems of the Samuel (RO) and Curuá-Una (PA)
38 hydroelectric powerplants, Brazilian Amazon were described for the first time. The study was
39 carried out during rainy and dry seasons of 2015, from 32 samples of surface water collected
40 with plankton net (20 μm mesh). The samples were vacuum filtered in space controlled through
41 a glass “Still air box” and the content of each filter was measured, counted and classified. All
42 samples were found to contain microplastics, with differentiated distribution, with greater
43 abundances occurring in the dry period for both systems. The abundance varied from 260 part/m
44 ³ in the rainy season and 520 part/m ³ in the dry season in Samuel, and 271 part/m ³ in the rainy
45 season and 640 part/m ³ in the dry period in Curuá-Una. This occurrence can be associated with
46 the volume of the reservoirs, which in periods of drought decrease in volume and their residence
47 time is longer. It is also noteworthy that urban occupations close to margin are considered the
48 main terrestrial sources of microplastics carried to the water bodies. The moderate abundances
49 of microplastics found in this study is alarming, since contaminated rivers cause several socio-
50 environmental problems. Therefore, it is essential to include the presence of dams in models of
51 identification, quantification and distribution of microplastics in watersheds and the annual
52 monitoring of these areas.

53 **Keywords:** Contamination; Amazon; Tapajos; Wood; Plastic.

54 INTRODUÇÃO

55 A intensa ocorrência de microplásticos no meio ambiente, tornou-se alarmante na última
56 década, haja vista, são materiais onipresentes e persistem nos ecossistemas, devido a sua alta
57 resistência e durabilidade (HAMID et al., 2018, COLE., 2011). A alta produção, associada a
58 insuficiente gestão desses materiais a nível mundial, levou a um cenário de deposição e
59 contaminação de ambientes inabitados aos mais impactados (SILVA et al., 2021, ROCHMAN
60 et al., 2013).

61 A maioria dos relatos da distribuição de microplásticos são registrados em ambiente
62 marinhos, contudo, pesquisas em ambientes continentais aumentaram nos últimos anos
63 (HORTON et al., 2017, ZHANG et al., 2018). Uma vez que os rios contribuem com a entrada
64 de polímeros sintéticos para o oceano (LEBRETON et al. 2017, GIARRIZZO et al., 2019,
65 CERA et al., 2020). Microplásticos (Mps) que são transportados através das bacias
66 hidrográficas, podem ficar retidos ao longo das margens dos rios, manguezais e praias,
67 tornando-se ambientes suscetíveis a poluição e deposição de partículas plásticas (LEITE et al.,
68 2014). Estudos iniciais, revelaram a existência de microplásticos em diferentes sistemas de água
69 doce em diversos continentes como no da Europa, Ásia e América do Norte, relatando que a
70 presença de Mps são de diversas fontes, incluindo, origem primárias e secundárias (MOORE et
71 al., 2011, FAURE et al., 2012, FREE et al., 2014, EERKES-MEDRANO et al., 2015).

72 Há estimativas de que o rio Amazonas transporta cerca de $3,22.10^4$ toneladas por ano de
73 resíduos plásticos, tornando-se o 7º rio mais poluidor do mundo (LEBRETON et al., 2017). No
74 entanto, o conhecimento da distribuição, quantidade e consequências dos plásticos ainda são
75 incipientes para a Amazônia. Os registros publicados na bacia amazônica são direcionados a
76 ingestão acidental por peixes de água doce (Serrasalmidae) (ANDRADE et al., 2019), do
77 estuário do rio Amazonas (PEGADO et al., 2018), peixes de riachos amazônicos (RIBEIRO-
78 BRASIL et al., 2020), sedimentos de grandes rios amazônicos (GEROLIN et al., 2020),
79 balneários do médio Amazonas (SANT'ANNA et al., 2022), ou mesmo de praias estuarinas e
80 costeiras (MARTINELLI FILHO, MONTEIRO., 2019, MORAIS et al., 2020).

81 No entanto, o conhecimento de MPs em áreas de reservatórios são raros em relação aos
82 relatados em sistemas marinhos e outros sistemas de água doce no mundo. Na Amazônia, a
83 construção de inúmeros reservatórios para fins de produção de energia elétrica é cada vez maior,
84 e a preocupação quanto ao estresse ambiental causados por esses empreendimentos são
85 relevantes, haja vista, as usinas hidrelétricas resultam nas modificações nos rios,
86 compartimentação e alteração de fluxo (MME., 2012, THORNTON., 1990).

87 Os reservatórios estão constantemente sujeitos a forças naturais (precipitação, ventos e radiação
88 solar) e antrópicas (processos operacionais) (TUNDISI,1990). Estudos a nível mundial
89 revelaram que os reservatórios atuam como sumidouros de partículas plásticas, sendo estas,
90 depositadas em sedimentos à montante da barragem (MBEDZI et al., 2020, WATKINS et al.,
91 2019). Portanto, o objetivo deste trabalho foi pela primeira vez, identificar a ocorrência,
92 quantidade e distribuição de potenciais microplásticos na coluna da água dos reservatórios das
93 usinas hidrelétricas de Samuel e Curuá-Una/Amazônia Brasileira, nas estações chuvosa e seca
94 do ano de 2015 através da análise de amostras de plâncton.

95 MATERIAL E MÉTODOS

96 ÁREA DE ESTUDO

97 Reservatório Curuá-Una

98 O reservatório de Curuá-Una localiza-se a 70 km ao sul da cidade de Santarém no rio
99 Curuá- Una, afluente da margem direita do rio Tapajós, na sua confluência com o rio Amazonas.
100 Encontra-se na latitude 2° 24' 52" S e longitude 54° 42' 36" W, à 68 m acima do nível do mar e
101 distante cerca de 850 km em linha reta a oeste, da capital do estado do Pará (Figura 1 A). O
102 reservatório de Curuá-Una está inserido na bacia hidrográfica do rio Curuá-Una e seus afluentes:
103 rios Moju, Mojuí dos Campos e Igarapé do Poraquê.

104 Sua área alagada é de 102 km² de extensão e profundidade média 5,85 m, volume de
105 472 x 10⁶ m³, vazão mínima de 45 m³/s e máxima de 640 m³/s e o represamento estende-se a
106 cerca de 80 km acima da barragem (ZACARDI et al., 2020). Durante a coleta do período
107 chuvoso (17 a 18/03/2015), a vazão incremental média foi de 332 m³/s, enquanto na coleta do
108 período seco (27 a 28/10/2015), a vazão incremental foi de apenas 88 m³/s (SAR., 2015). A
109 região por sua maior extensão situa-se na área sedimentar da formação Barreiras, do Clásticos-
110 Terciário, apresentando solo ácido com baixo conteúdo de nutrientes. A hidrelétrica teve sua
111 operação iniciada em 1977, possuindo uma área de 78 km², atualmente sua capacidade média de
112 produção de energia é de apenas 30,3 MW (SILVA SÁ, 2017).

113 Santarém possui uma precipitação anual de 2.096 mm com uma época chuvosa bem
114 acentuada no período de fevereiro a maio e uma época seca abrangendo de agosto a novembro.
115 A evaporação total é de 631 mm e a umidade relativa do ar sempre acima de 75 % (JUNK et al.,
116 1981, JATI et al., 2017).

117 Reservatório Samuel – RO

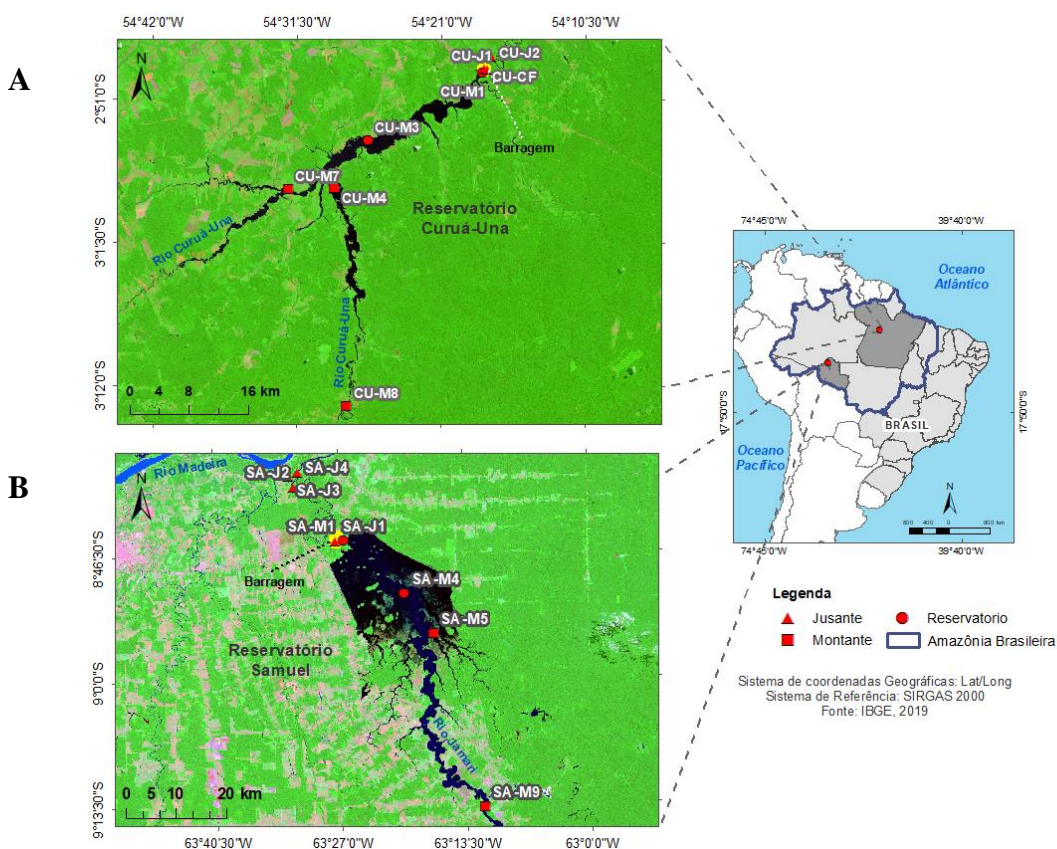
118 Localiza-se na Amazônia Ocidental no estado de Rondônia. A Usina Hidrelétrica de
119 Samuel está aproximadamente entre a latitude 8°45'10" S e longitude 63°25' 0" W, cerca de 52
120 km abaixo de Porto Velho (Figura 1 B). O reservatório de Samuel está inserido na bacia
121 hidrográfica do rio Jamari, com nascente no sudoeste da Serra do Pacaás Novos, próximo a
122 localidade de Catequeamã, com altitude média de 500 m.

123 O rio Jamari desenvolve-se no sentido geral Norte, desembocando na margem direita
124 do rio Madeira, após um percurso de aproximadamente 560 km e drenando uma área de cerca
125 de 29.700 km². A vazão do rio Jamari está consequentemente limitada, com um fluxo anual

126 médio de 366 m³/s. As vazões máximas ocorrem de fevereiro a abril e as mínimas de setembro
 127 a novembro (ANEEL., 2003). Durante a coleta do período chuvoso (30/03 a 01/04/2015), a
 128 vazão incremental média foi de 1095 m³/s, enquanto na coleta do período seco (29/09 a
 129 01/10/2015), a vazão incremental foi de apenas 78 m³/s (SAR., 2015).

130 A hidrelétrica teve sua construção iniciada em abril de 1982 e entrou em operação a
 131 partir de abril de 1989, possuindo uma área de 540 km², profundidade média de 8,4 m, volume
 132 de 3,2 x 10⁹ m³ (FEARNSIDE., 2015). Sua capacidade máxima de geração é de 216 MW,
 133 destinando-se a abastecer o mercado de energia elétrica do sistema Acre–Rondônia (Figura 1
 134 B).

135 **Figura 1-** Localização da área de estudo e estações de coleta no reservatório de Curuá Una, estado do Pará,
 136 Amazônia Brasileira. Jusante: CF, J1, J2; Montante: M4, M7, M8; Reservatório: M1, M3 (A). Localização da área
 137 de estudo e estações de coleta no reservatório Samuel, estado de Rondônia, Amazônia Brasileira. Jusante: J1, J2,
 138 J3, J4; Montante: M5, M9; Reservatório: M1, M4 (B).



139

140 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

141 As coletas ocorreram nos reservatórios de Samuel e Curuá-Una nos meses do período
 142 mais chuvoso (março/abril) e seco (setembro/outubro) do ano de 2015, numa quantidade que
 143 variou entre quatro estações de coleta à jusante (J1, J2, J3 e J4), duas a montante (M5 e M9) e

144 duas dentro do reservatório (M1 e M4) (Reservatório de Samuel) e três à jusante (CF, J1 e J2),
145 três a montante (M4, M7 e M8) e duas dentro do reservatório (M1 e M3) (Reservatório de
146 Curuá-Una).

147 As coletas foram realizadas com o auxílio de um barco, ao longo das represas em
148 estações escolhidas anteriormente pelos planos de monitoramento de cada uma das hidrelétricas
149 (FEARNSIDE., 2015, ELETROBRAS., 1997). Os locais de amostragens foram
150 georeferenciados através de um sistema de posicionamento global GPS (Global Positionning
151 System).

152 As coletas de microplásticos na coluna d'água ocorreram por arrastos verticais
153 padronizados com rede de plâncton de 20 µm de abertura de malha equipada com poitas quando
154 necessário, encaixadas externamente à rede. As redes foram arrastadas lentamente e o material
155 transferido imediatamente para recipientes e preservados em solução Transeaux previamente
156 filtrada. Cada amostra foi devidamente etiquetada, externamente aos recipientes e armazenados
157 em local abrigado, sem exposição de luz direta.

158 ANÁLISE DOS MICROPLÁSTICOS

159 Os procedimentos de análise dos microplástico incluem a filtração das amostras e
160 posterior quantificação e classificação, além de etapas de controle de contaminação. Para
161 reduzir o risco de contaminação, a preparação das amostras foram realizadas em espaço
162 controlado através de um “Still air box” de vidro acoplado a um equipamento de sucção. Todos
163 os equipamentos e materiais utilizados foram esterilizados com álcool a 70 % e limpos com água
164 milli-q (GESAMP, 2019, TORRE et al., 2016). Além disso foi realizado a limpeza com água
165 milli-q de todo os materiais e bancada antes e após o uso conforme proposto por Aytan et al.
166 (2016).

167 Antes do processo de filtração, se fez necessário o controle de contaminantes que podem
168 estar presentes na água e reagente utilizados conforme Prata et al. (2019). Após realizar o
169 controle, ocorre o processo de filtragem, no qual o conteúdo amostral é filtrado por um sistema
170 de filtragem a vácuo com membrana de fibra de vidro GF/F com 47 mm de diâmetro e 0,70 µm
171 de porosidade (Whatman®), onde o material é retido e encapsulado em armazenadores e depois
172 armazenados em dissecador por 24 a 48 horas para evaporar toda umidade da membrana,
173 preservando o material filtrado por mais tempo.

174 A quantificação das partículas e classificação do tipo, forma, cor e tamanho foram
175 realizadas seguindo a literatura (UNEP, 2020), com auxílio de um microscópio estereoscópico
176 (Olympus, modelo CX41).

177 ANÁLISE ESTATÍSTICA

178 A fim de avaliar as diferenças da distribuição dos potenciais microplásticos nos
179 diferentes compartimentos dos sistemas de reservatórios: Montante, Reservatório e Jusante, nos
180 períodos chuvoso e seco do ano de 2015, as variáveis analisadas passaram por testes de
181 normalidade e homocedasticidade por meio dos testes de Shapiro- Wilk e Levene,
182 respectivamente, antes da seleção das análises estatísticas de significância.

183 Para aumentar o número amostral em comparações entre compartimentos (jusante,
184 reservatório e montante) e entre períodos (seco e chuvoso), as diferentes categorias de MPs
185 como fibras, fragmentos, filmes e esferas foram utilizadas como pseudoréplicas (HURLBERT.,
186 1984).

187 Quando as variâncias não foram distribuídas igualmente ($p < 0,05$; teste de Levene), os
188 dados foram normalizados através do teste de Box-Cox, sendo confirmado a normalidade por
189 meio do teste de aderência de Normality Test (SAKIA., 1992). Posteriormente, os dados foram
190 submetidos ao teste de ANOVA e quando a diferença foi significativa, o teste Tukey de
191 comparação de médias foi realizado. Todos os testes utilizaram um nível de significância de 5
192 %.

193 Para verificar a semelhança dos resultados de abundância de MPs entre os reservatórios
194 e em dois períodos distintos, os dados foram submetidos à análise de Cluster (Análises
195 hierárquicas aglomerativas) com base na matriz de abundância (agrupamento em modo R). Tais
196 análises foram feitas com prévia padronização de dados pela transformação de Hellinger,
197 utilizando a distância Euclidiana e posteriormente a análise de agrupamento pelo método de
198 Ward. Para esta análise, foram utilizados os dados de abundância de fibras e de fragmentos. Os
199 demais tipos de Mps foram excluídos da análise, pois ocorrem em menos de 15 % das amostras
200 (LEGENDRE, GALLAGHER., 2001). Todos os testes estatísticos foram realizados através do
201 software R (R CORE TEAM., 2019).

202 **RESULTADOS**

203 Foram detectados potenciais microplásticos em todas as amostras analisadas dos
204 sistemas Samuel (n=16) e Curuá-Una (n=16), nos períodos chuvoso (março/abril) e seco
205 (setembro/outubro) do ano de 2015. Foram identificadas diferentes categorias de partículas
206 como fibras, fragmentos, esferas e filmes.

207 A abundância de tais materiais diferiram significativamente entre os reservatórios e
208 diferentes períodos (ANOVA $p < 0,001$). A abundância variou de 260 part/m³ no período
209 chuvoso a 520 part/m³ no período seco no reservatório Samuel e de 271 part/m³ no período
210 chuvoso a 640 part/m³ no período seco no reservatório de Curuá-Una.

211 Entre os diferentes reservatórios, a abundância de MPs em Samuel no período chuvoso
212 e Curuá-Una no período seco, diferiram estatisticamente ($p = 0,03$). Entretanto, Curuá-Una e
213 Samuel apresentaram distribuição de partículas semelhantes no período seco (Tabela 1).

214 **Tabela 1.** Abundância de microplásticos em águas superficiais dos reservatórios Samuel e Curuá Una nos períodos
215 chuvoso e seco do ano de 2015. *Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível
216 de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

Reservatórios	Abundância de microplásticos (partículas/m ³)
Samuel (chuvoso)	260 ± 221 b
Samuel (seco)	520 ± 339 ab
Curuá- Una (chuvoso)	271 ± 142 ab
Curuá- Una (seco)	640 ± 385 a

217 No reservatório Samuel observou-se grande variação na quantidade de MPs entre os
218 compartimentos e períodos de amostragem, apresentando diferença significativa entre eles ($p <$
219 $0,001$). Na jusante do período seco foram identificadas quantidades significativamente maiores
220 de potenciais MPs (768 ± 247 part/m³) e no compartimento reservatório, menores abundâncias
221 no período chuvoso, $76 \pm 1,4$ part/m³. Já em Curuá-Una não houve diferença estatística entre
222 os compartimentos e períodos ($p = 0,23$) (tabela 2). No entanto, os pontos a montante do período
223 seco foram maiores com cerca de (892 ± 394 part/m³).

224 **Tabela 2.** Abundância de microplásticos em águas dos compartimentos: montante, reservatório e jusante dos
225 sistemas hídricos das hidrelétricas de Samuel e Curuá Una nos períodos chuvoso e seco do ano de 2015. *Médias

226 seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de
227 Tukey.

Local/ Reservatório	Abundância de microplásticos (partículas/m ³)			
	Samuel (chuvoso)	Samuel (seco)	Curuá-Una (chuvoso)	Curuá-Una (seco)
Reservatório	76 c	175 c	142 a	245 a
Montante	158 b	370 b	297 a	892 a
Jusante	403 a	768 a	332 a	651 a

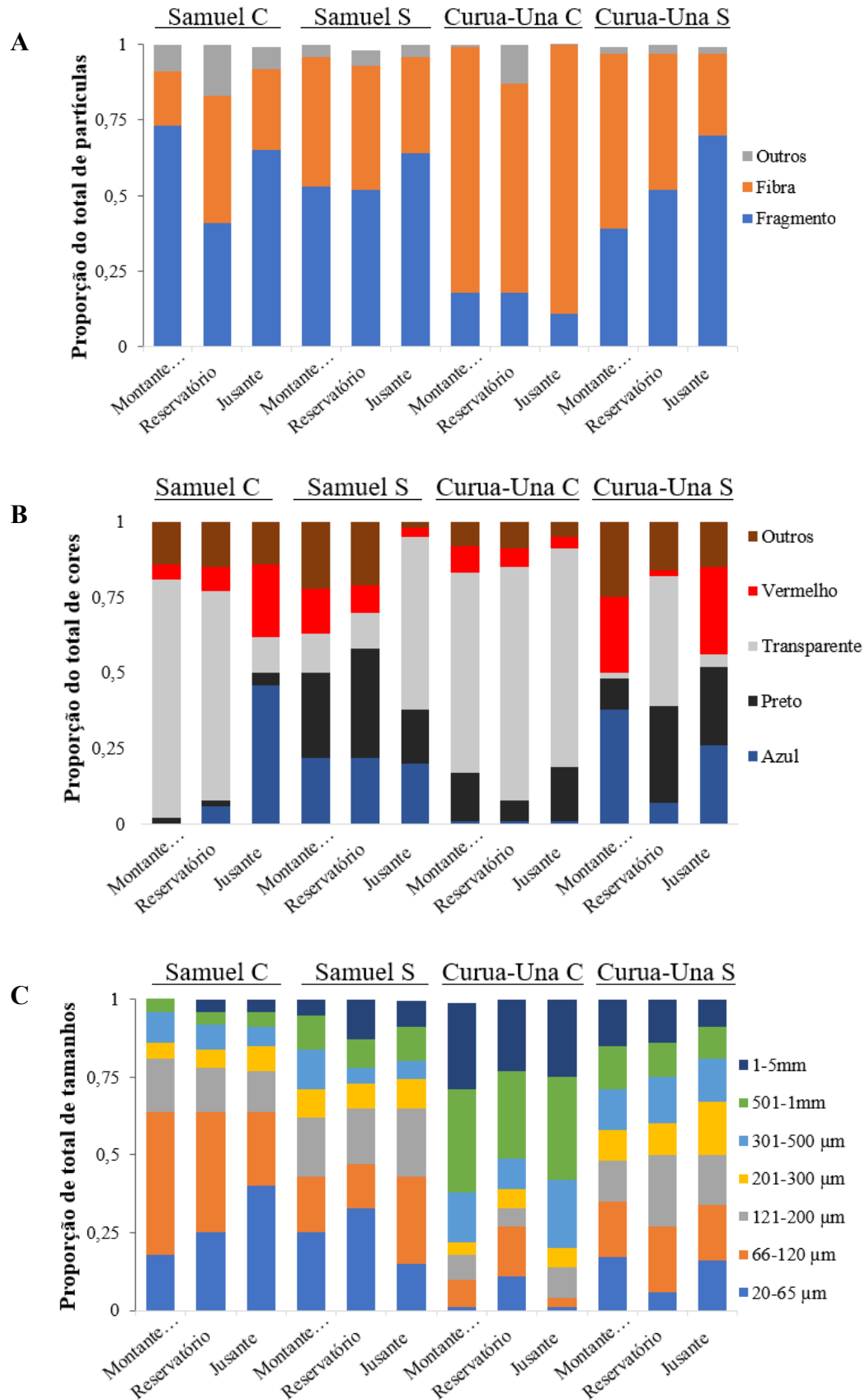
228 As formas dos potenciais microplásticos foram classificados em fragmentos e fibras
229 como os tipos mais frequentes, representando cerca de 95% das partículas em todas as amostras.
230 Todavia, também foram identificadas outras partículas de menores frequências como filmes e
231 esferas, totalizando em média 5 % de potenciais microplásticos em ambos os reservatórios. Tais
232 Mps foram agrupados na categoria “outros”.

233 No sistema hídrico de Samuel os fragmentos foram a categoria mais comum de MPs (64
234 %), com maiores abundâncias à jusante do período seco, com média de 492 ± 126
235 fragmentos/m³ e menores abundâncias nos pontos dentro do reservatório no período chuvoso,
236 com média de (23 ± 24) fragmentos/m³. As fibras encontradas totalizaram em média 32 % do
237 total de partículas, com maiores contribuições à jusante do período seco (249 ± 165 fibras/m³)
238 e menores ocorrências nos pontos dentro do reservatório no período chuvoso (22 ± 6 fibras/m³).
239 Esferas e filmes foram encontradas em média de 4 % com maiores quantidades na jusante do
240 período chuvoso com média de 34 ± 24 part/m³ e menores nos pontos dentro do reservatório no
241 período seco com média de 10 ± 6 part/m³ (Figura 2 A).

242 No sistema hídrico de Curuá-Una foi encontrado uma média de 35 % de fragmentos
243 com maiores abundâncias nos pontos a jusante do período seco (384 ± 151 fragmentos/ m³) e
244 menores quantidades nos pontos dentro do reservatório no período chuvoso, apresentando $26 \pm$
245 6 fragmentos/m³. Fibras representaram cerca de 60 % do total de MPs, com maior abundância
246 nos pontos a montante do período seco (532 ± 308 fibras/m³) e menores ocorrências nos pontos
247 dentro do reservatório do período chuvoso (99 ± 15 fibras/m³). Outras categorias como filmes
248 e esferas totalizaram em média 5 % com maiores abundâncias nos pontos a montante do período
249 seco com média 11 ± 9 part/m³ (Figura 2 A).

250
251
252

Figura 2. Distribuição das formas (A), cores (B) e tamanhos (C) de potenciais microplásticos nos compartimentos dos sistemas de Samuel e Curua-Una: Montante, Reservatório e Jusante nos períodos chuvoso (c) e seco (s) do ano de 2015.



253

254 Em relação as cores, as que mais se destacaram foram: transparente, azul, vermelho e
255 preto com cerca de 86 % de ocorrência em ambos reservatórios. No entanto, também foram
256 identificadas outras cores (verde, branco, cinza, marron, amarelo, roxo, verde oliva e laranja)
257 constituindo no total 14 % de ocorrência, consideradas como a categoria outros (Figura 2B).

258 No sistema hídrico de Samuel no período chuvoso, as cores mais encontradas de MPs
259 foram azul correspondente a (46 %), vermelho (24 %) nos pontos a jusante e transparente (79
260 %) nos pontos a montante. Já no período seco, as que mais se destacaram foram transparente
261 (57 %), azul (20 %) e preto (18 %) nos pontos a jusante (figura 2 B).

262 Nas áreas adjacentes a hidrelétrica de Curuá-Una no período chuvoso, a cor que mais se
263 destacou foi transparente (72 %) para todos os compartimentos. No período seco as colorações
264 mais encontradas foram azul (32 %), vermelho (27 %) e preto (18 %) nos pontos a jusante e a
265 montante e nos pontos do compartimento reservatório a cor transparente (43 %) (figura 2 B).

266 Observou-se uma variação nos dados, porém é válido considerar que o sistema hídrico
267 de Samuel nos dois períodos (chuvoso e seco) possuem características semelhantes ao sistema
268 hídrico de Curuá-Una no período chuvoso. Assim, a distribuição de cores dos potenciais MPs
269 distribuíram-se de forma semelhante nos dois reservatórios nestes períodos. O reservatório de
270 Curuá-Una no período seco apresentou características distintas nos períodos.

271 Os MPs também foram classificados em categorias de tamanho para o sistema hídrico
272 de Samuel e distribuídas da seguinte maneira: 20-65 μm (26 %), 66 – 120 μm (28 %), 121 –
273 200 μm (17 %), 201 – 300 μm (7 %), 301 – 500 μm (8 %), 501 – 1 mm (8 %) e 1 – 5 mm (6
274 %). Para o sistema hídrico de Curuá-Una a distribuição de tamanho foi de: 20-65 μm (9 %), 66
275 – 120 μm (14 %), 121 – 200 μm (13 %), 201 – 300 μm (9 %), 301 – 500 μm (15 %), 501 – 1
276 mm (22 %) e 1 – 5 mm (19 %).

277 No sistema hídrico de Samuel no período chuvoso, a faixa de tamanho mais comum
278 estava no intervalo de 20-65 μm , com uma média $160 \pm 167 \text{ part/m}^3$ e 66– 120 μm , com média
279 $96 \pm 30 \text{ part/m}^3$ nos pontos a jusante e os menores estavam na faixa de 1 – 5 mm com média 3
280 $\pm 4 \text{ part/m}^3$ nos pontos dentro do reservatório. No período seco, os tamanhos mais frequentes
281 estavam nos intervalos de 66 – 120 μm com média $214 \pm 103 \text{ part/m}^3$, 121 – 200 μm com média
282 $172 \pm 57 \text{ part/m}^3$ e 20-65 μm com média $116 \pm 162 \text{ part/m}^3$ nos pontos a jusante,
283 respectivamente. Os menores estavam na faixa de 301 – 500 μm com média $9 \pm 8 \text{ part/m}^3$ nos
284 pontos dentro do reservatório (Figura 2 C).

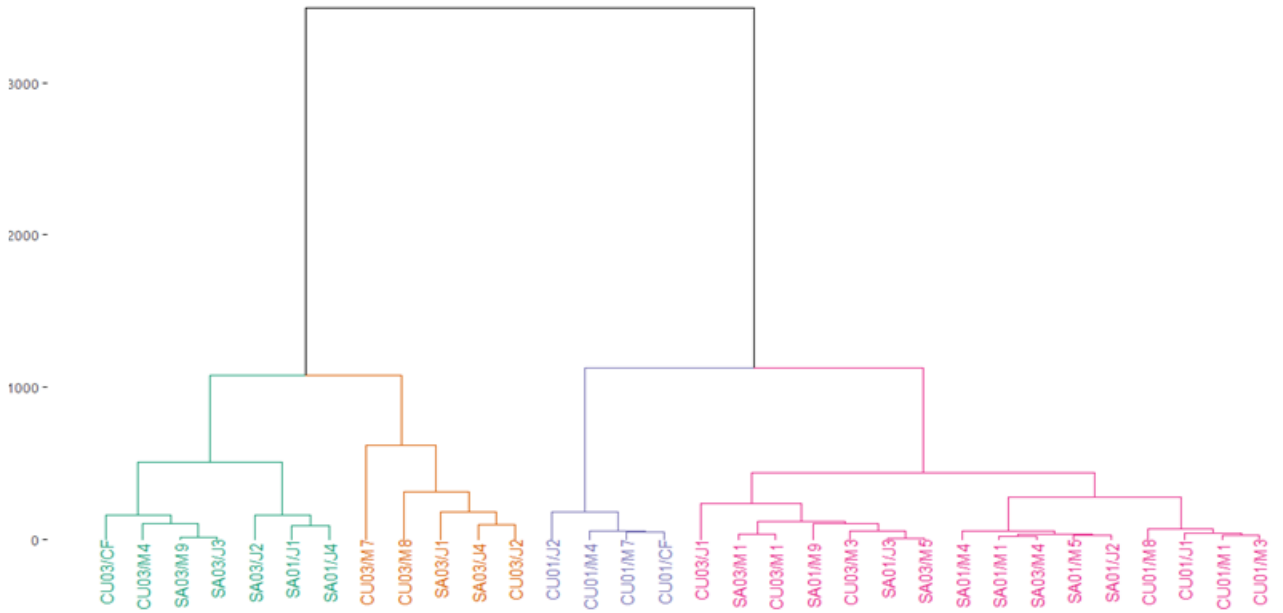
285 No sistema hídrico de Curuá-Una no período chuvoso os tamanhos mais encontrados
286 estavam no intervalo de 501 – 1.000 μm com média $101 \pm 26 \text{ part/m}^3$ nos pontos a montante e
287 nos pontos a jusante com média $97 \pm 68 \text{ part/m}^3$, assim como no intervalo de 1 – 5 mm nos

288 pontos a montante (84 ± 47 part/m³). A menor abundância foi encontrada no intervalo de 20-
289 65 μm com média 2 ± 4 part/m³. No período seco os tamanhos mais comuns encontraram-se
290 nos intervalos 20-65 μm (157 ± 154 part/m³) nos pontos a jusante e à montante (148 ± 50
291 part/m³), no intervalo 66– 120 μm com média 154 ± 43 part/m³ nos pontos a montante e $125 \pm$
292 70 part/m³ nos pontos a jusante, nos intervalos 121 – 200 μm com média 115 ± 67 part/m³ nos
293 pontos a montante, assim como, entre 301 – 500 μm com média 118 ± 59 part/m³, 501 – 1 mm
294 com média 128 ± 84 part/m³, 1 – 5 mm com média 135 ± 76 part/m³ nos pontos a montante. Já
295 os tamanhos em menores ocorrências foi no intervalo de 20-65 μm nos pontos dentro do
296 reservatório (17 ± 3 part/m³, Figura 2 C).

297 Na análise hierárquica aglomerativa (Cluster), observou-se a formação de quatro grupos
298 de estações de coleta, baseados na abundância das formas de microplásticos (fibras e
299 fragmentos), (Figura 6). O primeiro grupo é formado pelo sistema hídrico de Samuel no período
300 seco, no ponto a montante (M9), a jusante (J1, J3 e J4) e no período chuvoso nos pontos a
301 jusante (J1 e J4) agrupando-se com o pontos a jusante (CF) e a montante (M4) do reservatório
302 Curuá-Una no período seco, que foram os locais e períodos apresentando maiores abundâncias
303 de MPs. O agrupamento foi formado geralmente por estações de coleta do compartimento
304 jusante e do período seco (71,4 %). No segundo grupo, pontos a jusante (J1 e J4) do sistema
305 hídrico de Samuel no período seco agruparam-se com pontos a montante (M7 e M8) e a jusante
306 (J2) de Curuá-Una no período seco. Todas os pontos são referentes ao período seco, com
307 proporções de fibras superiores a de fragmentos, entre 50 % a 69 %.

308 No terceiro agrupamento, todos os pontos são referentes ao sistema hídrico de Curuá-
309 Una no período chuvoso, tendo agrupado pontos a montante (M4 e M7) e a jusante (J2), os
310 quais foram os pontos com maiores proporções de fragmentos (entre 66 % a 70 %). No quarto
311 e maior grupo, 60 % das amostras são referentes ao período chuvoso. Dentre os pontos (64 %)
312 estão no compartimento reservatório e à montante, apenas 36 % dos pontos são referentes à
313 jusante. Agrupamentos no período seco corresponderam a 40 %. Os pontos em sua maioria
314 encontram-se no compartimento reservatório e a montante (90 %) e com 10 % a jusante. Estes
315 agrupamentos são formados por amostras que apresentaram as menores proporções de fibras e
316 fragmentos.

317 **Figura 3.** Análise hierárquica aglomerativa (cluster) em modo R com base na abundância (Part/m³) de potenciais
 318 microplásticos nos diferentes compartimentos das hidrelétricas de Samuel e Curuá Una no ano de 2015.
 319 *Reservatório Samuel: (M1 e M4: Reservatório, M5 e M9: Montante, J1, J2, J3 e J4: Jusante).
 320 *Reservatório Curuá una: (M1 e M3: Reservatório, M4, M7 e M8: Montante, CF, J1 e J2: Jusante). Ambos: 01:
 321 período chuvoso; 03: período seco.



322

323 **DISCUSSÃO**

324 Os microplásticos estão distribuídos nos diversos habitats no mundo, evidenciando sua
325 onipresença e que podem se acumular em áreas de reservatórios, tornando-os importantes
326 ambientes para a deposição ou transporte de partículas plásticas ao longo dos rios (ZHANG et
327 al., 2017., LEBRETON et al., 2017). Neste estudo, todas as amostras continham potenciais
328 microplásticos, com distribuição diferenciada, sendo que maiores quantidades ocorreram no
329 período seco em ambos os sistemas. Essa ocorrência pode estar associada ao volume dos
330 reservatórios, que em períodos de seca diminuem em volume e o tempo de residência das águas
331 é maior. Além disso, os MPs possivelmente são sedimentados e/ou ficam retidos na coluna de
332 água nos compartimentos anteriores ao barramento (NEL et al., 2018).

333 Para o sistema adjacente à hidrelétrica de Samuel, a maior quantidade de MPs ocorreu
334 a jusante e no período seco. Tal resultado pode estar relacionado com as ocupações urbanas
335 nesta área, as quais estão em média a 25 km da margem e são consideradas as principais fontes
336 terrestres de MPs carregados aos corpos d'água (DRIS et al., 2018). Adicionalmente, destaca-se
337 o baixo tratamento de resíduos sólidos urbanos nos municípios onde localizam-se os pontos a
338 jusante, por exemplo, Candeias do Jamari que segundo o IBGE (2010) apresenta 9,6 % de
339 esgotamento sanitário adequado.

340 Pode-se levar em consideração também as comunidades rurais que utilizam produtos
341 plásticos e não possuem tratamento adequado de resíduos, queimando 74 % dos resíduos na
342 propriedade (PNSR, 2010). Ainda para Samuel, o desmatamento é observado em larga escala
343 no entorno do reservatório, podendo influenciar o carreamento de resíduos plásticos na área,
344 uma vez que os maiores índices de desmatamento ocorreram nos assentamentos do INCRA na
345 região, chegando a 57 % em 2015 (INCRA, 2015, NASCIMENTO et al., 2009).

346 A quantidade de estudos publicados sobre reservatórios em nível mundial ainda é
347 bastante limitado (Tabela 3). O presente resultado diferiu de trabalhos realizados, como no
348 reservatório Rieselfelder de Muenster na Alemanha, em que as abundâncias de MPs mais baixas
349 ($3,4 \pm 2,2$ part/m³) encontravam-se a jusante do reservatório (HUBNER et al., 2020).

350 A menor quantidade de MPs ocorreu dentro do compartimento reservatório no período
351 chuvoso, inferindo que o reservatório Samuel também pode ser um exportador de
352 microplásticos, onde no período em que se aumenta o fluxo da água, o mesmo poderia ser tornar
353 uma fonte e transportar os detritos plásticos para outras áreas à jusante e conseqüentemente
354 apresentando menores níveis dentro do reservatório (MBEDZI et al., 2020). Adicionalmente, o
355 maior volume de água no reservatório durante o período chuvoso pode levar a uma diluição da

356 quantidade de MPs, resultando em menores abundâncias nesse período. Tal fenômeno já foi
357 descrito para comunidades zooplancônicas (SIMÕES et al., 2009), portanto poderia ocorrer
358 também com MPs em suspensão na coluna de água.

359 No sistema hídrico de Curuá-Una as abundâncias de potenciais microplásticos a jusante
360 no período seco, também podem estar relacionados com a ocupação a margem do reservatório,
361 pois, fragmentos podem ser originados a partir da quebra de MPs advindos do descarte
362 incorreto de atividades antrópicas (DALU et al., 2019). Os pontos encontram-se em média a
363 63 km cidade de Santarém, a qual apresenta apenas 38,1 % de esgotamento sanitário adequado
364 e é a terceira cidade mais populosa do estado (IBGE., 2020). A área do reservatório é utilizada
365 para diversas atividades, dentre elas estão a pesca, abastecimento e geração de energia (JATI et
366 al., 2017), associados a comunidades tradicionais e propriedades rurais associadas às práticas
367 da agricultura e pecuária. As altas abundâncias de fibras a montante estão provavelmente
368 relacionadas com descarte de atividades de pesca, efluentes domésticos e lavagem de roupas
369 com tecidos sintéticos que liberam fibras plásticas, visando que a área do reservatório é utilizada
370 para usos múltiplos (BROWNE et al., 2011, WU et al., 2018). O resultado aqui descrito
371 corroborou com a pesquisa de Di et al. (2017) no reservatório das Três Gargantas (China), onde
372 as fibras foram numericamente mais abundantes nas águas superficiais, sendo atribuído a
373 atividades humanas dentro da bacia hidrográfica (Tabela 3).

374 Uma parte dos microplásticos retidos a montante transportados pela água do rio, não
375 alcançam a área de influência das turbinas das usinas, e conseqüentemente sedimentam na área
376 do reservatório (VAN CAUWENBERGHE et al., 2013, MBEDZI et al., 2020). O agregamento
377 de partículas plásticas com matéria orgânica pode aumentar o tamanho das partículas e
378 aumentar sua densidade relativa, causando a sedimentação de MPs (LONG et al., 2015, NEL
379 et al., 2019). O mesmo padrão foi encontrado para o reservatório Jiayan na China, apresentando
380 maiores quantidades de MPs em águas superficiais a montante do que no compartimento
381 reservatório, destacando que a proximidade da barragem e as condições baixas da
382 hidrodinâmica ampliam o potencial de retenção de MPs (NIU et al., 2021) (Tabela 3). Os
383 municípios onde os pontos a montante estão inseridos são Belterra apresentando 20,7 % e Placas
384 com 1,4 % de esgotamento sanitário adequado (IBGE, 2010).

385 As cores transparente, azul, vermelho e preto mais encontradas neste estudo em ambos
386 os reservatórios, evidenciam a diversidade distribuídas ao longo dos rios, podendo ser
387 relacionadas com as ocupações ao entorno dos reservatórios e as diversas atividades ocorridas
388 dentro da bacia (FERREIRA et al., 2020, MANI et al., 2015). Nos sistemas de Samuel e Curuá-
389 Una no período chuvoso, as cores azul e vermelho nos pontos a jusante e transparente nos

390 pontos a montante, jusante e compartimento reservatório, refletem as atividades ligadas a pesca,
391 podendo ser quebra de artes de pesca envelhecidas, como redes e cordas, efluentes de águas
392 residuais, detritos da agricultura e pecuária, como recipientes de medicamentos veterinários,
393 cordas e containers, embalagens de semente ou podem estar sob processo de degradação
394 (MICHAEL., 2017, KELLY et al., 2019). Vale destacar que fibras transparentes podem ser
395 compostas de celulose, de origem natural ou antrópica (MARTINELLI FILHO, MONTEIRO.,
396 2019).

397 No período seco, para ambos sistemas as cores podem ser ligadas as mesmas atividades,
398 transparente pode estar indicando partículas envelhecidas pelo processo de intemperismo,
399 enquanto azul, vermelho e preto geradas a partir das práticas agrícolas, coberturas vermelhas e
400 azuis são utilizadas por refletirem distintos padrões de radiação (SILVA et al., 2020, LAMONT,
401 2017, BORREANI et al., 2017).

402 As cores são importantes na caracterização dos microplásticos, pois, são associadas aos
403 riscos envolvendo a biota aquática, haja vista, alguns estudos em rios, riachos e estuários
404 amazônicos apresentam a ingestão de microplásticos por peixes de diversos hábitos alimentares
405 (ANDRADE et al., 2019, PEGADO et al., 2018, RIBEIRO-BRASIL et al., 2020). Os
406 organismos aquáticos confundem partículas plásticas de cores semelhantes as suas
407 presas/alimentos (FERREIRA et al., 2020), enquanto alguns são generalistas e ingerem uma
408 série de itens, incluindo partículas de diversas cores. Assim, muitas espécies podem consumir
409 plásticos acidentalmente por atração olfativa ou visual (MAURO et al., 2017, SAVOCA et al.,
410 2017). Por consequência, o pescado que é a base alimentar de muitas comunidades ribeirinhas,
411 pode contaminar tais consumidores finais. A ingestão de peixes contaminados com plásticos
412 podem causar efeitos nocivos a saúde, como efeitos imunotóxicos (SELTENRICH, 2015,
413 BLACKBURN et al., 2021, LESLIE et al., 2022).

414 Outra importância dar-se-á ao tamanho dos MPs, todavia, estes chegam aos corpos
415 hídricos e perduram por muitas décadas, sendo cada vez mais deteriorados e alcançando
416 tamanhos nanoscópicos, tornando-se muito mais nocivo ao meio ambiente e a biota (MOORE,
417 2008, BOUWMEESTER et al., 2015, FOSSI et al., 2017).

418 No sistema hídrico de Samuel em ambos períodos os tamanhos mais encontrados
419 estavam nos intervalos de 20-200 μm . Esses MPs de pequeno tamanho podem ser originados a
420 partir da quebra de plásticos maiores como garrafas de plásticos, sacos e redes de pesca através
421 do intemperismo e outros processos de degração (PENG et al., 2020, SONG et al., 2018).
422 Partículas plásticas menores tem maior possibilidade de movimentação, podendo chegar até as
423 áreas remotas com pouca ou nenhuma população humana (CINCINELLI et al., 2017).

424 Este trabalho evidencia a importância da amostragem com malha de 20 µm, pois, uma
425 grande quantidade de microplásticos menores são ignorados pela literatura, uma vez que as
426 amostragens geralmente são realizadas com malhas maiores de 300 µm (LINDEQUE et al.,
427 2020, GARCIA et al., 2020, GALGANI et al., 2021). Um exemplo é o reservatório Rieselfelder
428 de Muenster na Alemanha, onde foi realizado um estudo avaliando a abundância de MPs na
429 superfície da água, utilizando uma malha de 200 µm (HUBNER et al., 2020), resultando em
430 valores cerca de uma ordem de grandeza menor do que o encontrado aqui. Outro ainda,
431 realizado no reservatório Jiayan na China, MPs de pequeno porte, na faixa de 30 µm – 5 mm,
432 foram contabilizados, resultando em valores altos como 27.500 ± 23.300 part/m³. Os autores
433 ressaltaram que se essa faixa fosse ignorada, a abundância média de MPs seria quatro vezes
434 menor do que de fato está acumulando no reservatório (NIU et al., 2021) (Tabela 3). Ignorar a
435 presença de microplásticos menores pode levar a uma acentuada subestimação dessas partículas
436 no ambiente (WANG et al., 2018).

437 No sistema hídrico de Curuá-Una no período chuvoso, ocorreu mais aporte de MPs na
438 faixa de tamanho 501 µm-1 mm e de 1-5 mm nos pontos a montante e a jusante, visando que a
439 entrada de microplásticos nos corpos hídricos se dão por várias rotas, como descarga de águas
440 residuais, águas pluviais e lixos descartados irregularmente pela população, onde nos períodos
441 de maior fluxo dos rios tende a aumentar devido ao carreamento dos resíduos (BROWNE et al.,
442 2011, SILVA CAVALCANTI et al., 2017, GESAMP., 2019). Ainda, eventos pontuais podem
443 alterar a dinâmica dos MPs na água, como fortes ventos e chuvas resultando em ressuspensão
444 e entrada de MPs por transporte da água da chuva (ZYLSTRA., 2013, NIZZETTO et al., 2016),
445 ou mesmo maiores aportes resultantes de feriados (DEVEREUX et al., 2022).

446 No período seco todos os intervalos de tamanhos foram evidentes, portanto, a
447 distribuição dos tamanhos de MPs correspondem as suas taxas de geração e degradação
448 (ZHANG et al., 2015). Contudo, a faixa de 20-200 µm foram ainda mais expressivas. Pode-se
449 inferir que os MPs carregados para dentro dos corpos de água no período chuvoso podem
450 permanecer nesse ambiente e, com a diminuição do fluxo do rio, as partículas originadas a partir
451 da quebra de resíduos maiores são evidenciadas, pois ao longo do tempo, processos de
452 degradação ocorrem com a ação do intemperismo e exposição direta à luz solar, resultando em
453 maior dispersão (SONG et al., 2017, ANDRADY, 2011).

454 Os tamanhos das partículas plásticas são importantes, pois afetarão a capacidade de
455 adsorção e lixiviação de diversas substâncias tóxicas como os pesticidas, PCBs, dioxinas e
456 metais (ROCHMAN et al., 2013).

457 Na análise hierárquica aglomerativa, destacou-se as semelhanças e diferenças entre os
458 reservatórios, onde agrupamentos ocorreram, podendo ter relações com as diversas ocupações
459 ao entorno dos dois reservatórios, onde as atividades na bacia são parecidas (pesca, agricultura,
460 pecuária, abastecimento e geração de energias) e a má gestão de resíduos originados dessas
461 atividades podem levar ao carreamento de plásticos para os rios (LIN et al, 2021, KIN et al.,
462 2021).

463 Outro fator que pode ser associado as maiores quantidades de Mps em Curuá Una
464 quando comparado à Samuel é seu menor volume sendo $472 \times 10^6 \text{ m}^3$ e por possuir 43 anos de
465 existência (SANTOS et al., 2019), enquanto Samuel possui um volume de $3,2 \times 10^9 \text{ m}^3$ e 33
466 anos de existência (FEARNSIDE., 2015). Desde esse período ocorreu um crescimento
467 populacional maior que o esperado na área dos reservatórios, acentuando a substituição das
468 matas ciliares por culturas agrícolas e pastos, proporcionado pela política de ocupação da terra
469 por meio dos programas de assentamento desenvolvido pelo INCRA (CASTRO., 2009).

470 A diferença de idade e volume entre os reservatórios podem influenciar na distribuição
471 de microplástico, haja vista, Curuá-Una está recebendo por muito mais tempo os detritos
472 plásticos das áreas ao entorno, ficando mais evidente a sua contaminação. Já no sistema Samuel
473 o volume maior e idade menor pode caracterizar menor distribuição de MPs e menos tempo de
474 recebimento e retenção desses resíduos.

475 Comparações da abundância de microplásticos na água dos reservatórios Samuel e
476 Curuá-Una com outras áreas de reservatórios no mundo são mostrados na tabela 3. As
477 abundâncias de MPs na água dos sistemas hídricos de Samuel e Curuá-Una, estão acima
478 daquelas encontradas no reservatório BíoBio/Chile (CORREA-ARANEDA et al., 2022),
479 Rieselfelder Munster/Alemanha (HUBNER et al., 2020), Süreyyabey/Turquia
480 (TAVŞANOĞLU et al., 2020), Gariep e Van Der Kloof/ África do sul (WEIDEMAN et al.,
481 2019).

482 Valores relativamente altos neste trabalho, podem ser explicados pelo uso de uma
483 malha de $20 \mu\text{m}$, enquanto a maioria destes estudos mencionados acima utilizaram malhas
484 maiores (50 a $330 \mu\text{m}$), com exceção de Belo Monte e Tucuruí (Em estudo). Contudo, os
485 achados neste trabalho foram inferiores aos reservatórios Jiayan/China (NIU et al., 2021),
486 Danjiangkou/China (LIN et al., 2021), Fall Creek e Six Mile Creek/New York (WATKINS et
487 al., 2019), Three Gorges/China (DI et al., 2017), Guanyingyan/China (LIU et al., 2022),
488 Guarapiranga/Brasil (GEROLIN., 2020), Jombor/Indonésia (RAHMAYANTI et al., 2022) e
489 Sürgü/Turquia(TURHAN., 2021), possivelmente explicados por outros fatores locais ou até

490 mesmo, diferentes métodos como utilização de peneiras de aço (Tabela 3). Consequentemente
491 é necessário, estabelecer métodos padronizados para estudar o grau de poluição dos MPs.

Tabela 3. Abundância de microplásticos em água superficial dos reservatórios à nível mundial.

Autor	Reservatório/Local	Método	Abundância (partícula/m³)	Tamanho
DI; WANG, 2017	Three Gorges Reservoir/China	Peneira de aço 48 µm	4703 ± 2816	< 500 µm - 5 mm
WEIDEMAN; PEROLD; RYAN, 2019	Gariiep e Van Der Kloof/África do Sul	Rede de plancton 300 µm	210 (média)	-
WATKINS ET AL., 2019	Fall Creek e Six Mile Creek/ New York	Rede de plâncton 335 µm	5500 (média)	-
HUBNER ET AL., 2020	Rieselfelder Münster/Alemanha	Rede de plâncton 200 µm	19.9 ± 7.3 - 3.4 ± 2.2	200 µm < 1mm
GEROLIN, 2020	Guarapiranga/Brasil	Peneira de aço de 63 µm	150-3100	63 - 1000 µm
TAVŞANOĞLU ET AL., 2020	Süreyyabey/Turquia	Rede de plâncton 330 e 100 µm	5.25 - 4.09 (média)	-
TURHAN, 2021	Sürgü/Turquia	Peneira de aço de 1000 µm, 200 µm e 91 µm	106.63 - 200	100 µm -3.25 mm
LIN ET AL., 2021	Danjiangkou/China	Peneira de aço de 75 µm	7205 (média)	75 µm - 5 mm
RAHMAYANTI ET AL., 2022	Jombor/Indonésia	Rede de plancton 200 µm	2400 - 4500	< 1.5 >3.3 mm
CORREA-ARANEDA ET AL., 2022	Biobío/Chile	Rede de plâncton 50 µm	42 ± 14	847.1 - 1,482.6 µm (média)
LIU ET AL., 2022	Guanyingyan/China	Peneira de aço 75 µm	1600 - 13040 (média)	50 µm - 5 mm
NIU ET AL., 2021	Jiayan/China	Peneira de aço 48 µm	27500 ± 23300	30 µm - 5 mm
Em estudo	Samuel/Amazônia	rede de plâncton 20 µm	390 ± 184 (média geral)	20 µm - 5 mm
Em estudo	Curuá-Una/Amazônia	rede de plâncton 20 µm	456 ± 261 (média geral)	20 µm - 5 mm
Em estudo	Tucuruí/Amazônia	rede de plâncton 20 µm	343 ± 530	20 µm - 5 mm
Em estudo	Belo Monte/Amazônia	rede de plâncton 20 µm	247 ± 66	20 µm - 5 mm

493 **CONCLUSÃO**

494 Este estudo fornece evidências de que os reservatórios Samuel (RO) e Curuá-una (PA),
495 estão contaminados com microplásticos, haja vista, os achados indicam que os referidos
496 sistemas estão provavelmente recebendo partículas plásticas das áreas adjacentes. No período
497 seco, estão atuando como prováveis acumuladores e no período chuvoso como exportadores,
498 apresentando menores quantidades de MPs no compartimento reservatório.

499 As moderadas quantidades de MPs encontradas neste estudo é alarmante, uma vez que
500 os rios contaminados causam diversos problemas socioambientais, como danos aos organismos,
501 bioacumulação, biomagnificação e possíveis efeitos para o homem. Contudo, ressalta-se a
502 importância de incluir a presença de barragens em modelos de identificação, quantificação e
503 distribuição de microplásticos em bacias hidrográficas. Sugere-se que o monitoramento destas
504 áreas seja feito anualmente e que análises dos sedimentos de tais sistemas sejam realizados para
505 complementar esta investigação.

506 **REFERÊNCIAS**

- 507 ANDRADE, M. C., WINEMILLER, K. O., BARBOSA, P. S., FORTUNATI, A., CHELAZZI,
508 D., CINCINELLI, A., GIARRIZZO, T., 2019. First account of plastic pollution
509 impacting freshwater fishes in the Amazon: Ingestion of plastic debris by piranhas and
510 other serrasalmids with diverse feeding habits. *Environmental Pollution*. 766 e 773.
- 511 ANDRADY, A. L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*
512 62, 1596–1605. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030.
- 513 ANEEL., 2003. Agência Nacional de Energia Elétrica. <http://www.aneel.gov.br>. Agência
514 Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF. 2003.
- 515 AYTAN, U., VALENTE, A., SENTURK, Y., USTA, R., SAHIN, F. B. E., MAZLUM, R. E;
516 AGIRBAS, E., 2016. First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters.
517 *Marine environmental research*, 119, 22-30. 2016.
518 Doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.009.
- 519 BLACKBURN, K., GREEN, D., 2021. The potential effects of microplastics on human health:
520 What is known and what is unknown. *Ambio: A Journal of environment and Society*
521 51:518–530. Doi.org/10.1007/s13280-021-01589-9.
- 522 BORREANI, G., TABACCO, E., 2017. Plásticos na produção animal. Um guia para a
523 fabricação, desempenho e potencial de plásticos na agricultura. Copyright © Elsevier.
524 Doi.org/10.1016/B978-0-08-102170-5.00009-9.
- 525 BOUWMEESTER, H., HOLLMAN, P. C. H., PETERS, R. J. B., 2015. Potential health impact
526 of environmentally released micro- and nanoplastics in the human food production
527 chain: experiences from nanotoxicology. *Environmental Science Technology* 49 (15),
528 8932–8947. Doi.org/10.1021/acs.est.5b01090.
- 529 BROWNE, M. A., CRUMP, P., NIVEN, S. J., TEUTEN, E., TONKIN, A., GALLOWAY, T.,
530 THOMPSON, R., 2011. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources
531 and sinks. *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.
532 Doi.org/10.1021/es201811s.
- 533 CASTRO, M. C. A., 2009. Relação campo-cidade e a dinâmica capitalista um estudo no oeste
534 do estado do Pará-município de Santarém. XIX Encontro Nacional de Geografia
535 Agrária, São Paulo, p. 1-30. [https://xdocs.com.br/doc/relaao-campo-cidade-e-a-](https://xdocs.com.br/doc/relaao-campo-cidade-e-a-dinamica-capitalista-um-estudo-no-oeste-do-estado-do-para-municipio-de-santarem)
536 [dinamica-capitalista-um-estudo-no-oeste-do-estado-do-para-municipio-de-santarem](https://xdocs.com.br/doc/relaao-campo-cidade-e-a-dinamica-capitalista-um-estudo-no-oeste-do-estado-do-para-municipio-de-santarem).
- 537 CERA, A., CESARINI, G., SCALICI, M., 2020. Microplastics in freshwater: What is the news
538 from the World? *Diversity* 12 (7): 276. Doi.org/10.3390/d12070276.
- 539 CINCINELLI, A., SCOPETANI, C., CHELAZZI, D., LOMBARDINI, E., MARTELLINI, T.,
540 KATSOYIANNIS, A., FOSSI, M. C, CORSOLINI, S., 2017 Microplastic in the surface
541 waters of the Ross Sea (Antarctica): occurrence, distribution and characterization by
542 FTIR. *Chemosphere*. 175, 391e 400. Doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.024.
- 543 COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C., GALLOWAY, T. S., 2011. Microplastics as

- 544 contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*. 2588-
545 2597. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025.
- 546 CORREA- ARANEDA, F., PÉREZ, J., TONIN, A. M., ESSE, C., BOYERO, L., DÍAZ, M. E.,
547 FIGUEROA, R., MASSA, R. S., CORNEJO, A., LINK, O., JORQUERA, E., URBINA,
548 M. A., 2022. Microplastic concentration, distribution and dynamics along ne of the
549 largest Mediterranean- climate rivers: A Whole Watershed approach. *Environmental*
550 *Research*. 209. Doi.org/10.1016/j.envres.2022.112808.
- 551 DALU, T., MALESA, B., CUTHBERT, R. N., 2019. Assessing factors driving the distribution
552 and characteristics of shoreline macroplastics in a subtropical reservoir. *Science Total*
553 *Environment* 696: 133992. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133992.
- 554 DEVEREUX, R., WESTHEAD, E. K., JAYARATNE, R., NEWPORT, D., 2022. Microplastic
555 abundance in the Thames River during the New Year period. *Marine Pollution Bulletin*
556 177, 113534. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113534.
- 557 DI, M., WANG, J., 2017. Microplastics in surface waters and sediments of the Three Gorges
558 Reservoir, China. *Science of the Total Environment*. 1620-1627.
559 Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.150.
- 560 DRIS, R., GASPERI, J., TASSIN, B., 2018. Sources and Fate of Microplastics in Urban Areas:
561 A Focus on Paris Megacity. *Freshwater Microplastics*. *Environmental Chemistry* 58.
562 DOI 10.1007/978-3-319-61615-5_4.
- 563 EERKES-MEDRANO, D., THOMPSON, R. C., ALDRIDGE, D. C., 2015. Microplastics in
564 freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps
565 and prioritization of research needs. *Water Research* 75, 63-82.
566 Doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012.
- 567 ELETROBRAS. (1997). Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas.
568 Eletrobras. <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Manuais-e-Diretrizes-para-Estudos-e-Projetos.aspx>>.
- 570 FAURE, F., CORBAZ, M., BAECHER, H., ALENCASTRO, L., 2012. Pollution due to plastics
571 and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. *Périodique de la*
572 *Société de Phisique Et D’Histoire Naturelle de Genève*. 65, 157- 164.
573 Doi.org/10.5114/aoms/102443.
- 574 FEARNSSIDE, P. M., 2015. Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na
575 tomada de decisões sobre grandes obras / Philip M. Fearnside. - Manaus: Editora do
576 INPA.v.2.
577 https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/4684/1/hidreletricas_na_Amazonia_v1.pdf.
- 578 FERREIRA, G., SOUSA, D., RIBEIRO, S. V., PICANÇO, B. A., RIBEIRO-BRASIL,
579 DANIELLE, MONTAG, A. F. L., 2020. O lado colorido da contaminação: As cores das
580 partículas plásticas em peixes de riacho amazônicos. *Revista Multidisciplinar de*
581 *Educação e Meio Ambiente*. Vol. 1 nº2 ID 243. ISSN: 2675-813X.
- 582 FOSSI, M. C., ROMEO, T., BAINI, M., PANTI, C., MARSILI, L., CAMPAN, T., CANESE,
583 S., GALGANI, F., DRUON, J. N., AIROLDI, S., TADDEI, S., FATTORINI, M.,

- 584 BRANDINI, C., LAPUCCI, C., 2017. Plastic debris occurrence, convergence areas and
585 fin whales feeding ground in the Mediterranean marine protected area Pelagos
586 Sanctuary: a modeling approach. *Frontiers in Marine Science* 4, 1e15.
587 Doi.org/10.3389/fmars.2017.00167
- 588 FREE, C. M., JENSEN, O. P., MASON, S. A., ERIKSEN, M., WILLIAMSON, N. J.,
589 BOLDGIV, B., 2014. High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain
590 lake. *Marine. Pollution. Bulletin.* 85 (1), 156 e 163.
591 Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001.
- 592 GALGANI, F., BRIEN, A. S. O., WEIS, J., IOAKEIMIDIS, C., SCHUYLER, Q.,
593 MAKARENKO, I., GRIFFITHS, H., BONDAREFF, J., VETHAAK, D., DEIDUN, A.,
594 SOBRAL, P., TOPOUZELIS, K., VLAHOS, P., LANA, F., HASSELLOV, M.,
595 GERIGNY, O., ARSONINA, B., AMBULKAR, A., AZZARO, M., BEBIANNO, M.
596 J., 2021. Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean?
597 *Microplastics and Nanoplastics.* v 1. n 1. p 1-4. Doi.org/10.1186/s43591-020-00002-8.
- 598 GARCIA, T. M., CAMPOS, C. C., MOTA, E. M. T., SANTOS, N. M. O., CAMPELO, R. P.
599 S., PRADO, L. C. G., JUNIOR. M. M., SOARES, M. O., 2020. Microplastics in
600 subsurface waters of the western equatorial Atlantic (Brazil). *Marine pollution Bulletin.*
601 v 150. p 110705. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110705.
- 602 GEROLIN, C. R., 2020. Poluição por microplásticos na água e sedimento do Reservatório
603 Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo, brasil. Dissertação (Mestrado em
604 Análise Ambiental Integrada) Universidade de São Paulo – campus Diadema.
605 <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/61025>.
- 606 GEROLIN, C. R., PUPIM, F. N., SAWAKUCHI, A. O., GROHMANN, C. H., LABUTO, G.,
607 SEMENSATTO, D., 2020. Microplastics in sediments from Amazon rivers, Brazil.
608 *Science of the Total Environment.* 749 (2020) 141604.
609 Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141604.
- 610 GESAMP., 2019. Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean.
611 In: KERSHAW, Peter et al. GESAMP Reports and Studies No. 99. GESAMP Reports
612 and Studies, 130p. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine
613 Environmental Protection. ISSN: 1020-4873.
- 614 GIARRIZZO, T., ANDRADE. M. C., SCHMID, K., WINEMILLER, K. O., FERREIRA, M.,
615 PEGADO, T. S. S., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., FEARNSIDE, P., 2019.
616 Amazonia: the new frontier for plastic pollution. *Frontiers in Ecology and the*
617 *Environment.* v 17. n 6. p 309-310. DOI: 10.1002/fee.2071.
- 618 HAMID, F. S., BHATTI, M. S., NORKHAIRIYAH, ANUAR., NORKHAIRAH, ANUAR.,
619 MOHAN, P., PERIATHAMBY, A., 2018. Worldwide distribution and abundance of
620 microplastic: how dire is the situation? *Waste Management & Research* 36, 873-897.
621 Doi.org/10.1177/0734242X18785730.
- 622 HORTON, A. A., WALTON, A., SPURGEON, D. J., LAHIVE, E., SVENDSEN, C., 2017.
623 Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current
624 understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of*
625 *the Total Environment.* 586, 127–141. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.

- 626 HUBNER, M. K., KOZMA, D. N. M., GABEL, F., 2020. Microplastic concentrations at the
627 water surface are reduced by decreasing flow velocities caused by a reservoir.
628 *Fundamental and Applied Limnology*. 194/1. Doi: 10.1127/fal/2020/1307.
- 629 HURLBERT, S. H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments.
630 *Ecological Monographs*, 54(2), 187-12. Doi.org/10.2307/1942661.
- 631 *IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO., 2010., Esgotamento sanitário adequado*: Ministério do
632 Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e
633 Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/candeias-do-jamari/panorama>.
- 634 *IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO., 2010., Esgotamento sanitário adequado*: Ministério do
635 Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e
636 Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem/panorama>.
- 637 *IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO., 2010., Esgotamento sanitário adequado*: Ministério do
638 Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e
639 Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belterra/panorama>.
- 640 *IBGE, CENSO DEMOGRÁFICO., 2010., Esgotamento sanitário adequado*: Ministério do
641 Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e
642 Estatística. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/placas/panorama>.
- 643 INCRA. 2015. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. Quilombolas. Disponível
644 em: <http://www.incra.gov.br/estrutura-fundiaria/quilombolas>.
- 645 JATI, D. A., DA SILVA, J. T., 2017. Estudos geo-hidrológicos da bacia do rio Curuá-Una,
646 Santarém, Pará: Aplicação do modelo hidrológico de grandes bacias (MGB-IPH).
647 *Revista Brasileira de Geografia Física* v.10, n.04 (2017) 1296-1311.
648 Doi:10.26848/rbgf.v10.4.p1296-1311.
- 649 JUNK, W. J., ROBERTSON, B. A., DARWICH, A. J., VIEIRA, I., 1981. Investigações
650 limnológicas e Ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidrelétrica na Amazônia
651 Central. *Acta Amazonica* 11(4): 689-716. 1981. <https://www.scielo.br>.
- 652 KELLY, M. R, LANT, N. J, KURR, M., BURGESS, J. G. G., 2019. A importância do volume
653 de água na liberação de fibras microplásticas da lavanderia. *Environmental Science*
654 *Technology*. 53, 11735-11744. Doi.org/10.1021/acs.est.9b03022.
- 655 KIM, S., KIM, J., LEE, H., LEE, H., 2021. Abundance and characteristics of microplastics in
656 soils with different agricultural practices: Importance of sources with internal origin and
657 environmental fate. *Journal of Hazardous Materials* 403, 123997.
658 Doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123997.
- 659 LAMONT, W. J. J., Coberturas plásticas para produção de hortaliças. Um guia para a
660 fabricação, desempenho e potencial de plásticos na agricultura. Copyright © Elsevier.
661 Doi.org/10.1016/B978-0-08-102170-5.00003-8.
- 662 LEBRETON, L. C. M., ZWET, J. V. D., DAMSTEEG, J. W., SLAT, B., ANDRADY. A.,
663 REISSER, J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nature*

- 664 communications. v 8. n 1. p 1-10. Doi.org/10.1038/ncomms15611.
- 665 LEGENDRE, P., E. D. GALLAGHER., 2001. Ecologically meaningful transformations for
666 ordination of species data. *Oecologia* 129: 271-280. Doi.org/10.1007/s004420100716.
- 667 LEITE, A. S, SANTOS, L. L, COSTA, Y., HATJE, V., 2014. Influence of proximity to an
668 urban center on the pattern of contamination by marine debris. *Marine Pollution*
669 *Bulletin*. 81, 242-247. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.032.
- 670 LESLIE, H. A., VELZEN, M. J. M. V., BRANDSMA, S. H., VETHAAK, A. D., VALLEJO,
671 J. J. G., LAMOREE, M. H., 2022. Discovery and quantification of plastic particle
672 pollution in human blood. *Environment international*
673 Doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199.
- 674 LIN, L., PAN, X., ZHANG, S., LI, D., ZHAI, W., WANG, Z., THAO, J., MI, C., LI, Q.,
675 CRITTENDEN, J. C., 2021. Distribution and source of microplastics in China's second
676 largest reservoir –Danjiangkou Reservoir. *Journal of Environmental Sciences*. 74-84.
677 Doi.org/10.1016/j.jes.2020.09.018.
- 678 LINDEQUE, P. K., COLE, M., COPPOCK, R. L., LEWIS, C. N., MILLER, R. Z., WATTS,
679 A. J. R., MCNEAL, A. W., WRIGHT, S. L., GALLOWAY, T. S., 2020. Are we
680 underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of
681 microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*. v 265.
682 p 114721. Doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721.
- 683 LIU, Y., CAO, W., HU, Y., ZHANG, J., SHEN, W., 2022. Horizontal and vertical distribution
684 of microplastics in dam reservoir after impoundment. *Science of The Total*
685 *Environment*, p. 154962. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154962.
- 686 LONG, M., MORICEAU, B., GALLINARI, M., LAMBERT, C., HUVET, A., RAFFRAY, J.,
687 SOUDANT, P., 2015. Interactions between microplastics and phytoplankton
688 aggregates: Impact on their respective fates. *Marine Chemistry* 175:39 – 46.
689 Doi.org/10.1016/j.marchem.2015.04.003.
- 690 MANI, T., HAUKE, A., WALTER, U., HOLM, P. B., 2015. Microplastics Profile Along the
691 Rhine River. *Scientific Reports* 5:17988. Doi.org/10.1038/srep17988.
- 692 MARTINELLI FILHO, J. E., MONTEIRO, R. C. P., 2019. Widespread microplastics
693 distribution at an Amazon macrotidal sandy beach. *Marine Pollution Bulletin*. v 145. p
694 219-223. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.049.
- 695 MAURO, R. D., KUPCHIK, M. J, BENFIELD, M. C., 2017. Abundant plankton-sized
696 microplastic particles in shelf waters of the northern Gulf of Mexico. *Environmental*
697 *Pollution*. 230, 798 e 809. Doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.030.
- 698 MBEDZI, R., CUTHBERT, R. N., WASSERMAN, R. J., MURUNGWENI, F. M., DALU, T.,
699 2020. Spatiotemporal variation in microplastic contamination along a subtropical
700 reservoir shoreline. *Environmental Science and Pollution Research- Springer* 27,
701 23880–23887. Doi.org/10.1007/s11356-020-08640-4.

- 702 MICHAEL, A. H., Plásticos de Horticultura. Um guia para a fabricação, desempenho e
703 potencial de plásticos na agricultura. Copyright © Elsevier. Doi.org/10.1016/B978-0-
704 08-102170-5.00008-7.
- 705 MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME)., 2012. Plano Decenal de Expansão de
706 Energia. Brasília, DF, Brazil: MME, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), p. 386.
707 [https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de](https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pdf)
708 [expansao-de-energia-pdf](https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pdf).
- 709 MOORE, C. J., 2008. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, long-
710 term threat. *Environmental Research*. 108 (2), 131–139.
711 Doi.org/10.1016/j.envres.2008.07.025.
- 712 MOORE, C. J., LATTIN, G. L., ZELLERS, A. F., 2011. Quantity and type of plastic debris
713 flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California.
714 *Journal of integrated Coastal Zone Management*. 11 (1), 65- 73. E-ISSN: 1646-8872.
- 715 MORAIS, L. M. S., SARTI, F., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A., GIARRIZZO, T.,
716 MARTINELLI FILHO J. E., 2020. The sea anemone *Bunodosoma cangicum* as a
717 potential biomonitor for microplastics contamination on the Brazilian Amazon coast.
718 *Environmental Pollution*, 265, Part B, 114817. Doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114817.
- 719 NASCIMENTO, E. L., GOMES, J. P. O., CARVALHO, D. P., ALMEIDA, R., BASTOS, W.
720 R., MIYAI, K. R., 2009. Mercúrio na comunidade planctônica do reservatório da usina
721 hidrelétrica de Samuel (RO), Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1) 101-
722 116. Doi.org/10.1007/s10661-020-08600-y.
- 723 NEL, H. A., DALU, T., WASSERMAN, R. J., HEAN, J. W., 2019. Colour and size influences
724 plastic microbead underestimation, regardless of sediment grain size. *Science Total*
725 *Environment* 655:567 – 570. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.261.
- 726 NEL, H. A., DALU, T., WASSERMAN, R. J., 2018. Sinks and sources: assessing microplastic
727 abundance in river sediment and deposit feeders in an Austral temperate urban river
728 system. *Science Total Environment* 612:950–956.
729 Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.298.
- 730 NIU, J., GAO, B., Wu, W., PENG, W., Xu, D., 2021. Occurrence, stability and source
731 identification of small size microplastics in the Jiayan reservoir, China. *Science Total*
732 *Environment*. 807 150832. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150832.
- 733 NIZZETTO, L., BUSSI, G., FUTTER, M. N., BUTTERFIELD, D., WHITEHEAD, P. G.,
734 2016. A theoretical assessment of the transport of microplastics in watersheds and their
735 retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes & impacts* 18,
736 1050-1059. Doi.org/10.1039/C6EM00206D.
- 737 PEGADO, T. S. S., SCHMID, K., WINEMILLER, K. O., CHELAZZI, D., CINCINELLI, A.,
738 DEI, L., GIARRIZZO, T., 2018. First evidence of microplastic ingestion by fishes from
739 the Amazon River estuary. *Marine Pollution Bulletin*. v 133. p 814-821.
740 Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.035.

- 741 PENG, L., FU, D., QI, H., LAN, C. Q., YU, H., GE, C., 2020. Micro and nano-plastics in marine
742 environment: source, distribution and threats - a review. *Science of the Total*
743 *Environment*. 698, 134254. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134254.
- 744 PLASTICS EUROPE., 2019. *Plastics - the facts 2019*. An analysis of European plastics
745 production, demand and waste data.
746 <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1804-plasticsfacts-2019>.
- 747 PRATA, J. C., DA COSTA, J. P., DUARTE, A. C., ROCHA-SANTOS, T., 2019. Methods for
748 sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *Trends*
749 *in Analytical Chemistry*, 110, 150-159. Doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.029.
- 750 PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMENTO RURAL., 2010. IBGE, Censo
751 Demográfico/Rural – PNSR. <https://infosanbas.org.br/fontededados/rural-para-o-pns>.
- 752 R CORE TEAM., 2019. *R: A language and environment for statistical computing*. R
753 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
754 [project.org/](https://www.R-project.org/).
- 755 RAHMAYANTI, R., ADJI, B. K., NUGROHO, A. P., 2022. Microplastic Pollution in the inlet
756 and outlet Networks of Rawa Jombor Reservoir: Accumulation in Aquatic Fauna,
757 Interactions With Heavy Metals, and Health Risk Assessment. *Environment and Natural*
758 *Resources Journal*. 192-208. Doi: 10.32526/enrj/20/202100200.
- 759 RIBEIRO-BRASIL, D. R. G., TORRES, N. R., PICANÇO, A. B., SOUSA, D. S., RIBEIRO,
760 V. S., BRASIL, L. S., ASSIS MONTAG, L. F., 2020. Contamination of stream fish by
761 plastic waste in the Brazilian Amazon. *Environmental Pollution*. v 266. p 115241.
762 Doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115241.
- 763 ROCHMAN, C. M., HOH, E., KUROBE, T., THE, S. J., 2013. Ingested plastic transfers
764 hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports* 3:3263.
765 Doi.org/10.1038/srep03263.
- 766 ROCHMAN, C. M., MANZANO, C., HENTSCHEL, B. T., SIMONICH, S. L., HOH, E., 2013.
767 Polystyrene Plastic: A Source and Sink for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the
768 Marine Environmental Science Technology. 47, 13976-13984.
769 Doi.org/10.1021/es403605f.
- 770 SAKIA, R. M., 1992. The Box-Cox Transformation Technique: A review. *Journal of the Royal*
771 *Statistical Society. Series D (The Statistician)*, Vol. 41, No.2. PP. 169-178.
772 Doi.org/10.2307/2348250.
- 773 SANT'ANNA, B., OLIVEIRA, L. G., HATTORI, G. Y., 2022. Microplastic contamination in
774 bathhouses in the middle Amazon region, Itacoatiara, Brazil. *Research Square*.
775 Doi.org/10.21203/rs.3.rs-1416014/v.
- 776 SANTOS, J. A., SOUSA, K. N. S., SANTOS, P. R. B., LIMA, J. L., BACELAR, R. J., 2019.
777 Habitat, limnological signatures and spatial modeling: a zoning proposal for the Curuá-
778 Una hydroelectric reservoir, Pará, Brazil. *Acta Limnologica Braliensia*, 31(1), e22.
779 Doi.org/10.1590/S2179-975X12017.

- 780 SAVOCA, M. S., TYSON, C.W., MCGILL, M., SLAGER, C. J., 2017. Odours from marine
781 plastic debris induce food search behaviours in a forage fish. *Proceedings Of The Royal*
782 *Society B-Biological Sciences*, 284, 20171000. Doi.org/10.1098/rspb.2017.1000.
- 783 SELTENRICH, N., 2015. New link in the food chain? Marine plastic pollution and seafood
784 safety. *Ambiente. Perspectiva a Saúde*. 123, A34. Doi.org/10.1289/ehp.123-A34.
- 785 SILVA SÁ, JÉSSICA DA., 2017. Fluxo de CO2 no Reservatório da Hidroelétrica de Curuá-
786 Una. Dissertação de Mestrado em Recursos Naturais da Amazônia. Área de
787 concentração: Estudos e Manejos de Ecossistemas Amazônicos - Programa de Pós-
788 Graduação em Recursos Naturais da Amazônia. Universidade Federal do Oeste do Pará
789 – UFOPA, Santarém, 2017. 48 páginas. <https://repositorio.ufopa.edu.br>.
- 790 SILVA, A. L., PRATA, J. C., DUARTE, A. C., SOARES, A. M., BARCELÓ, D., ROCHA-
791 SANTOS, T., 2021. Microplastics in landfill leachates: The need for reconnaissance
792 studies and remediation technologies. *Case Studies in Chemical and Environmental*
793 *Engineering*, 3, 100072. Doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100072.
- 794 SILVA, P. M., NANNY, M. A., 2020. Impacto das fibras microplásticas da degradação de
795 têxteis sintéticos não tecidos para a coluna de água do rio Magdalena e sedimentos
796 fluviais pela cidade de Neiva, Colômbia. *Água* 12, 1210. Doi.org/10.3390/w12041210.
- 797 SILVA-CAVALCANTI, J. S., SILVA, J. D. B., DE FRANÇA, E. J., DE ARAÚJO, M. C. B.,
798 GUSMÃO, F., 2017. Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing
799 resource. *Environmental Pollution* 221: 218–226. Doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068.
- 800 SIMÕES, N. R., SONODA, S. L., 2009. Estrutura da assembléia de microcrustáceos (Cladocera
801 e Copepoda) em um reservatório do semi-árido Neotropical, Barragem de Pedra, Estado
802 da Bahia, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences* v. 31, n. 1, p. 89-95. Doi:
803 10.4025/actascibiolsci.v31i1.538.
- 804 SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO DE RESERVATÓRIOS – SAR (ANA). 2015. Dados
805 de operação dos reservatórios. <https://www.ana.gov.br>.
- 806 SONG, Y. K., HONG, S. H., JANG, M., HAN, G. M., JUNG, S. W., SHIM, W. J., 2017.
807 Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic
808 Fragmentation by Polymer Type. *Environmental Science Technology*. 51 (8), 4368-
809 4376. Doi.org/10.1021/acs.est.6b06155.
- 810 SONG, Y., SANG, H. H., MI, J., HAN, G. M., JUNG, S. W., SHIM, W. J., 2018. Combined
811 effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation
812 by polymer type. *Environmental Science Technology* 52, 3831–3832.
813 Doi.org/10.1121/acs.est.6b06254.
- 814 TAVŞANOĞLU, Ü. N., KANKILIÇ, G. B., AKCA, G., ÇIRAK, T., ERDOĞAN, S., 2020.
815 Microplastics in a dam lake in Turkey: type, mesh size effect, and bacterial biofilm
816 communities. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 27, n. 36, p. 45688-
817 45698. Doi.org/10.1007/s11356-020-10424-9.
- 818 THORNTON, K. W., KIMMEL, B. L., PAYNE, E. F., 1990. Perspectives on reservoir
819 limnology. *Ecological perspectives. Limnology and Oceanography* 35(6), 1411- 1412.

- 820 Doi.org/10.4319/lo.1990.35.6.1411.
- 821 TORRE, M., DIGKA, N., ANASTASOPOULOU, A., TSANGARIS, C., MYTILINEOU, C.,
822 2016. Anthropogenic microfibrils pollution in marine biota. A new and simple
823 methodology to minimize airborne contamination. *Marine. Pollution. Bulletin.* 113,
824 55e61. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.050.
- 825 TUNDISI, J. G., 1990. Distribuição Espacial, Sequência temporal e Ciclo Sazonal do
826 fitoplâncton em represa: fatores limitantes e controladores. *Revista Brasileira de*
827 *Biologia*, v. 50, n. 4, p. 937-955.
- 828 TURHAN, D. O., 2021. Evaluation of Microplastics in the Surface Water, Sediment and Fish
829 of Sürgü Dam Reservoir (Malatya) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic*
830 *Sciences.* 22. Doi: 10.4194/TRJFAS20157.
- 831 UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2020. Monitoring Plastics in Rivers and
832 Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies. Nairobi. ISBN No: 978-92-
833 807-3819-3.
- 834 VAN CAUWENBERGHE, L., VANREUSEL, A., MEES, J., JANSSEN, C. R., 2013.
835 Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environment. Pollution.* 182, 495e499.
836 Doi.org/10.1016/j.envpol.2013.08.013.
- 837 WANG, Z., SU, B., XU, X., DI, D., HUANG, H., MEI, K., DAHLGREN, R. A, ZHANG, M.,
838 SHANG, X., 2018. Preferential accumulation of small (<300 µm) microplastics in the
839 sediments of a coastal plain river network in eastern China. *Water Research.* 144, 393-
840 401. Doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.050.
- 841 WATKINS, L., MCGRATTAN, S., SULLIVAN, P. J., WALTER, M. T., 2019. The effect of
842 dams on river transport of microplastic pollution. *Science of the Total Environment.*
843 664. Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.028.
- 844 WEIDEMAN, E. A., PEROLD, V., RYAN, P. G., 2019. Little evidence that dams in the
845 Orange–Vaal River system trap floating microplastics or microfibrils. *Marine Pollution*
846 *Bulletin* 149. Doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110664.
- 847 WU, C., ZHANG, K., XIONG, X., 2018. Microplastic pollution in inland waters focusing on
848 Asia. In: *Freshwater microplastics.* Springer, Cham, pp 85-99. Doi: 10.1007/978-3-319-
849 61615-5_5.
- 850 ZACARDI, D. M., SUZUKI, M. A. L., OLIVEIRA, C. C., OLIVEIRA, L. S., CAJADO, R. A.,
851 2021. O gradiente longitudinal (rio-barragem) do reservatório de Curuá-Una afeta a
852 composição das assembleias de larvas de peixes? *Revista Brasileira de Meio Ambiente*,
853 v.9, n.1, p.99-112. ISSN: 2595-4431.
- 854 ZANG, K., GONG, W., LV, J., XIOG, X., WU, C., 2015. Accumulation of floating
855 microplastics behind the Three Gorges Dam. *Environmental Pollution* 204 117-123.
856 Doi.org/10.1016/j.envpol.2015.04.023.
- 857 ZHANG, H., ZHOU, Q., XIE, Z., ZHOU, Y., TU, C., FU, C., MI, W., EBINGHAUS, R.,
858 CHRISTIE, P., LUO, Y., 2018. Occurrences of organophosphate esters and phthalates

- 859 in microplastics from coastal beaches in northern China. *Science of the Total*
860 *Environment*. 616-617, 1505-1512. [Doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.163](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.163).
- 861 ZHANG, K., XIONG, X., HU, H., WU, C., BI, Y., WU, Y., ZHOU, B., LAM, P. K. S, LIU, J.,
862 2017. Occurrence and Characteristics of Microplastic Pollution in Xiangxi Bay of Three
863 Gorges Reservoir, China. *Environment Science Tecnology*. 51 (7), 3794-3801.
864 [Doi.org/10.1021/acs.est.7b00369](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00369).
- 865 ZYLSTRA, E. R., 2013. Accumulation of wind-dispersed trash in desert environments. *Journal of Arid*
866 *Environments* 13-15. [Doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.10.004).