



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CARLA RAMOS CALDAS

**PARTÍCULAS PRESUMIVELMENTE COMPATÍVEIS COM MICROPLÁSTICOS
EM UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO EM
TUCURUÍ-PARÁ**

TUCURUÍ
2026

CARLA RAMOS CALDAS

**PARTÍCULAS PRESUMIVELMENTE COMPATÍVEIS COM MICROPLÁSTICOS
EM UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO EM
TUCURUÍ-PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Davi Edson Sales e Souza

TUCURUÍ
2026

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)

R175p Ramos Caldas, Carla.
PARTÍCULAS PRESUMIVELMENTE COMPATÍVEIS COM
MICROPLÁSTICOS EM UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA
COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA
CONSUMO HUMANO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE
CASO EM TUCURUÍ-PARÁ / Carla Ramos Caldas. — 2026.
25 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davi Edson Sales E Souza
Trabalho de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia
Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2026.

1. Contaminantes Emergentes. 2. Qualidade da Água.
3. Solução Alternativa Coletiva. 4. Água para Consumo
Humano. 5. Microplástico. I. Título.

CARLA RAMOS CALDAS

**PARTÍCULAS PRESUMIVELMENTE COMPATÍVEIS COM MICROPLÁSTICOS
EM UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO EM
TUCURUÍ-PARÁ**

Trabalho Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data da aprovação: 13/07/2026

Conceito: Excelente

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Davi Edson Sales e Souza – Orientador
UFPA/CAMPUS/FAESA

Prof. Dr. Ricardo Felipe Alexandre de Mello
UFPA/CAMPUS/FAESA

Prof. Dr. João Henrique Macedo Sá
INSTITUTO VALE

RESUMO

A ocorrência de microplásticos em águas destinadas ao consumo humano tem despertado crescente preocupação devido ao potencial de exposição da população a contaminantes emergentes. Apesar do aumento do número de estudos sobre sistemas convencionais de abastecimento, ainda são escassas as pesquisas voltadas às Soluções Alternativas Coletivas (SAC), amplamente utilizadas por comunidades que buscam fontes alternativas de água. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em uma SAC utilizada para consumo humano no município de Tucuruí, Pará, caracterizando sua concentração, morfologia, coloração e classes de tamanho. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, na qual foram obtidos e analisados dados numéricos referentes à concentração, morfologia, coloração e classe de tamanho das partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos, desenvolvida por meio de estudo de caso. As amostras foram coletadas diretamente no ponto de abastecimento da população, em triplicata, utilizando recipientes de vidro e procedimentos de controle de contaminação. A identificação das partículas foi realizada por filtração, coloração com Vermelho Nilo e microscopia de fluorescência, conforme protocolos técnicos consolidados para estudos de triagem. As análises identificaram partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em todas as amostras, com concentração média de $12,2 \pm 0,6 \text{ part} \cdot \text{L}^{-1}$, predominância de fibras (52,5%), partículas transparentes e azuis e maior frequência de partículas na faixa de 100 a 250 μm . Os resultados demonstram que a ocorrência dessas partículas não se restringe aos sistemas convencionais de abastecimento, estando também presente em fontes alternativas utilizadas pela população. O estudo representa uma das primeiras investigações sobre microplásticos em uma SAC na Amazônia brasileira, contribuindo para ampliar o conhecimento sobre contaminantes emergentes e fornecendo subsídios para futuras ações de monitoramento da qualidade da água e vigilância sanitária.

Palavras-chave: Microplástico; água para consumo humano; solução alternativa coletiva; qualidade da água; contaminantes emergentes.

ABSTRACT

The occurrence of microplastics in drinking water has raised increasing concern due to the potential exposure of the population to emerging contaminants. Although the number of studies on conventional water supply systems has grown considerably, research focusing on Collective Alternative Water Supply Systems (CAWSS) remains limited, despite their widespread use by communities seeking alternative drinking water sources. In this context, this study aimed to evaluate the occurrence of presumptive microplastic particles in a Collective Alternative Water Supply System used for human consumption in the municipality of Tucuruí, Pará, Brazil, by characterizing their concentration, morphology, color, and size classes. This applied research adopted a quantitative, in which numerical data were obtained and analyzed regarding the concentration, morphology, coloration, and size classes of particles presumably consistent with microplastics, approach through a case study. Water samples were collected directly from the public water collection point in triplicate using glass containers under contamination control procedures. Particle identification was performed through filtration, Nile Red staining, and fluorescence microscopy, following established technical protocols for microplastic screening. Presumptive microplastic particles were detected in all analyzed samples, with a mean concentration of 12.2 ± 0.6 particles·L⁻¹, predominance of fibers (52.5%), transparent and blue particles, and a higher frequency of particles ranging from 100 to 250 µm. The findings demonstrate that the occurrence of these particles is not restricted to conventional water supply systems but is also present in alternative water sources used by the population. This study represents one of the first investigations of microplastics in a Collective Alternative Water Supply System in the Brazilian Amazon, contributing to the understanding of emerging contaminants and providing technical support for future drinking water quality monitoring and public health surveillance.

Keywords: Microplastics; Drinking water; Collective alternative water supply system; Water quality; Emerging contaminants.

SUMÁRIO

1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	7
1.1	OBJETIVOS	8
1.1.1	Geral.....	8
1.1.2	Específicos	8
2	RESULTADOS	9
	RESUMO.....	10
	ABSTRACT	10
	INTRODUÇÃO.....	11
	MATERIAIS E MÉTODOS	13
	IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAC).....	13
	ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	13
	Análise de microplásticos na água da SAC	13
	ESTUDO DE CASO.....	15
	RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
	Ocorrência e concentração de partículas compatíveis com microplásticos	17
	Caracterização morfológica das partículas compatíveis com microplásticos.....	18
	Caracterização das partículas por cor.....	19
	Distribuição por classes de tamanho.....	20
	Implicações para a qualidade da água e limitações do estudo	21
	CONCLUSÕES	22
	REFERÊNCIAS.....	22

1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água destinada ao consumo humano desempenha papel fundamental na promoção da saúde pública e da qualidade de vida da população. Apesar da ampliação da cobertura dos sistemas convencionais de abastecimento no Brasil, ainda é comum a utilização de formas alternativas de obtenção de água, especialmente em localidades onde a população percebe limitações relacionadas à qualidade ou à continuidade do serviço prestado. Nesse contexto, as Soluções Alternativas Coletivas (SAC) assumem importante função social ao fornecer água para consumo humano.

Paralelamente, a crescente presença de contaminantes emergentes no ambiente tem despertado preocupação da comunidade científica e dos órgãos de saúde. Entre esses contaminantes, os microplásticos destacam-se pela ampla distribuição nos ecossistemas aquáticos, persistência ambiental e potencial de exposição humana por meio da ingestão de água. Embora pesquisas recentes tenham identificado essas partículas em diferentes matrizes ambientais e sistemas de abastecimento, ainda existem lacunas relacionadas à sua ocorrência em formas alternativas de abastecimento utilizadas diretamente pela população.

No município de Tucuruí, as SAC representam uma importante fonte alternativa de abastecimento para parcela da população, sobretudo em razão da percepção de inadequação da qualidade da água fornecida pelo sistema convencional. Entretanto, essas estruturas ainda são pouco investigadas quanto à presença de contaminantes emergentes, o que evidencia a necessidade de estudos que contribuam para ampliar o conhecimento sobre a qualidade da água disponibilizada por esses sistemas e subsidiem futuras ações de monitoramento e vigilância sanitária.

Dessa forma, este trabalho apresenta uma avaliação da ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em uma SAC de Abastecimento utilizada para consumo humano no município de Tucuruí-PA. Para isso, são abordados os principais conceitos relacionados aos microplásticos e às SACs, a caracterização da área de estudo, os procedimentos metodológicos empregados e a discussão dos resultados obtidos quanto à concentração, morfologia, coloração e classes de tamanho das partículas identificadas, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre contaminantes emergentes em sistemas alternativos de abastecimento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar a ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em uma Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento (SAC) utilizada para consumo humano no município de Tucuruí, Pará, caracterizando sua concentração, morfologia, coloração e classes de tamanho.

1.1.2 Específicos

- Determinar a concentração de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos na água da SAC, expressando os resultados em partículas por litro ($\text{part} \cdot \text{L}^{-1}$).
- Caracterizar as partículas identificadas quanto à morfologia, coloração e classes de tamanho por meio de microscopia óptica associada à coloração com Vermelho Nilo.
- Comparar os resultados obtidos com estudos nacionais e internacionais sobre ocorrência de microplásticos em águas destinadas ao consumo humano.
- Discutir o potencial da SAC como via de exposição da população a partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos, considerando o contexto local de utilização desse sistema de abastecimento.

2 RESULTADOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) está escrito em formato de artigo científico, portanto, apresenta estrutura diferente, seguido as normas de publicação do periódico escolhido: REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (B1), ISSN 1981-8203.

PARTÍCULAS PRESUMIVELMENTE COMPATÍVEIS COM MICROPLÁSTICOS EM UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO EM TUCURUÍ-PARÁ

RESUMO

A ocorrência de microplásticos em águas destinadas ao consumo humano tem despertado crescente preocupação devido ao potencial de exposição da população a contaminantes emergentes. Apesar do aumento do número de estudos sobre sistemas convencionais de abastecimento, ainda são escassas as pesquisas voltadas às Soluções Alternativas Coletivas (SAC), amplamente utilizadas por comunidades que buscam fontes alternativas de água. Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em uma SAC utilizada para consumo humano no município de Tucuruí, Pará, caracterizando sua concentração, morfologia, coloração e classes de tamanho. Trata-se de uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, na qual foram obtidos e analisados dados numéricos referentes à concentração, morfologia, coloração e classe de tamanho das partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos, desenvolvida por meio de estudo de caso. As amostras foram coletadas diretamente no ponto de abastecimento da população, em triplicata, utilizando recipientes de vidro e procedimentos de controle de contaminação. A identificação das partículas foi realizada por filtração, coloração com Vermelho Nilo e microscopia de fluorescência, conforme protocolos técnicos consolidados para estudos de triagem. As análises identificaram partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em todas as amostras, com concentração média de $12,2 \pm 0,6 \text{ part} \cdot \text{L}^{-1}$, predominância de fibras (52,5%), partículas transparentes e azuis e maior frequência de partículas na faixa de 100 a 250 μm . Os resultados demonstram que a ocorrência dessas partículas não se restringe aos sistemas convencionais de abastecimento, estando também presente em fontes alternativas utilizadas pela população. O estudo representa uma das primeiras investigações sobre microplásticos em uma SAC na Amazônia brasileira, contribuindo para ampliar o conhecimento sobre contaminantes emergentes e fornecendo subsídios para futuras ações de monitoramento da qualidade da água e vigilância sanitária.

Palavras-chave: Microplástico; água para consumo humano; solução alternativa coletiva; qualidade da água; contaminantes emergentes.

ABSTRACT

The occurrence of microplastics in drinking water has raised increasing concern due to the potential exposure of the population to emerging contaminants. Although the number of studies on conventional water supply systems has grown considerably, research focusing on Collective Alternative Water Supply Systems (CAWSS) remains limited, despite their widespread use by communities seeking alternative drinking water sources. In this context, this study aimed to evaluate the occurrence of presumptive microplastic particles in a Collective Alternative Water Supply System used for human consumption in the municipality of Tucuruí, Pará, Brazil, by characterizing their concentration, morphology, color, and size classes. This applied research adopted a quantitative, in which numerical data were obtained and analyzed regarding the concentration, morphology, coloration, and size classes of particles presumably consistent with microplastics, approach through a case study. Water samples were collected directly from the public water collection point in triplicate using glass containers under contamination control procedures. Particle identification was performed through filtration, Nile Red staining, and fluorescence microscopy, following established technical protocols for microplastic screening. Presumptive microplastic particles were detected in all analyzed samples, with a mean concentration of 12.2 ± 0.6 particles·L⁻¹, predominance of fibers (52.5%), transparent and blue particles, and a higher frequency of particles ranging from 100 to 250 µm. The findings demonstrate that the occurrence of these particles is not restricted to conventional water supply systems but is also present in alternative water sources used by the population. This study represents one of the first investigations of microplastics in a Collective Alternative Water Supply System in the Brazilian Amazon, contributing to the understanding of emerging contaminants and providing technical support for future drinking water quality monitoring and public health surveillance.

Keywords: Microplastics; Drinking water; Collective alternative water supply system; Water quality; Emerging contaminants.

INTRODUÇÃO

Os microplásticos, definidos como partículas plásticas inferiores a 5 mm, têm sido amplamente detectados em diferentes compartimentos ambientais, incluindo oceanos, rios, lagos, sedimentos, águas subterrâneas e sistemas de abastecimento de água destinados ao consumo humano (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017; WHO, 2019). A elevada persistência desses materiais no ambiente e seu potencial de transportar contaminantes químicos e microrganismos têm despertado crescente preocupação quanto aos possíveis impactos sobre os ecossistemas e a saúde humana (MONTAGNER et al., 2021; CAETANO; MATTOS; WENDT, 2024).

Nos últimos anos, diversos estudos demonstraram a ocorrência de partículas compatíveis com microplásticos em águas destinadas ao consumo humano, incluindo águas engarrafadas, sistemas públicos de abastecimento e redes de distribuição (KIRSTEIN et al., 2021; SCHIO, 2025; SANTOS, 2026). Apesar desse avanço, ainda não existe consenso internacional sobre métodos padronizados para sua determinação, tampouco limites

regulatórios para microplásticos na água potável. No Brasil, a Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, não contempla critérios específicos para esses contaminantes emergentes (BRASIL, 2021). Essa ausência de regulamentação reforça a necessidade de ampliar estudos que subsidiem futuras ações de monitoramento e gestão da qualidade da água.

Grande parte das pesquisas realizadas concentra-se em sistemas convencionais de abastecimento, enquanto modalidades alternativas de fornecimento de água permanecem pouco investigadas. Entre essas modalidades destacam-se as Soluções Alternativas Coletivas (SAC), definidas pelo Ministério da Saúde como formas coletivas de abastecimento distintas dos sistemas públicos com rede de distribuição, podendo utilizar captações superficiais ou subterrâneas e disponibilizar água diretamente à população por meio de fontes, chafarizes ou estruturas semelhantes (BRASIL, 2013). De forma complementar, a Fundação Nacional de Saúde inclui as fontes públicas entre as modalidades de abastecimento coletivo utilizadas para consumo humano, especialmente em localidades onde o sistema convencional é inexistente, insuficiente ou não atende plenamente às necessidades da população (FUNASA, 2015).

No município de Tucuruí, estado do Pará, essa realidade apresenta características particulares. Embora o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento indique cobertura de abastecimento por rede de aproximadamente 98,82% da população (SNIS, 2022), esse indicador representa apenas a disponibilidade da infraestrutura e não assegura a continuidade do serviço nem a qualidade da água distribuída. Estudo recente realizado no município demonstrou que a percepção dos usuários ainda mostra questões relacionadas à qualidade e às condições de fornecimento do serviço de água, reforçando a ideia de que a extensão da rede não assegura, por si só, um abastecimento que seja visto como satisfatório pelos moradores (SOUSA; REGO; JESUS, 2024).

Apesar da importância dessas estruturas para o abastecimento local, as SAC normalmente recebem menor atenção nos programas de monitoramento da qualidade da água, os quais concentram seus esforços nos sistemas públicos convencionais. Consequentemente, contaminantes emergentes, como os microplásticos, permanecem praticamente desconhecidos nesses sistemas, embora sejam amplamente utilizados pela população.

A literatura recente evidencia que partículas compatíveis com microplásticos já foram identificadas em corpos hídricos superficiais (SCHIO, 2025), sistemas públicos de abastecimento (SANTOS, 2026), águas engarrafadas (ZHOU et al., 2021) e redes de distribuição de água potável (KIRSTEIN et al., 2021). Entretanto, não foram identificados estudos que investigassem a ocorrência desses contaminantes em Soluções Alternativas

Coletivas utilizadas para consumo humano na Amazônia brasileira, particularmente no município de Tucuruí. Essa lacuna é relevante, uma vez que parte da população depende diariamente dessas fontes para suprir suas necessidades de consumo de água, enquanto inexistem informações sobre sua exposição a contaminantes emergentes.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar a ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em uma SAC de Abastecimento utilizada para consumo humano no município de Tucuruí-PA, caracterizando sua concentração, morfologia, coloração e classes de tamanho. Os resultados contribuem para ampliar o conhecimento sobre contaminantes emergentes em sistemas alternativos de abastecimento e fornecem subsídios para futuras ações de vigilância da qualidade da água, monitoramento ambiental e formulação de políticas públicas voltadas à proteção da saúde da população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo propõe uma pesquisa aplicada com uma abordagem quantitativa, desenvolvida a partir de procedimentos experimentais em laboratório, com aplicação da metodologia em um estudo de caso real, visando detectar e caracterizar a presença de microplásticos na água de uma solução alternativa coletiva de abastecimento de água (SAC), em um município do Estado de Pará.

IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO ALTERNATIVA COLETIVA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SAC)

Para a identificação da SAC investigada, foi realizado levantamento preliminar no município por meio de verificação em campo, com o objetivo de mapear os pontos de captação pública ativa destinada ao consumo humano. Foram consideradas elegíveis as fontes que apresentavam (i) uso regular pela população para consumo direto, (ii) estrutura física de proteção e canalização mínima da nascente e (iii) acesso público contínuo. Pontos abandonados, intermitentes ou destinados exclusivamente a usos não potáveis foram excluídos. Após essa etapa, a fonte selecionada foram georreferenciada, codificada e incluída no plano amostral do estudo.

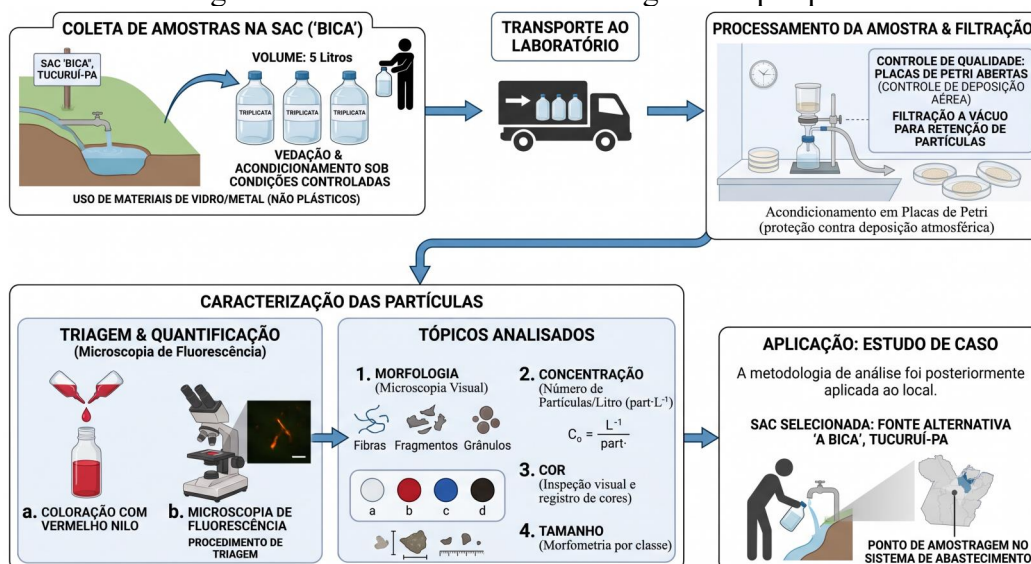
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Análise de microplásticos na água da SAC

A Figura 1 apresenta os procedimentos para a análise da presença de microplásticos nas águas. Pinhatti (2022) destaca a falta de uma regulamentação nacional específica sobre a

análise de microplástico no Brasil. De fato, ainda não existe legislação para análise de microplástico. Por esse motivo, é comum que se utilize normas internacionais e trabalhos da literatura como balizadores.

Figura 1 – Procedimentos metodológicos da pesquisa



A análise de microplástico foi realizada por empresa especializada. Os protocolos de análise foram baseados na literatura técnico-científica para amostras de água (SCHIO, 2025; KIRSTEIN et al., 2021). A identificação foi realizada por meio da combinação entre filtração, coloração com Vermelho Nilo e microscopia de fluorescência, procedimento amplamente utilizado como técnica de triagem para detecção de microplásticos em matrizes aquosas (MAES et al., 2017; WHO, 2019).

As amostras de água foram coletadas em frascos de vidro previamente lavados e enxaguados com água filtrada, evitando-se o uso de materiais plásticos durante a coleta e o manuseio. Cada frasco foi identificado com código da amostra, data, horário e responsável pela coleta. O volume coletado foi de 5 litros por amostra, em triplicata, e as amostras foram vedadas, acondicionadas e transportadas sob condições controladas até o laboratório responsável pelas análises.

Para controle de qualidade, foram adotadas medidas para minimizar contaminação cruzada e contaminação atmosférica. Durante a coleta e o processamento, utilizaram-se materiais de vidro ou metal, superfícies limpas, recipientes cobertos e equipamentos previamente higienizados. Também foram utilizadas placas de Petri de vidro como controle de deposição aérea, mantidas abertas durante a manipulação das amostras. As partículas observadas nesse controle foram consideradas como possível contaminação de fundo.

No laboratório, as amostras foram submetidas à filtração a vácuo para retenção das partículas presentes na água. Após a filtração, as membranas foram acondicionadas em placas de Petri, protegidas contra deposição atmosférica e mantidas em repouso até a etapa de caracterização. Como as amostras apresentavam aspecto límpido, não foi necessária digestão química prévia da matéria orgânica, sendo adotado o procedimento físico de separação por filtração.

A caracterização física das partículas retidas nas membranas foi realizada por microscopia, considerando critérios visuais de identificação, como morfologia, cor e dimensão aparente. As partículas foram classificadas quanto à morfologia em fibras, fragmentos e grânulos, conforme critérios utilizados em estudos de microplásticos. A quantificação foi expressa por abundância absoluta, em número de partículas, e por concentração, em partículas por litro ($\text{part} \cdot \text{L}^{-1}$).

A classificação por cor foi realizada por inspeção visual, registrando-se as cores predominantes das partículas observadas. Essa informação foi utilizada de forma complementar, uma vez que a cor pode auxiliar na caracterização das partículas, mas não deve ser utilizada isoladamente para confirmar sua natureza polimérica. A classificação dimensional foi realizada considerando a maior dimensão aparente da partícula observada ao microscópio.

Quando aplicável, a identificação química das partículas pode ser realizada por técnicas espectroscópicas, como Espectroscopia Raman, Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) ou técnicas termoanalíticas, como Pirólise acoplada à Cromatografia Gasosa e Espectrometria de Massas (Py-GC-MS). Na ausência dessas técnicas confirmatórias, os resultados devem ser apresentados como partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos.

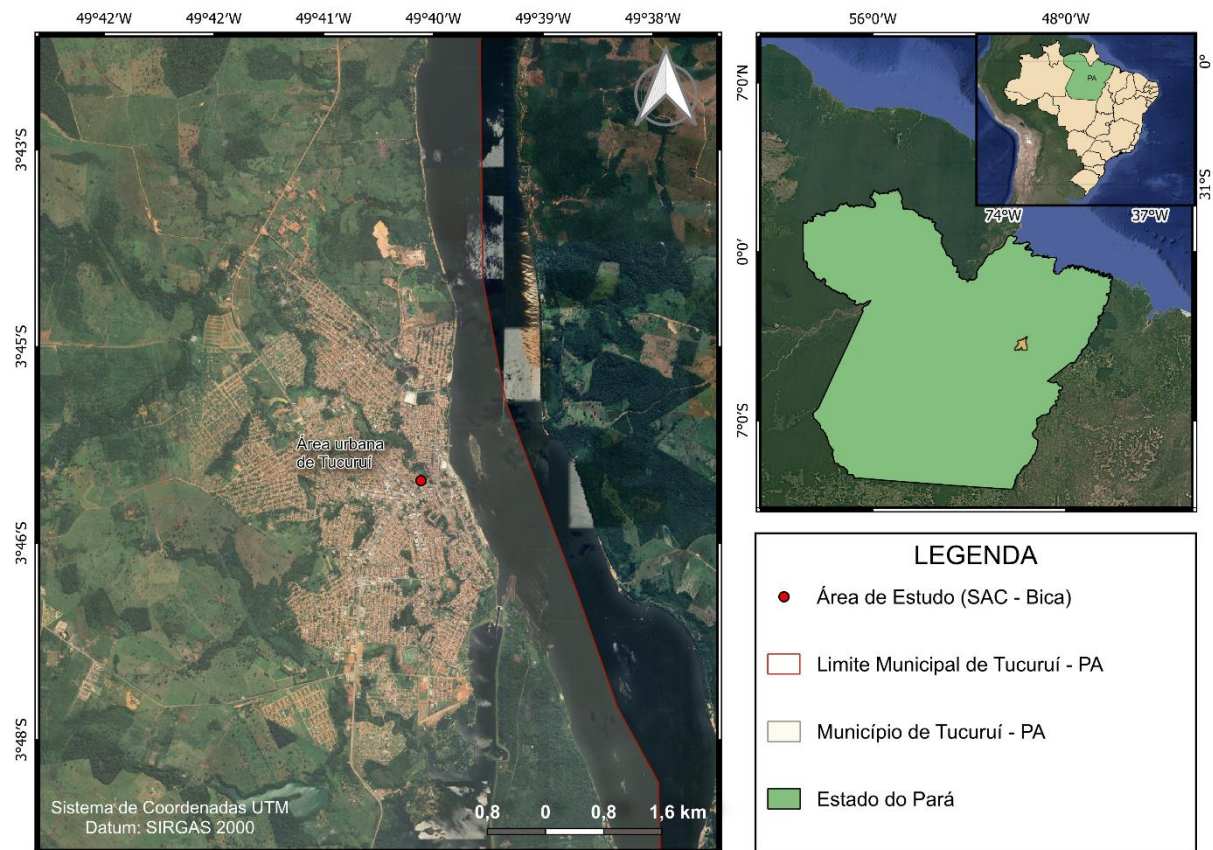
Os dados foram organizados em planilhas e analisados por estatística descritiva. Para as triplicatas, foram calculadas média, desvio padrão e coeficiente de variação. Os resultados foram apresentados em tabelas e gráficos de concentração, morfologia, cor e classe de tamanho, permitindo a comparação com estudos nacionais e internacionais sobre microplásticos em água destinada ao consumo humano.

ESTUDO DE CASO

A metodologia proposta foi aplicada no município de Tucuruí, Estado do Pará (Figura 2). A SAC selecionada constitui uma importante fonte alternativa de abastecimento para a população local, sendo amplamente utilizada para consumo humano direto, especialmente

devido à percepção de baixa qualidade e à intermitência do sistema público de abastecimento municipal.

Figura 2: Localização da área de estudo



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A SAC é popularmente chamada de “Bica”. A instalação dispõe de um sistema de captação e de distribuição por meio de várias torneiras, possibilitando o atendimento simultâneo a diversos usuários, os quais armazenam a água em recipientes de capacidades distintas, como mostrado na Figura 3. A Bica está situada em um local público de fácil acesso e continua a receber muitos consumidores ao longo do dia, destacando sua importância como uma fonte de abastecimento adicional ao sistema tradicional. A decisão de realizar a pesquisa nesse local se deu pela alta taxa de uso pelos moradores, tornando-o um ponto representativo para avaliar a presença de partículas que podem ser microplásticos na água destinada ao consumo humano.

Figura 3 – Caracterização da Solução de Alternativa Coletiva de Abastecimento (Bica)



(a) Visão geral da SAC e **(b)** Pontos de abastecimento da população

As amostras foram obtidas diretamente das torneiras utilizadas pelos usuários, com objetivo de refletir as reais condições de exposição das pessoas à água fornecida por essa Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento.

Figura 4 – Procedimento de coleta e acondicionamento das amostras de água.



(a) Coleta da amostra e **(b)** Acondicionamento da amostra no frasco de vidro;

Ocorrência e concentração de partículas compatíveis com microplásticos

A análise das amostras coletadas na SAC revelou a presença de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em todas as amostras analisadas. A concentração média observada foi de $12,2 \pm 0,6 \text{ part} \cdot \text{L}^{-1}$, evidenciando baixa variabilidade entre as triplicatas analisadas e indicando adequada reprodutibilidade experimental. A pequena dispersão dos resultados sugere que os procedimentos de coleta, preparo e análise foram conduzidos sob condições controladas, reduzindo a influência de contaminações externas e de erros analíticos aleatórios. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para as três amostras independentes coletadas.

Tabela 1. Concentração de partículas compatíveis com microplásticos nas amostras analisadas.

Coleta	Volume (L)	Partículas (n)	Concentração (part·L ⁻¹)
C1	5	58	11,6
C2	5	64	12,8
C3	5	61	12,2
Média			12,2
Desvio padrão			0,6
Coefficiente de variação			4,9%

Fonte: Autora, 2026

A ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos em águas destinadas ao consumo humano tem sido amplamente reportada na literatura internacional. Entretanto, os valores observados apresentam elevada variabilidade em função das diferenças metodológicas empregadas, especialmente quanto aos limites de detecção, volume amostral analisado e técnicas de confirmação química utilizadas. Por exemplo, Kirstein et al. (2021), utilizando μ FTIR e Py-GCMS em sistemas de abastecimento de água potável na Suécia, reportaram concentrações significativamente inferiores, associando esses resultados à elevada eficiência dos sistemas convencionais de tratamento e às rigorosas etapas de controle analítico adotadas.

Por outro lado, Makhdoumi et al. (2021), ao investigarem águas minerais engarrafadas, identificaram concentrações médias próximas de 8,5 part·L⁻¹, valores da mesma ordem de grandeza daqueles encontrados neste estudo. Os autores destacam que partículas presentes na água podem ser provenientes tanto da fonte hídrica quanto dos próprios materiais de armazenamento e distribuição.

No contexto amazônico, a detecção dessas partículas em SAC assume relevância, uma vez que esses sistemas são frequentemente utilizados pela população devido à percepção de inadequação da qualidade da água distribuída pelo sistema convencional. No município de Tucuruí, por exemplo, parte da população recorre às bicas públicas por essa razão (MOREIRA, 2014), indicando que fontes alternativas de abastecimento também podem representar potenciais vias de exposição humana a contaminantes emergentes.

Caracterização morfológica das partículas compatíveis com microplásticos

A caracterização morfológica das partículas é a apresentada na Tabela 2. Esta demonstrou predominância de fibras, seguidas por fragmentos e partículas granulares. A predominância de fibras representa um padrão frequentemente observado em estudos sobre microplásticos em águas naturais e destinadas ao consumo humano. Santos (2026), ao

investigar a ocorrência de microplásticos no sistema público de abastecimento de São José do Bonfim-PB, identificou que 92,8% das partículas encontradas correspondiam a fibras, sugerindo forte contribuição de atividades antrópicas e da degradação de materiais sintéticos utilizados no ambiente urbano. De forma semelhante, Schio (2025) verificou elevada ocorrência de fibras e fragmentos em corpos hídricos do interior do Estado de São Paulo, destacando a influência de atividades antrópicas e da degradação ambiental de resíduos plásticos.

Tabela 2. Distribuição morfológica das partículas identificadas.

Morfologia	Abundância (n)	Abundância relativa (%)
Fibras	96	52,5
Fragmentos	63	34,4
Grânulos	24	13,1
Total	183	100

Fonte: Autora, 2026

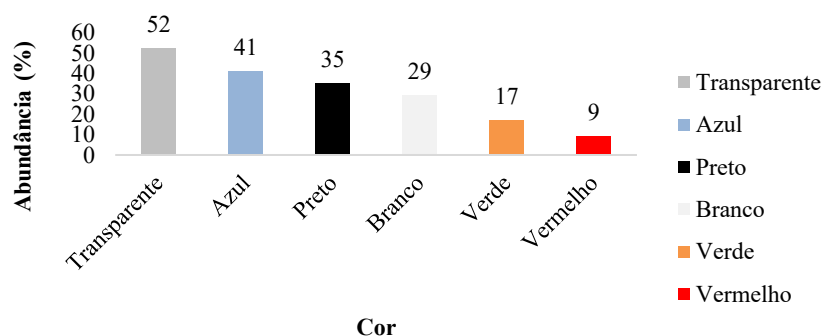
A ocorrência simultânea de fibras, fragmentos e grânulos observada neste estudo sugere a existência de múltiplas fontes potenciais de contaminação. As fibras podem estar relacionadas à liberação de materiais têxteis sintéticos, enquanto os fragmentos podem ser provenientes da degradação de resíduos plásticos maiores expostos ao intemperismo ambiental (HIDALGO-RUZ et al., 2012; MONTAGNER et al., 2021). Os fragmentos identificados podem estar relacionados aos processos de degradação física, química e foto-oxidativa de resíduos plásticos maiores presentes no ambiente. Segundo Thompson et al. (2004) e Barnes et al. (2009), fatores como radiação ultravioleta, abrasão mecânica, variações térmicas e oxidação promovem a fragmentação progressiva dos polímeros, originando partículas cada vez menores. Contudo, a determinação da origem específica das partículas não constituiu objetivo desta pesquisa, devendo tais interpretações ser consideradas apenas como hipóteses explicativas.

Caracterização das partículas por cor

A análise visual evidenciou predominância de partículas transparentes, seguidas pelas partículas azuis, pretas, brancas, verdes e vermelhas, conforme apresentado na Figura 5. A elevada frequência de partículas transparentes e azuis tem sido reportada em diferentes matrizes ambientais e sistemas de abastecimento. Santos (2026) observou predominância de partículas azuis em águas de abastecimento público, enquanto Zhou et al. (2021)

identificaram elevada ocorrência de partículas transparentes e azuis em águas engarrafadas comercializadas na China.

Figura 5 - Distribuição das partículas segundo a coloração observada.



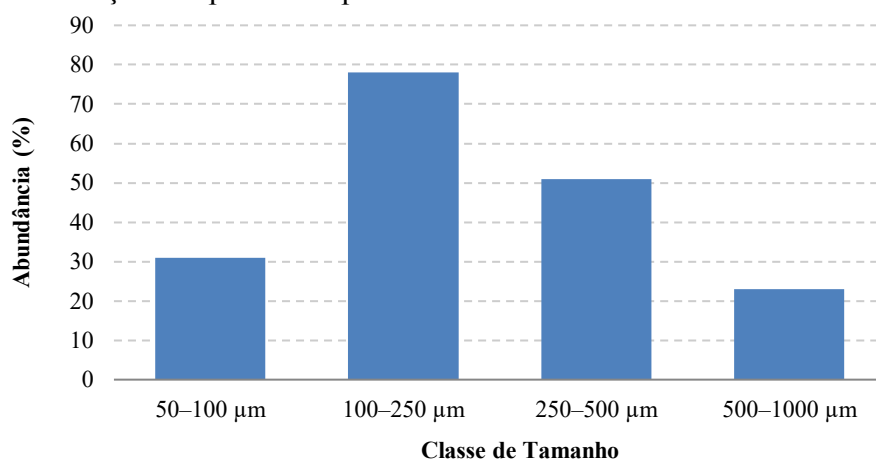
Fonte: Autora, 2026

Estudos prévios demonstram que a coloração das partículas pode fornecer informações complementares sobre possíveis fontes de origem. No entanto, esse parâmetro deve ser interpretado com cautela, uma vez que processos de degradação, foto-oxidação e envelhecimento ambiental podem modificar significativamente a coloração original dos materiais plásticos (MONTAGNER et al., 2021). Dessa forma, a distribuição cromática observada sugere a existência de múltiplas fontes potenciais de emissão, incluindo materiais plásticos domésticos, fibras sintéticas e resíduos urbanos degradados.

Distribuição por classes de tamanho

A classificação dimensional das partículas identificadas permitiu verificar a distribuição dos microplásticos em diferentes faixas de tamanho aparente, conforme apresentado na Figura 6. Observa-se predominância de partículas na faixa entre 100 e 250 μm , representando 42,6% do total identificado. Esse comportamento é consistente com observações descritas na literatura internacional, que apontam maior frequência de partículas nas menores classes dimensionais em amostras ambientais e em água destinada ao consumo humano (WHO, 2019; EERKES-MEDRANO; LESLIE; QUINN, 2019).

Figura 6 - Distribuição das partículas por classe dimensional.



Fonte: Autora, 2026

A predominância de partículas inferiores a 250 µm merece atenção, considerando que partículas menores apresentam maior área superficial específica e, conseqüentemente, maior potencial de adsorção de contaminantes químicos e interação biológica. Embora os mecanismos de toxicidade em seres humanos ainda não estejam completamente esclarecidos, estudos experimentais têm demonstrado que partículas de menores dimensões possuem maior potencial de absorção e distribuição nos organismos vivos.

Implicações para a qualidade da água e limitações do estudo

Embora a metodologia empregada tenha permitido identificar partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos por meio de coloração fluorescente e caracterização microscópica, conforme já relatado, a ausência de técnicas espectroscópicas confirmatórias, como Espectroscopia Raman ou Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), limita a confirmação inequívoca da composição polimérica das partículas observadas. Além disso, em razão das limitações financeiras da pesquisa, não foi possível realizar análises confirmatórias por técnicas espectroscópicas, uma vez que a empresa responsável pelas análises não dispunha dessas metodologias e a contratação de outro laboratório especializado não foi viável.

Dessa forma, conforme recomendado pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2019) e pela ISO/TR 21960:2020, os resultados deste estudo devem ser interpretados como evidências da ocorrência de partículas presumivelmente compatíveis com microplásticos, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre contaminantes emergentes em Soluções Alternativas Coletivas de Abastecimento na Amazônia brasileira.

CONCLUSÕES

A abordagem da metodologia utilizada possibilitou a detecção e a caracterização de partículas que são provavelmente compatíveis com microplásticos na água de SAC examinada. Os dados demonstraram que a contaminação de filtração, coloração com Vermelho Nilo e análise por microscopia constitui um método eficaz para triagem dessas partículas em amostras de água destinada ao consumo humano.

As observações apontaram partículas em todas as amostras avaliadas, com concentração média de $12,2 \pm 0,6 \text{ part}\cdot\text{L}^{-1}$. Fibras foram o tipo mais prevalente, seguidas por fragmentos e por grânulos. Constatou-se também maior frequência de partículas transparentes e azuis, bem como predomínio de partículas na faixa de tamanho entre 100 e 250 μm . Esses achados corroboram relatos prévios na literatura, indicando que microplástico não estão restritos aos sistemas convencionais de abastecimento, mas ocorrem igualmente em fontes alternativas utilizadas pela população.

Apesar de não ter sido utilizada técnicas espectroscópicas confirmatórias, como FTIR e Ramam, que permitiram atestar a composição polimérica das partículas detectadas, os métodos aplicados obedeceram a diretrizes técnico-científicas reconhecidas para estudos de triagem. Dessa, forma, tornou-se viável categorizá-las como partículas aparentemente compatíveis com microplásticos.

Este trabalho constitui uma das investigações iniciais acerca da ocorrência desses contaminantes em SAC de Abastecimento no município de Tucuruí. Nesse sentido, aponta elementos ao diagnóstico da qualidade da água consumida pela população e avança o conhecimento sobre contaminantes emergentes na Amazônia. Para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar o número de pontos de amostragem, incluir diferentes períodos sazonais e empregar técnicas espectroscópicas para confirmar a composição química das partículas, fortalecendo o monitoramento ambiental e subsidiando ações posteriores de vigilância sanitária.

REFERÊNCIAS

- BARNES, David K. A.; GALGANI, François; THOMPSON, Richard C.; BARLAZ, Morton. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, London, v. 364, n. 1526, p. 1985-1998, 2009.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano*. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 2021.
- BRASIL. Ministério das Cidades. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS: diagnóstico dos serviços de água e esgoto 2022*. Brasília: Ministério das Cidades, 2024.
- CAETANO, I. L.; MATTOS, G. R.; WENDT, J. R. Efeitos da exposição a microplásticos e nanoplásticos no sistema endócrino: uma revisão de literatura. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. esp., 2024.
- EERKES-MEDRANO, Dafne; LESLIE, Heather A.; QUINN, Brian. Microplastics in drinking water: a review and assessment. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 7, p. 69-75, 2019.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). *Manual de saneamento*. 4. ed. Brasília: FUNASA, 2015.
- GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, v. 3, n. 7, e1700782, 2017.
- HIDALGO-RUZ, Valeria; GUTOW, Lars; THOMPSON, Richard C.; THIEL, Martin. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 6, p. 3060-3075, 2012.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO/TR 21960:2020: Plastics - Environmental aspects - State of knowledge and methodologies*. Geneva: ISO, 2020.
- KIRSTEIN, Inga V. et al. Drinking plastics? Quantification and qualification of microplastics in drinking water distribution systems by μ FTIR and Py-GCMS. *Water Research*, v. 188, p. 116519, 2021.
- LE, Q. N. P. et al. Towards quality-assured measurements of microplastics in soil using fluorescence microscopy. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, v. 417, n. 11, p. 2225-2238, 2025.
- MAES, Thomas; JESSOP, Rebecca; WELLNER, Nikolaus; HAUPT, Karsten; MAYES, Andrew G. A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, v. 7, p. 44501, 2017.
- MONTAGNER, Cassiana C. et al. Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química Nova*, v. 44, n. 10, p. 1328-1352, 2021.
- MOREIRA, Davi da Costa. *O sistema de abastecimento de água de Tucuruí: caracterização e perspectiva histórica da gestão pública local*. 2014. Dissertação (Mestrado em Gestão de

Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

SANTOS, Edcarlos Araujo dos. *Identificação de microplásticos advindo da água do sistema de abastecimento público de São José do Bonfim - PB*. 2026. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2026.

SCHIO, Nathália da Silva. *Microplásticos: caracterização e identificação em corpos hídricos do interior do estado de São Paulo*. 2025. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2025.

SOUSA, Pedro Henrique Silva de; REGO, Augusto da Gama; JESUS, Allan Jamesson Silva de. Percepção sobre a qualidade do serviço de água potável no município de Tucuruí – PA, Brasil: das condições de oferta. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 17, n. 3, p. 688–703, 2024. DOI: 10.22201/iingen.0718378xe.17.3.87495.

THOMPSON, Richard C. et al. Lost at sea: where is all the plastic? *Science*, v. 304, n. 5672, p. 838, 2004.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Microplastics in drinking-water*. Geneva: World Health Organization, 2019.

ZHOU, Xue-jun et al. Microplastic pollution of bottled water in China. *Journal of Water Process Engineering*, v. 40, p. 101884, 2021.