



## Artigo

## Open Access

# Monitoramento e remoção de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá, Brasília, Distrito Federal: contribuição do mergulho para os objetivos globais

Paulo Antônio David Franco<sup>1,6</sup>  José Carlos Guimarães Junior<sup>2</sup>  Carlos Magno Melo Braga<sup>3</sup> 

Gilberto Gonçalves Rodrigues<sup>4</sup>  & Eli Siqueira Alves<sup>5</sup> 

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia, Faculdade Metropolitana, Ribeirão Preto-SP, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Biotecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, Brasil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

<sup>4</sup> Departamento de Zoologia, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil.

<sup>5</sup> Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília-DF, Brasil.

<sup>6</sup> Associação de Pesca Esportiva, Subaquática e Conscientização Ambiental, Brasília-DF, Brasil.

Recebido 3 dezembro 2025 / Aceito 16 dezembro 2025

## Resumo

O estudo analisou as ações de monitoramento e remoção de resíduos sólidos submersos realizadas no Lago Paranoá (DF) entre 2021 e 2025, com foco na contribuição do mergulho e da ciência cidadã para a mitigação da poluição aquática urbana. Foram sistematizados dados provenientes de mutirões de limpeza organizados por órgãos públicos, associações e voluntários, incluindo a quantificação, origem e distribuição espacial dos resíduos coletados. Os resultados indicaram a remoção de aproximadamente 4.680 kg de resíduos sólidos, com destaque para o ano de 2024, quando se registrou o maior volume de coleta. A análise demonstrou que as áreas de maior uso recreativo concentraram os maiores índices de poluição, afetando diretamente a ictiofauna local. O modelo integrado entre mergulho em apneia e/ou autônomo e participação comunitária evidenciou eficiência técnica, engajamento social e aderência aos Objetivos Globais da ONU - especialmente os ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre). Conclui-se que ações estruturadas de remoção de resíduos submersos representam uma estratégia eficaz para a conservação da biodiversidade, a recuperação de ecossistemas urbanos e o fortalecimento da sustentabilidade socioambiental.

**Palavras-chave:** lago urbano; resíduos submersos; mergulho; ciência cidadã; sustentabilidade

## Abstract - Monitoring and removal of submerged solid waste in lake Paranoá Brasília, Distrito Federal: contribution of scientific diving to the global goals

The study analyzed monitoring and removal actions of submerged solid waste carried out in Lake Paranoá (DF), Brazil, between 2021 and 2025, focusing on the contribution of diving and citizen science to the mitigation of urban aquatic pollution. Data from cleanup efforts organized by public agencies, associations, and volunteers were systematized, including the quantification, origin, and spatial distribution of the collected waste. The results indicated the removal of approximately 4,680 kg of solid waste, with 2024 standing out as the year with the highest collection volume. The analysis showed that areas with greater recreational use concentrated the highest pollution levels, directly affecting the local ichthyofauna. The integrated model between freediving and/or scuba diving and community participation demonstrated technical efficiency, social engagement, and adherence to the UN Global Sustainable Development Goals-especially SDGs 12 (Responsible Consumption and Production), 14 (Life Below Water), and 15 (Life on Land). It is concluded that structured submerged waste removal actions represent an effective strategy for biodiversity conservation, urban ecosystem restoration, and the strengthening of socio-environmental sustainability.

**Keywords:** urban lake; submerged waste; diving; citizen science; sustainability.

## Resumen - Monitoreo y remoción de residuos sólidos sumergidos en el Lago Paranoá (DF): contribución del buceo a los objetivos globais

\*Autor Correspondente P.A.D. Franco: [paulo.frano.zoo.brasilia@gmail.com](mailto:paulo.frano.zoo.brasilia@gmail.com)

El estudio analizó las acciones de monitoreo y remoción de residuos sólidos sumergidos realizadas en el Lago Paranoá (DF) entre 2021 y 2025, con enfoque en la contribución del buceo y de la ciencia ciudadana para la mitigación de la contaminación acuática urbana. Se sistematizaron datos provenientes de jornadas de limpieza organizadas por organismos públicos, asociaciones y voluntarios, incluyendo la cuantificación, el origen y la distribución espacial de los residuos recolectados. Los resultados indicaron la remoción de aproximadamente 4.680 kg de residuos sólidos, destacándose el año 2024 como el de mayor volumen de recolección. El análisis demostró que las áreas de mayor uso recreativo concentraron los niveles más altos de contaminación, afectando directamente a la ictiofauna local. El modelo integrado entre apnea y/o buceo con escafandra autónoma y participación comunitaria demostró eficiencia técnica, compromiso social y adhesión a los Objetivos de Desarrollo Sostenible Globales de la ONU, especialmente los ODS 12 (Consumo y Producción Responsables), 14 (Vida Submarina) y 15 (Vida de Ecosistemas Terrestres). Se concluye que las acciones estructuradas de remoción de residuos sumergidos representan una estrategia eficaz para la conservación de la biodiversidad, la recuperación de los ecosistemas urbanos y el fortalecimiento de la sostenibilidad socioambiental.

**Palabras claves:** lago urbano; residuos sumergidos; buceo; ciencia ciudadana; sostenibilidad.

## Introdução

Lagos urbanos desempenham funções essenciais, como fornecimento de serviços ecossistêmicos, lazer, turismo e equilíbrio ambiental. Contudo, a expansão urbana e a destinação inadequada de resíduos sólidos têm intensificado a pressão sobre esses ambientes, resultando em impactos severos sobre a biodiversidade e a saúde humana (UNEP, 2022). No caso do Lago Paranoá, localizado em Brasília (DF), o acúmulo de resíduos submersos - incluindo plásticos, metais e materiais de risco - representa um desafio crescente para a gestão ambiental, comprometendo a integridade ecológica e a qualidade da água (Eriksen et al., 2014).

Além de sua importância ecológica e social, o Lago Paranoá possui relevância estratégica para o abastecimento público e segurança hídrica do Distrito Federal. De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional, “a bacia hidrográfica do Rio Paranoá apresenta alto grau de degradação ambiental decorrente da expansão urbana acelerada e da ausência de manejo adequado dos recursos naturais” (BRASIL, 2021, p. 12). Ainda segundo o diagnóstico oficial, o lago compõe uma área prioritária de intervenção governamental no âmbito do Programa Semeando Águas, que visa reduzir os impactos ambientais e promover a recuperação de ambientes aquáticos estratégicos.

Estudos do programa também evidenciam que o lançamento de efluentes, processos erosivos e o transporte de resíduos sólidos pela drenagem urbana constituem as principais fontes de contaminação do lago (BRASIL, 2021). Esse cenário reforça que parte significativa dos resíduos removidos do fundo do Lago Paranoá não tem origem exclusivamente no uso recreativo das margens, mas está associada a problemas estruturais de planejamento urbano, ocupação de áreas de preservação permanente (APP) e deficiência de saneamento básico.

Esse contexto é agravado pela interação entre fatores antrópicos locais, como o uso recreativo e a ocupação irregular das margens, e pressões ambientais mais amplas, que aumentam a vulnerabilidade de espécies nativas e favorecem a expansão de espécies exóticas. Frente a essa realidade, torna-se imprescindível adotar estratégias de monitoramento e remoção de resíduos sólidos que conciliem conservação ambiental e engajamento social.

A partir de 2021, ações conjuntas de organizações civis, mergulhadores e voluntários passaram a estruturar iniciativas de remoção sistemática de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá. Essas ações conectam práticas locais a compromissos globais, alinhando-se à Agenda 2030 da ONU e, em especial, às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12, 14 e 15.

Este artigo apresenta uma análise das ações realizadas entre 2021 e 2025, destacando a relevância do uso de mergulhadores, os resultados obtidos e sua contribuição para a sustentabilidade socioambiental.

A poluição por resíduos sólidos nos ambientes aquáticos urbanos representa uma das principais ameaças à qualidade da água, à biodiversidade e à manutenção dos serviços ecossistêmicos (Andrade, 2017; Eriksen et al., 2014). Lagos artificiais inseridos em centros urbanizados, como o Lago Paranoá, são particularmente vulneráveis devido à intensa pressão antrópica exercida sobre suas margens e coluna d’água (Garcia et al., 2020).

No diagnóstico ambiental oficial da bacia hidrográfica, o Ministério do Desenvolvimento Regional destaca que “o Lago Paranoá sofre pressões ambientais contínuas associadas ao uso e ocupação do solo, especialmente pela expansão urbana desordenada e ausência de infraestrutura adequada de saneamento” (Brasil, 2021, p. 18). O relatório também evidencia que o lago recebe significativa carga de resíduos sólidos transportados pela drenagem urbana, afirmando que “os córregos afluentes atuam como vetores de aporte de sedimentos e resíduos, principalmente durante eventos de precipitação intensa” (Brasil, 2021, p. 42).

A poluição plástica é um dos principais componentes dessa pressão ambiental. Olivatto et al. (2018) esclarecem que os macroplásticos se fragmentam progressivamente em partículas menores devido à ação física, térmica e química, gerando microplásticos secundários. Segundo os autores, “os resíduos plásticos maiores, quando submetidos à exposição ambiental, vão sofrendo sucessivas fragmentações, gerando detritos progressivamente menores”, o que aumenta o risco ecológico.

Fragments entre 0,001 e 5 mm são denominados microplásticos, enquanto partículas entre 1 e 1000 nm classificam-se como nanoplásticos (Blettler et al., 2017). Essas partículas apresentam elevada mobilidade no ambiente aquático e podem se acumular nos sedimentos ou serem ingeridas pela fauna aquática (Castro et al., 2016; Doyle et al., 2011). No Lago Paranoá, estudos mostram o acúmulo de macro e microplásticos tanto nas margens quanto no interior do corpo hídrico, principalmente em áreas sujeitas ao escoamento superficial urbano (Garcia et al., 2020; Lei et al., 2018).

Para compreender a complexidade dos resíduos plásticos identificados nas coletas e descritos na literatura, é fundamental reconhecer a diversidade de polímeros presentes no ambiente aquático e seus desafios de reciclagem. De acordo com a Embrapa (2024), os plásticos mais comuns incluem o polietileno tereftalato (PET), amplamente utilizado em garrafas e embalagens e de fácil reciclagem; o polietileno de alta densidade (PEAD), empregado em frascos e recipientes mais rígidos; o policloreto de vinila (PVC), utilizado em tubos e embalagens, cuja reciclagem é dificultada pela presença de aditivos; e o polipropileno (PP), encontrado em tampas e componentes automotivos, reciclável, mas com limitações técnicas e econômicas. Ainda segundo a autora, os principais entraves à reciclagem dos plásticos incluem a carência de infraestrutura adequada, a contaminação dos resíduos e a ausência de incentivos econômicos que tornem o processo viável, fatores que contribuem para a permanência desses materiais no ambiente e sua consequente dispersão nos ecossistemas aquáticos (Embrapa, 2024).

Essa dinâmica confirma o que já havia sido apontado pelo diagnóstico hidrossedimentológico do Programa Semeando Águas, que ressalta que “a entrada de resíduos sólidos no reservatório está diretamente relacionada ao lançamento irregular de lixo nas áreas urbanas e ao transporte por canais de drenagem” (Brasil, 2021, p. 55).

Os resíduos plásticos representam ameaça direta para a biota aquática. Estudos demonstram que organismos aquáticos frequentemente ingerem partículas plásticas por engano, confundindo-as com alimento (Turner & Holmes, 2015). No Lago Paranoá, observações em campo durante expedições de mergulho registraram peixes aprisionados em garrafas PET e redes abandonadas, além de grandes volumes de resíduos metálicos e de construção civil, o que reforça os impactos ecológicos desses materiais sobre a ictiofauna local (Figura 1).

Diante desse cenário, ações de monitoramento e remoção de resíduos sólidos tornam-se essenciais no contexto da gestão ambiental do Lago Paranoá. Iniciativas locais que utilizam mergulho têm contribuído significativamente para o controle da poluição, ao mesmo tempo em que promovem conscientização ambiental e produção de dados técnicos relevantes. Além disso, tais ações reforçam compromissos com a sustentabilidade, alinhando-se diretamente aos Objetivos Globais, em especial ao Consumo e Produção Responsáveis (ODS-12), Vida na Água (ODS-14) e Vida Terrestre (ODS-15) (Lei et al., 2018; Garcia et al., 2020).



**Figura 1.** Exemplar de bodó *Hypostomus sp.* preso em garrafa plástica descartada no ambiente aquático. A imagem evidencia os riscos do descarte inadequado de resíduos sólidos para a ictiofauna e reforça a necessidade de manejo e destinação ambientalmente adequada dos plásticos.

Fonte: Acervo pessoal de Paulo Franco.

## Material e Métodos

O presente estudo fundamenta-se no uso do mergulho como ferramenta de coleta, monitoramento e registro de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá (DF) e em dois outros corpos hídricos associados do Distrito Federal, no período de 2021 a 2025. As atividades foram conduzidas por mergulhadores e apoiadas por instituições públicas e organizações da sociedade civil, configurando uma abordagem integrada entre ciência cidadã e conservação ambiental. Os dados analisados resultaram da sistematização de registros de mutirões subaquáticos de limpeza, organizados por entidades como a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal (ADASA), a Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), o Serviço de Limpeza Urbana (SLU), além de iniciativas próprias da Associação de Pesca Esportiva, Subaquática e Conscientização Ambiental (APSSHARK-DF) e da Associação Brasileira de Esportes e Pesca Subaquática (DFSUB) (IBRAM, 2019; SDA-DF, 2021).

O mergulho foi empregado não apenas como meio de remoção física de resíduos, mas também como instrumento de aquisição de dados ambientais, possibilitando a observação direta de hotspots de acúmulo, a caracterização tipológica dos materiais coletados e o registro fotográfico das condições subaquáticas. Essa metodologia teve como propósito transformar ações voluntárias de limpeza em atividades sistemáticas de monitoramento ambiental, de modo a ampliar a produção de informações úteis para a gestão integrada do Lago Paranoá e seus tributários.

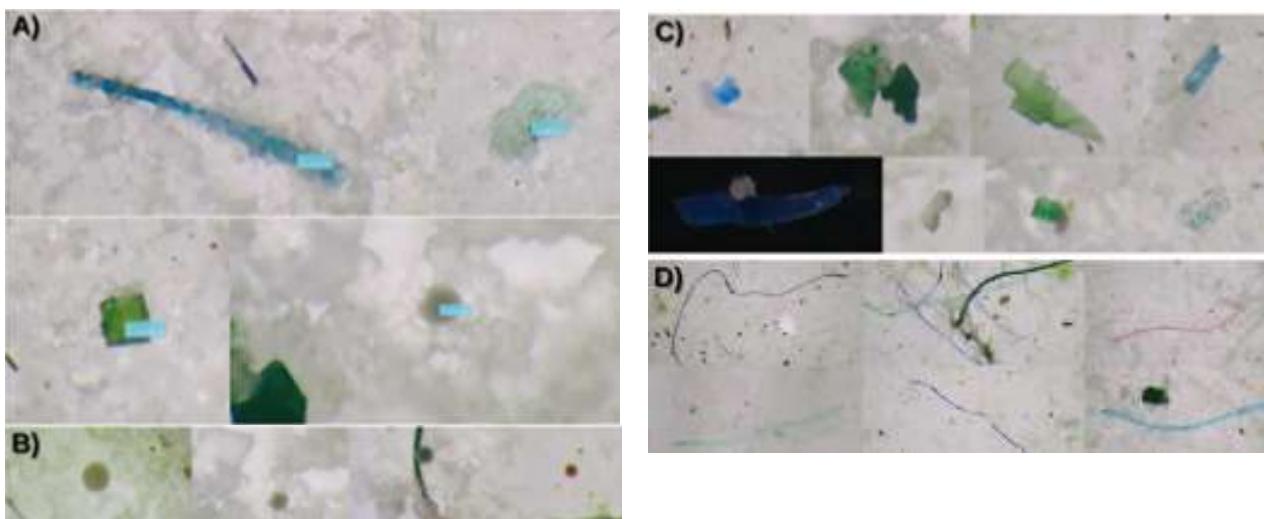
As coletas subaquáticas seguiram protocolos padronizados de segurança e conservação ambiental, com o objetivo de evitar a suspensão de sedimentos e minimizar o distúrbio à fauna bentônica. Durante as operações, os resíduos foram registrados e classificados em quatro categorias principais: resíduos plásticos, como garrafas PET, sacolas, tampas, copos, embalagens e fragmentos; resíduos metálicos, incluindo latas de alumínio, cabos, arames e barras; resíduos vítreos e cerâmicos, representados por garrafas de bebidas alcoólicas, frascos e utensílios domésticos; e materiais diversos, como pneus, tecidos, equipamentos de pesca e acessórios pessoais. Essa heterogeneidade reflete a diversidade de materiais descartados irregularmente em ambientes aquáticos urbanos (BeeGreen, 2023b). A sistematização adotada permitiu padronizar os registros, facilitar a análise comparativa dos resíduos removidos e compreender os padrões de descarte predominantes no ambiente subaquático do Lago Paranoá.

Essa categorização evidenciou a predominância dos plásticos de uso cotidiano como principal componente dos resíduos submersos, associando sua presença aos processos de fragmentação e geração de macroplásticos (Figura 2) - resíduos visíveis com tamanho superior a 5 milímetros (mm), como sacolas, garrafas e embalagens plásticas, que representam o primeiro estágio da contaminação ambiental por fragmentos maiores - e microplásticos (Figura 3), partículas de plástico com menos de 5 milímetros, originadas tanto de processos industriais quanto da fragmentação de materiais plásticos maiores, conforme descrito na literatura (Olivatto et al., 2018; Blettler et al., 2017; SEMAS-PE, s.d.).

**Figura 2.** Macroplásticos: peças de plástico com dimensões visíveis, tipicamente maiores que 5 milímetros, como sacolas, garrafas e embalagens descartadas no meio ambiente. Esses resíduos se degradam lentamente, fragmentando-se em partículas menores (microplásticos) e impactando a vida aquática e os ecossistemas. A imagem mostra resíduos de macroplásticos retirados do Lago Paranoá (DF), Ponte JK, incluindo sacolas, copos, garrafas e embalagens plásticas acumulados no interior de suas águas, muitos deles invisíveis a partir da superfície.

Fonte: Acervo pessoal de Paulo Franco.





**Figura 3.** A) Partículas de plástico com dimensões entre 5 milímetros (mm) e 1 micrômetro ( $\mu\text{m}$ ). Imagens dos microplásticos classificados como: B) microesferas, C) fragmentos e D) fibras.

Fonte: Alves (2024).

A quantificação dos resíduos foi realizada por pesagem direta em balanças acopladas a veículos coletores do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU), assegurando precisão metrológica e rastreabilidade (Figura 4). A análise sistemática dos volumes coletados permitiu avaliar variações temporais e tendências de crescimento das ações de remoção, gerando uma série histórica que subsidia políticas públicas de mitigação da poluição subaquática (Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal [SLU-DF], 2025). Os veículos coletores, com capacidade de 30 m<sup>3</sup>, dispõem de sistemas de pesagem embarcada integrados à interface do SLU, permitindo registro em tempo real, consistência de dados e controle rigoroso das medições (SLU-DF, 2025).



**Figura 4.** Imagens 1 abastecimento do caminhão coletor; 2 e 4 relatórios de pesagem dos resíduos recolhidos. Imagens 3, 5 e 7: equipe de mergulhadores apneístas e equipe de apoio de solo. Imagem 6: sistema de pesagem embarcada Bextra, instalado na carroceria dos caminhões coletores, cujo módulo de pesagem garante excelência na aferição a bordo.

Fonte. Imagens 1 e 2: Acervo pessoal Paulo Franco; Imagens 3, 4, 5 e 7: Agência Brasília (2024); Imagem 6: Acervo pessoal Will Fernandes, mergulhador apneísta e fotógrafo.

Os dados obtidos foram sistematizados em tabelas e processados para análises temporais e espaciais, representadas por gráficos de séries temporais, diagramas comparativos entre localidades e mapas de calor (heatmaps). Os gráficos permitiram avaliar a evolução anual e sazonal das coletas, enquanto os mapas destacaram a distribuição espacial, identificando áreas críticas de acúmulo. Valores atípicos ou picos isolados foram interpretados para diferenciar acúmulos sazonais de campanhas pontuais de limpeza. Essa integração entre a prática do mergulho e ferramentas analíticas ampliou o entendimento sobre o fluxo de resíduos no lago e suas principais fontes, incluindo drenagens urbanas, descarte irregular e uso recreativo intensivo.

Assim, a metodologia adotada articula o mergulho como prática de pesquisa aplicada, vinculando a remoção de resíduos à geração de dados científicos e à educação ambiental participativa, em consonância com os Objetivos Globais da Agenda 2030 da ONU, especialmente aqueles voltados ao consumo e produção responsáveis, à vida na água e à vida terrestre. Essa abordagem buscou não apenas mensurar a remoção de resíduos sólidos submersos, mas também fornecer subsídios técnicos para avaliar o engajamento da sociedade civil e a contribuição do mergulho à conservação aquática urbana, reforçando sua relevância no contexto da proteção da biodiversidade e do uso sustentável dos ecossistemas aquáticos (ONU, 2015).

## Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido no Lago Paranoá e em dois corpos hídricos, localizados no Distrito Federal (Figura 5), Brasil. Criado artificialmente em 1959, o lago possui aproximadamente 48 km<sup>2</sup> de área e representa um importante ecossistema urbano, fornecendo serviços ambientais, recreação e abastecimento hídrico para a população local. A orla do lago apresenta diferentes usos, incluindo áreas residenciais, parques públicos e pontos de intensa atividade recreativa e de pesca, o que contribui para a heterogeneidade dos resíduos sólidos submersos (SDA-DF, 2021).

O Lago Paranoá está inserido na bacia hidrográfica do Rio Paranoá (Figura 6), recebendo contribuições de diversos afluentes e do sistema de drenagem urbana da região. Essa característica faz com que resíduos provenientes de áreas urbanizadas circundantes sejam transportados para o corpo d'água, concentrando-se em determinados pontos estratégicos da orla e influenciando diretamente a ocorrência de hotspots de acúmulo (Guimarães, 2021).



**Figura 5.** Pontos de coletas de resíduos sólidos subaquáticos no Lago Paranoá (DF) entre 2021 a 2025.

Fonte: Registros das coletas subaquáticas realizadas no período de 2021–2025, com base em imagens Google Earth.

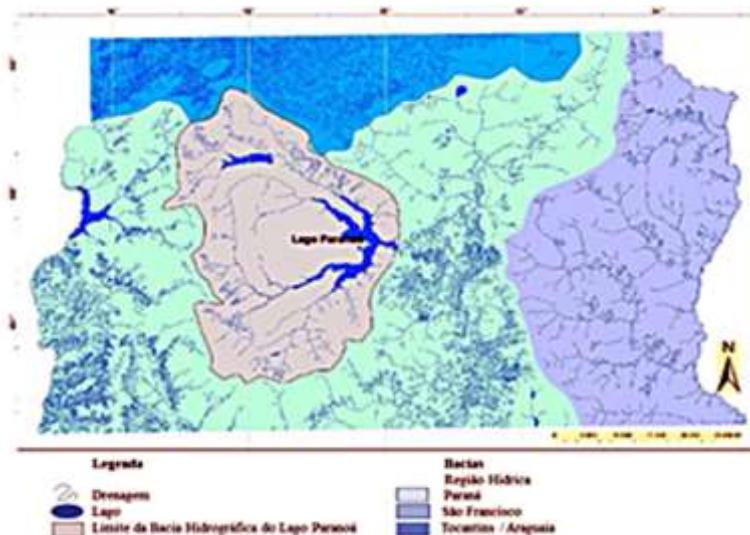
A escolha do Lago Paranoá como área de estudo se justifica por sua relevância ambiental e social, assim como pela representatividade das atividades humanas que ocorrem em seu entorno. Além disso, a presença de espécies aquáticas nativas e introduzidas torna o local adequado para avaliar os impactos de resíduos sólidos submersos sobre a ictiofauna local.

## Coleta de Dados

Os dados utilizados no estudo foram obtidos a partir de mutirões de limpeza subaquática, realizados entre 2021 e 2025, envolvendo instituições públicas, associações de mergulhadores e organizações da sociedade civil. As ações ocorreram em datas comemorativas de campanhas ambientais, mediante convites de órgãos governamentais, como ADASA, Secretaria do Meio Ambiente e Serviço de Limpeza Urbana, e também por iniciativa própria das associações envolvidas (Ibram, 2019; SDA-DF, 2021).

**Figura 6.** Localização geoespacial da Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá no território do Distrito Federal.

Fonte: Oliveira, T. M. G. de, & Steinke, V. A. (2020).



A coleta subaquática foi conduzida exclusivamente por mergulhadores, observando protocolos de segurança e técnicas específicas destinadas a minimizar impactos sobre os ecossistemas locais. Os resíduos removidos abrangeram diferentes categorias de resíduos sólidos, conforme a classificação proposta pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Ministério do Meio Ambiente, 2022) e pela ABNT NBR 10.004/2004, englobando materiais recicláveis inertes - como garrafas de vidro, latas de metal, garrafas PET e sucatas metálicas (barros e arames); não inertes - como redes e varas de pesca, sacos plásticos e acessórios pessoais; e resíduos especiais, a exemplo de pneus de veículos, tambores e galões, que demandam logística reversa ou tratamento específico. A classificação dos resíduos coletados encontra-se apresentada na Tabela 1.

Para quantificação dos resíduos, o material coletado foi pesado diretamente em balanças instaladas em caminhões do Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal. Essa padronização assegurou a confiabilidade e a precisão dos dados, permitindo a elaboração de relatórios detalhados que subsidiaram as análises subsequentes (Ifram, 2019).

**Tabela 1.** Classificação dos resíduos sólidos coletados durante as ações subaquáticas, conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a ABNT NBR 10.004.

Tipo de resíduo identificados durante a coleta.	Classe segundo ABNT NBR 10.0004	Categoria segundo PNRS	Observações
Garrafas de vidro	Classe II B – Inerte	Reciclável	Material inerte, não perigoso, totalmente reciclável.
Latas de metal (alumínio/aço)	Classe II B – Inerte	Reciclável	Metais não perigosos, amplamente recicláveis.
Garrafas PET	Classe II B – Inerte	Reciclável	Plástico reciclável de alta demanda na cadeia de reciclagem.
Pneus de veículos	Classe II A – Não inerte	Resíduo especial / logística reversa	Requer destinação específica conforme logística reversa obrigatória.
Barras e arames metálicos	Classe II B – Inerte	Reciclável	Sucata metálica limpa e reaproveitável.
Redes e varas de pesca	Classe II A – Não inerte	Reciclável / Não inerte	Compostas por fibras e plásticos; sujeitas à degradação parcial no ambiente.
Acessórios pessoais	Classe II A – Não inerte	Resíduo comum / reciclável parcial	Variam conforme o material (plástico, metal, têxtil).
Sacos plásticos	Classe II A – Não inerte	Reciclável	Material não perigoso, reciclável, mas de difícil triagem.
Tambores	Classe II A ou I (dependendo do conteúdo)	Resíduo especial / perigoso potencial	Se utilizados para armazenar produtos químicos, podem ser classe I.
Galões plásticos	Classe II A ou I (dependendo do conteúdo)	Resíduo especial / perigoso potencial	Requer verificação prévia do conteúdo antes da destinação final.

Nota. A classificação segue os critérios estabelecidos pela ABNT NBR 10.004 (2004) - Resíduos sólidos: Classificação e pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Ministério do Meio Ambiente, 2022).

## Análise de dados

Após a coleta, os dados brutos foram compilados em tabelas e organizados em planilhas digitais, permitindo sistematizar informações sobre datas, locais, categorias e quantidades de resíduos removidos. Essa etapa foi essencial para garantir a consistência e a confiabilidade das análises subsequentes, assegurando que os registros estivessem padronizados e prontos para processamento estatístico e espacial (Ifram, 2019).

Para a análise temporal, foram gerados gráficos de séries temporais que permitiram avaliar a evolução anual e sazonal das coletas de resíduos, identificando períodos de maior acúmulo e campanhas específicas de limpeza. A interpretação desses gráficos considerou valores atípicos ou picos isolados, distinguindo acúmulos sazonais de ações pontuais realizadas por mutirões (Guimarães, 2021).

A análise espacial envolveu a produção de diagramas comparativos por localidade e mapas de calor (heatmaps), que evidenciaram a distribuição e intensidade de resíduos em diferentes pontos da orla do Lago Paranoá. Essa abordagem permitiu identificar hotspots de acúmulo e priorizar áreas para intervenção, fornecendo informações estratégicas para a implantação de barreiras flutuantes e operações de coleta (BeeGreen, 2023a).

Além disso, a coleta subaquática permitiu uma visão detalhada da origem e do transporte dos resíduos sólidos, possibilitando compreender as principais vias de entrada de poluentes no lago. Essa abordagem fortaleceu a capacidade de análise e planejamento estratégico das ações de remoção, mitigando impactos sobre a ictiofauna local e contribuindo para a conservação aquática (BeeGreen, 2023b).

A metodologia aplicada buscou não apenas quantificar os resíduos, mas também avaliar o engajamento da sociedade civil e do mergulho nas práticas de conservação. Assim, o estudo está alinhado ao Plano de Ação Global para a Sustentabilidade, proposto pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), especialmente às metas voltadas à proteção da biodiversidade e ao uso sustentável dos ecossistemas aquáticos (ONU, 2015).

## Resultados

Entre 2021 e 2025, foram realizadas 13 campanhas de remoção de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá (DF) e em corpos hídricos associados, abrangendo um período de quatro anos e três meses de monitoramento. Cada operação contou, em média, com a participação de 10 a 20 mergulhadores, além do apoio logístico de equipes de superfície responsáveis pelo transporte e pesagem dos materiais coletados. As ações ocorreram em diferentes regiões do lago - Lago Sul, Lago Norte e Parque da Cidade, além do Lago Veredinha (Brazlândia) - refletindo a diversidade de ambientes aquáticos utilizados para lazer, esportes e atividades recreativas no Distrito Federal.

Ao longo desse período, foi removido um total de 4.680 kg (4,68 toneladas) de resíduos subaquáticos, evidenciando a magnitude do acúmulo de materiais sólidos nos ambientes analisados. As maiores quantidades foram registradas no Pontão do Lago Sul, com 700 kg (18 de setembro de 2023), e na Ponte JK, com 740 kg (1º de março de 2024), seguidos pelo Parque Deck Norte (570 kg, em 8 de junho de 2024) e pelo Lago dos Patos, no Parque da Cidade (560 kg, em 20 de junho de 2024). Esses locais concentram elevado fluxo de usuários e intensa atividade antrópica, o que contribui para o maior aporte de resíduos sólidos ao meio aquático.

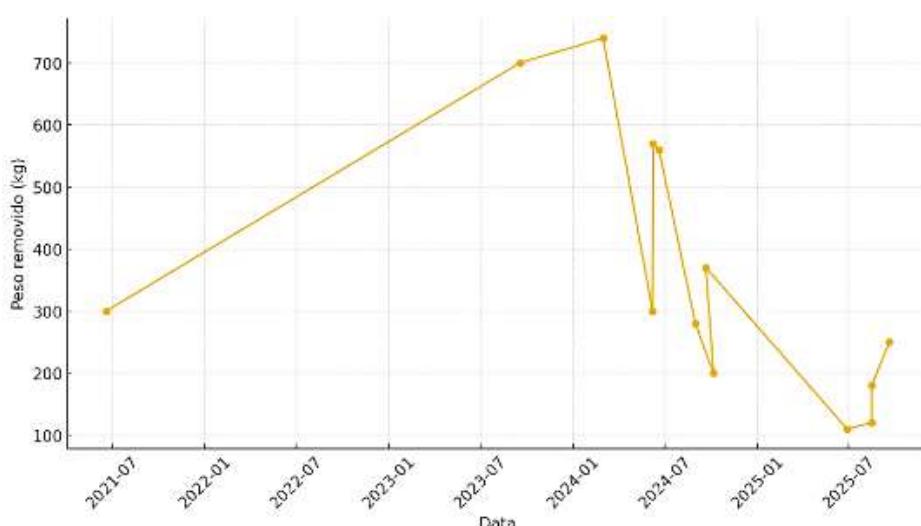
De forma geral, observou-se predominância de resíduos plásticos de uso cotidiano, tais como garrafas PET, sacolas, copos descartáveis, tampas, embalagens e fragmentos diversos, seguidos por resíduos metálicos (latas, cabos e arames), vítreos e cerâmicos (garrafas de bebidas alcoólicas e utensílios domésticos), além de materiais diversos, como pneus, tecidos e equipamentos de pesca. Essa composição reforça o padrão de descarte irregular característico de áreas urbanas com uso recreativo intensivo e destaca a relevância do mergulho como ferramenta de diagnóstico, monitoramento e mitigação da poluição subaquática.

A análise das ações realizadas no Lago Paranoá e áreas associadas entre 2021 e 2025 evidencia uma evolução significativa tanto na intensidade das atividades quanto no volume de resíduos sólidos removidos dos ambientes aquáticos, corroborando as discussões da literatura sobre a importância do monitoramento sistemático para mitigação de impactos de resíduos sólidos em ecossistemas urbanos (Olivatto et al., 2018; Blettler et al., 2017).

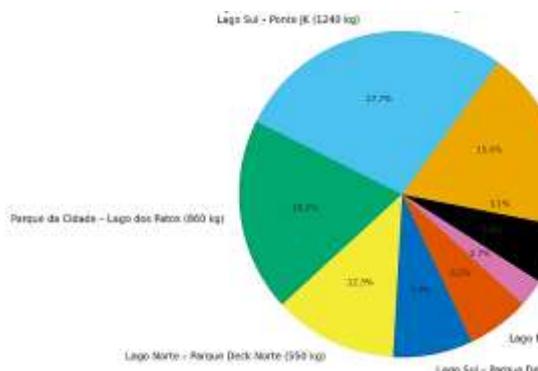
Em 2021, registrou-se apenas um evento de coleta no Lago dos Patos (Parque da Cidade), com remoção de 300 kg de resíduos, representando a primeira iniciativa estruturada, embora de alcance restrito. A Figura 7 apresenta a evolução temporal do volume de resíduos sólidos removidos entre 2021 e 2025.

**Figura 7.** Evolução temporal do volume de resíduos sólidos removidos.

Fonte: Dados organizados por Paulo Franco.



Em 2023, observou-se uma ampliação da mobilização social com a realização do Cleanup Day no Pontão do Lago Sul, envolvendo voluntários e mergulhadores credenciados, que removeram 700 kg de resíduos em uma única ação. Esse resultado evidencia a capacidade de engajamento comunitário em eventos de grande porte, bem como a relevância da visibilidade pública para a promoção da sustentabilidade. Tal constatação reforça que a participação social é um fator crucial para a redução da entrada de macroplásticos, os quais, conforme discutido na Revisão da Literatura, são precursores de micro e nanoplasticos (Castro et al., 2016; Doyle et al., 2011). A Figura 8 apresenta a distribuição total de resíduos sólidos removidos por localidade, enquanto a Figura 9 ilustra a distribuição por região, destacando as áreas com maior volume acumulado ao longo do período.



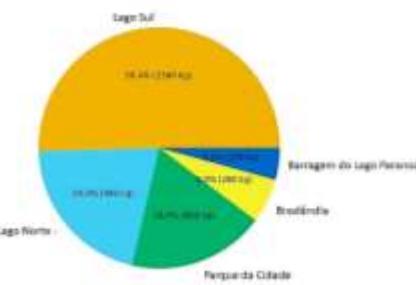
**Figura 8.** Distribuição do volume de resíduos sólidos por localidade no Lago Paranoá e áreas associadas (2021–2025). Observa-se maior concentração de resíduos nos pontos de uso recreativo, especialmente no Lago Sul (Ponte JK e Pontão), seguido pelo Parque da Cidade (Lago dos Patos) e Lago Norte (Parque Deck Norte).

Fonte: Elaborado a partir dos registros das coletas subaquáticas realizadas entre 2021 e 2025.

O ano de 2024 destacou-se quantitativamente, com a remoção de 3.020 kg de resíduos distribuídos em diferentes localidades. A Ponte JK registrou dois eventos que totalizaram 1.040 kg (740 kg em 1º de março e 300 kg em 7 de junho), enquanto no Lago Norte, Parque Deck Norte, foram retirados 570 kg em 8 de junho. Novas áreas também foram contempladas: Lago dos Patos, Parque da Cidade, com 560 kg em 20 de junho; Lago Veredinha (Brazlândia), com 280 kg em 31 de agosto; Lago Sul, Parque Deck Sul, com 370 kg em 21 de setembro; e Barragem do Paranoá, CEB, com 200 kg em 6 de outubro. Esses dados evidenciam a diversificação dos locais e a intensificação da mobilização de atores sociais e ambientais (Figura 10).

**Figura 9.** Distribuição do volume de resíduos sólidos por região.

Fonte: Elaborado a partir dos registros das coletas subaquáticas realizadas entre 2021 e 2025.

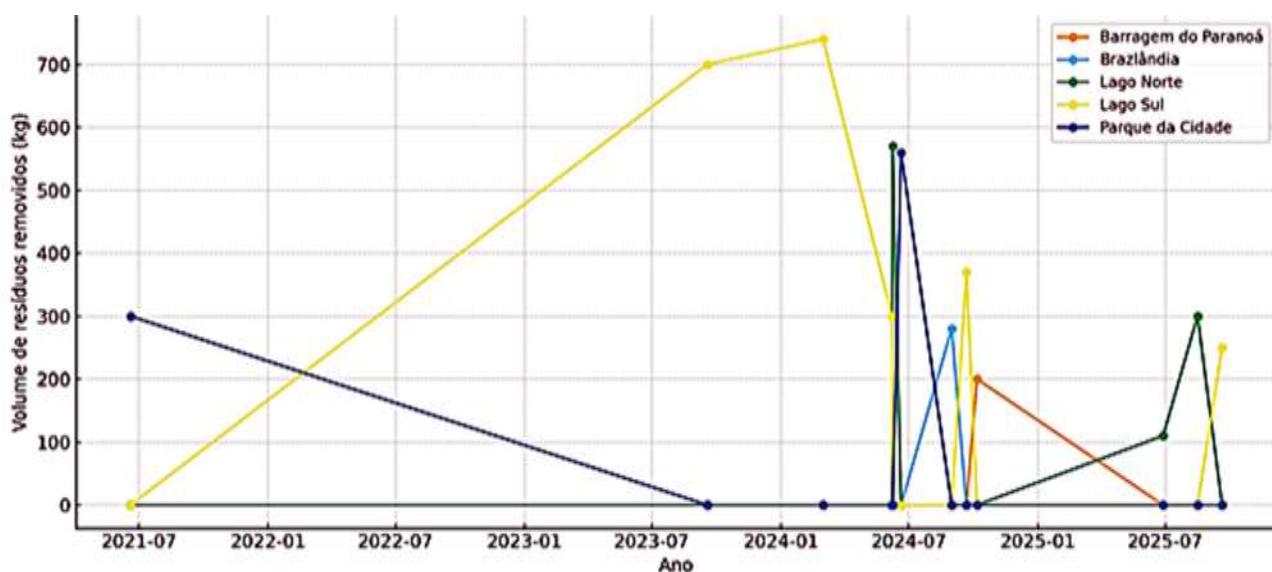




**Figura 10.** Registros fotográficos das ações de recolhimento de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá. As imagens 1 (280 kg, Lago Veredinha), 2 (560 kg, Parque da Cidade) e 3 (370 kg, Parque Deck Sul) apresentam parte das equipes de mergulhadores responsáveis pela coleta e acondicionamento do material em sacos raschel. A imagem 4 evidencia algumas das características dos resíduos recolhidos. A imagem 5 documenta o resgate de um exemplar de cágado-de-barbicha (*Phrynops geoffroanus*), preso em apetrechos de pesca submersos, enquanto a imagem 6 registra a retirada de resíduos plásticos em área alagada próxima à margem e sob o deck

Fonte: Imagens 1 e 2: registro fotográfico Paulo Franco; imagem 3 Agencia Brasília, 2024, e imagens 4 a 6: registros fotográficos de Will Fernandes.

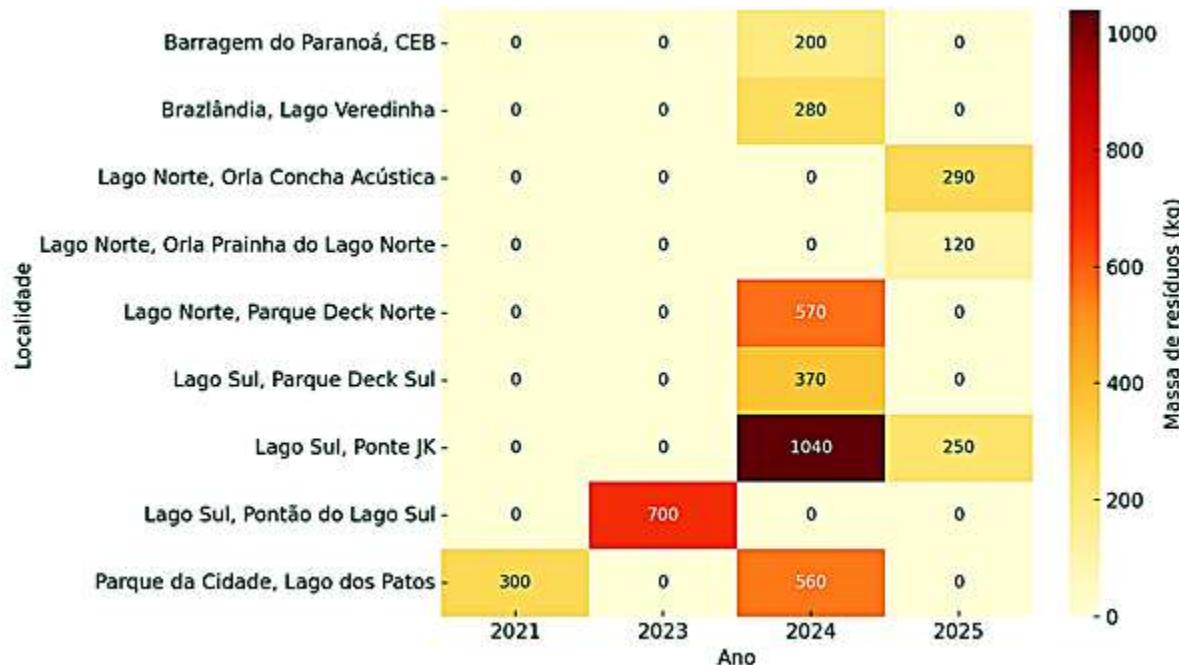
A Figura 11 apresenta a evolução temporal do volume de resíduos sólidos removidos por localidade entre 19 de junho de 2021 e 20 de setembro de 2025. Cada linha representa uma localidade agregada (Lago Sul, Lago Norte, Parque da Cidade e Brazlândia). Observa-se concentração dos maiores volumes no Lago Sul em 2023–2024, com picos de 700 kg (18/09/2023) e 740 kg (01/03/2024), indicando campanhas intensivas nessa porção do lago. Em 2024, houve remoções expressivas também no Lago Norte e no Parque da Cidade, enquanto os registros de 2025 mostram ações de menor magnitude, distribuídas entre Lago Norte e Lago Sul. A variação temporal e espacial sugere campanhas pontuais, possivelmente relacionadas a diferentes frentes de ação, como limpezas locais, eventos específicos ou mobilizações de voluntários. Picos isolados devem ser interpretados com cautela, podendo refletir acúmulos sazonais ou operações mais intensivas.



**Figura 11.** Evolução do volume de resíduos sólidos removidos em diferentes locais do Lago Paranoá e arredores (kg) no período de 2021 a 2025. As localidades incluem Barragem do Paranoá, Brazlândia, Lago Norte, Lago Sul e Parque da Cidade. Os dados evidenciam variações temporais na quantidade de resíduos removidos em cada ponto, refletindo a intensidade das ações de limpeza e mobilização social.

Fonte: Registros das coletas subaquáticas realizadas entre 2021 e 2025.

De maneira geral, observa-se uma tendência crescente nas atividades de coleta, tanto em volume removido quanto em engajamento comunitário. A Figura 12 ilustra a intensidade de resíduos sólidos removidos por localidade e data, permitindo uma visualização detalhada da distribuição temporal e espacial das ações realizadas entre 2021 e 2025.



**Figura 12.** Intensidade de resíduos sólidos removidos no Lago Paranoá (DF) por localidade e ano (2021–2025), representada em escala de calor (*heatmap*). Observa-se maior concentração de resíduos nas localidades do Lago Sul (Pontão do Lago Sul e Ponte JK) e no Parque da Cidade (Lago dos Patos), principalmente entre 2023 e 2024, refletindo áreas de uso intenso e elevada pressão antrópica. Em contraste, os menores valores foram registrados em 2025, com destaque para a Orla Norte (Concha Acústica e Prainha do Lago Norte), indicando possível redução da carga de resíduos ou menor frequência de ações de coleta.

Fonte: Elaborado a partir dos registros das coletas subaquáticas realizadas (2021–2025)

## Discussão

Os resultados deste estudo indicam que o Lago Paranoá se consolidou como um espaço de referência para ações de combate à poluição aquática urbana, especialmente a partir de 2023. O aumento expressivo do volume de resíduos removidos em 2024 pode ser atribuído a três fatores principais: o fortalecimento da organização comunitária e institucional em torno das campanhas de limpeza; o emprego de mergulhadores credenciados, que possibilitaram a remoção de resíduos submersos inacessíveis em operações superficiais; e a ampliação e diversificação dos locais de coleta, permitindo um mapeamento mais abrangente da poluição no lago (IBRAM, 2019; SDA-DF, 2021).

Entretanto, os resultados também revelam que a poluição subaquática no Lago Paranoá está diretamente associada a problemas estruturais de gestão urbana, como falhas de drenagem e ocupação inadequada das margens. O diagnóstico ambiental oficial do Projeto Águas do Paranoá confirma que “a rede de drenagem pluvial urbana é um dos principais vetores de transporte de resíduos sólidos para o lago, especialmente durante eventos de chuva intensa” (Brasil, 2021, p. 42). Além disso, o relatório evidencia que “a ocupação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) contribui para processos erosivos e assoreamento, favorecendo o carreamento de resíduos para o corpo hídrico” (Brasil, 2021, p. 57). Tais constatações explicam a presença recorrente de resíduos em áreas próximas a desembocaduras de córregos e galerias pluviais observadas neste estudo.

A integração entre as coletas subaquáticas e a análise da origem dos resíduos evidencia que a poluição não se limita à atividade recreativa local, mas resulta do fluxo contínuo de resíduos urbanos provenientes de regiões impermeabilizadas da bacia (Olivatto et al., 2018; Blettler et al., 2017). Guimarães (2021) destaca que metodologias de gravimetria permitem identificar hotspots de entrada de resíduos sólidos, frequentemente vinculados a drenagens desprotegidas e ocupações irregulares. Nesse sentido, a maior concentração de resíduos observada em pontos como a Ponte JK, o Pontão do Lago Sul e a Orla do Lago Norte está em consonância

com o diagnóstico oficial, que aponta esses setores como “áreas críticas de pressão antrópica associada ao lançamento irregular de resíduos e ao aporte por enxurradas urbanas” (Brasil, 2021, p. 61).

Conforme destacado na literatura, a presença de resíduos sólidos submersos causa alterações significativas na estrutura das comunidades aquáticas, especialmente entre espécies detritívoras e bentônicas, que desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes e na estabilidade ecológica (Turner & Holmes, 2015; Castro et al., 2016). Os dados obtidos neste estudo corroboram essas observações ao evidenciarem a recorrência de objetos volumosos, como cabos, cordas náuticas, redes de pesca abandonadas, lonas industriais, metais e garrafas de vidro, muitos dos quais representam risco direto de aprisionamento, ferimentos ou mortalidade da fauna aquática (Lei et al., 2018). Objetos volumosos, como cabos, redes, fragmentos metálicos e garrafas plásticas, podem enredar organismos aquáticos de maior porte, comprometendo sua sobrevivência, conforme exemplificado na Figura 13. A imagem de um peixe morto na margem, junto a um fragmento de vidro (Figura 14), evidencia a urgência na adoção de medidas de mitigação e ressalta os riscos fatais impostos à fauna aquática pelo descarte inadequado de resíduos. Assim, a análise das fontes de poluição torna-se fundamental para a identificação de áreas críticas e para o delineamento de estratégias de mitigação direcionadas (Guimarães, 2021; Lei et al., 2018).



**Figura 13.** Mergulho noturno evidenciando o resgate de um exemplar de tucunaré-amarelo (*Cichla kelberi*), espécie exótica introduzida, encontrado preso no interior de uma garrafa PET modificada como armadilha para captura de camarões-canela. As imagens 1 a 6 mostram o processo de retirada do peixe, enquanto as imagens 7 a 11 destacam múltiplas lesões dérmicas e perda de escamas. A armadilha consistia em uma garrafa PET com o bocal cortado e invertido em funil, contendo como isca atrativa um peixe não identificado. A imagem evidencia os riscos do descarte inadequado de resíduos plásticos para a ictiofauna, advertindo a seriedade do manejo e da destinação ambientalmente adequada desses materiais

Fonte. Registros fotográficos de Renato Correa da Silva.

Os achados deste estudo reforçam que a poluição subaquática do Lago Paranoá reflete a interação entre fatores urbanos, estruturais e ecológicos, demandando estratégias de gestão integradas e contínuas. O mergulho se mostra uma ferramenta essencial para o diagnóstico e a mitigação desses impactos, ao permitir a identificação direta de resíduos submersos e o monitoramento de áreas críticas. As ações corretivas - como a remoção de resíduos e o monitoramento subaquático - devem ser acompanhadas de políticas preventivas, voltadas à educação ambiental, ao ordenamento territorial e à melhoria da infraestrutura de drenagem e saneamento. Tais medidas convergem com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 e 14, promovendo o uso responsável dos recursos e a conservação dos ecossistemas aquáticos urbanos. Assim, apenas a integração entre ciência cidadã, gestão ambiental e políticas públicas poderá assegurar a recuperação e a sustentabilidade ecológica do Lago Paranoá.

Nesse contexto, destaca-se a importância de estratégias complementares de mitigação ambiental, como a implantação de ecobarreiras flutuantes construídas com materiais reciclados, instaladas em pontos estratégicos do lago para interceptar resíduos flutuantes e submersos. A utilização dessas barreiras, associada a ecoboats destinados à coleta de lixo e apoiada por estudos hidrológicos que identificam áreas críticas de acúmulo, representa uma alternativa eficaz para o controle preventivo da poluição. Experiências anteriores, como a da BeeGreen Ambiental no Arroio Dilúvio, em Porto Alegre, confirmam a eficiência dessas tecnologias na contenção de resíduos antes que atinjam áreas sensíveis (BeeGreen, 2023a). A aplicação desse tipo de solução integrada ao contexto do Lago Paranoá poderia potencializar os resultados obtidos, consolidando o uso do lago como modelo de gestão ambiental urbana e inovação tecnológica em ecossistemas aquáticos.



**Figura 14.** Exemplar de *Heterotilapia buttikoferi* (Tilápia zebra), espécie exótica introduzida, encontrado morto na margem do Lago Paranoá (Orla Concha Acústica), ao lado de garrafa de vidro. O registro ilustra o risco de fatalidade da ictiofauna e o severo impacto ecológico do descarte inadequado de resíduos sólidos em áreas de uso intenso, reforçando a importância das ações de monitoramento, remoção e mitigação da poluição aquática, em alinhamento com o ODS 14.

Fonte: Acervo pessoal, Paulo Franco.

As ações realizadas no Lago Paranoá apresentam relevância tanto local quanto global quando analisadas sob a perspectiva das metas da ONU para a sustentabilidade. No contexto do ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, a coleta e destinação adequada dos resíduos, aliadas à conscientização da população, configuram práticas fundamentais para a redução da poluição urbana e o fortalecimento de hábitos sustentáveis (ONU, 2015; Olivatto et al., 2018). Em relação ao ODS 14 – Vida na Água, a remoção de plásticos, metais e outros materiais nocivos contribui diretamente para a proteção da biodiversidade aquática, mitigando riscos de ingestão e emaranhamento de organismos submersos e favorecendo a conservação da ictiofauna local (Blettler et al., 2017; T. Garcia et al., 2020). Já o ODS 15 – Vida Terrestre é contemplado de forma indireta, uma vez que o controle da poluição aquática preserva zonas ripárias e ecossistemas terrestres adjacentes, promovendo equilíbrio ecológico e integridade dos habitats marginais (ONU, 2015; IBRAM, 2019; BeeGreen, 2023a).

Um aspecto central deste estudo é a integração entre ciência cidadã e mergulho. Enquanto voluntários desempenham papel essencial na mobilização social e na sensibilização ambiental, os mergulhadores garantem a eficiência técnica das operações, assegurando tanto a segurança dos participantes quanto a efetividade na remoção de resíduos. A inclusão de análises sobre a origem, a tipologia e o fluxo dos materiais coletados reforça a importância de compreender o sistema urbano como um todo, permitindo intervenções mais estratégicas e sustentáveis, em consonância com a literatura sobre gestão de resíduos em ecossistemas aquáticos urbanos (Guimarães, 2021; Turner & Holmes, 2015).

De forma comparativa, as práticas implementadas no Lago Paranoá encontram paralelo em experiências internacionais de manejo ambiental em lagos urbanos, nas quais a combinação entre educação ambiental, voluntariado e técnicas especializadas de remoção demonstrou elevada eficácia na mitigação da poluição aquática. Assim, o Lago Paranoá configura-se como um laboratório vivo de governança socioambiental, onde o conhecimento técnico e a participação comunitária se unem para atender às metas globais de conservação e sustentabilidade (ONU, 2015).

Em síntese, os resultados deste estudo demonstram que a integração entre a prática do mergulho, engajamento comunitário e análise das fontes de poluição constitui uma abordagem eficaz para a mitigação de resíduos sólidos submersos em ambientes urbanos. Além disso, as ações desenvolvidas contribuem diretamente para o cumprimento das metas globais 12, 14 e 15, reforçando o compromisso com a preservação da ictiofauna e com a construção de ecossistemas aquáticos urbanos mais resilientes, conforme evidenciado na literatura científica recente.

## Consideração Finais

As ações de monitoramento e remoção de resíduos sólidos submersos realizadas no Lago Paranoá (DF) entre 2021 e 2025 demonstraram ser uma estratégia efetiva de mitigação da poluição aquática urbana. No período analisado, observou-se um incremento progressivo tanto na intensidade das coletas quanto na abrangência espacial das intervenções, com destaque para as áreas de maior uso recreativo, como a Ponte JK, o Pontão do Lago Sul e a Orla do Lago Norte. Foram removidos aproximadamente 4.680 kg de resíduos sólidos, sendo o ano de 2024 o mais expressivo, com 2.820 kg coletados. Esses resultados evidenciam a eficiência das ações integradas de mobilização comunitária e do mergulho no enfrentamento da poluição subaquática.

A prática do mergulho de apneia e autônomo contribuem diretamente para a preservação do Lago Paranoá, ao permitir o acesso e a remoção de resíduos em áreas submersas inacessíveis por métodos convencionais, além de possibilitar observações *in situ* sobre os impactos ecológicos desses materiais. Como destacam Lei et al. (2018) e Garcia et al. (2020), a caracterização de resíduos e o registro de *hotspots* de acúmulo constituem etapas fundamentais para o planejamento da mitigação ambiental. Nesse contexto, o mergulho não apenas atua como ferramenta de coleta, mas também como instrumento técnico de diagnóstico e monitoramento, produzindo dados relevantes sobre a dinâmica da poluição e a vulnerabilidade dos ecossistemas aquáticos urbanos.

A incorporação da análise da origem e do fluxo dos resíduos, conforme proposto por Guimarães (2021), permitiu compreender a dinâmica de entrada dos poluentes urbanos nos corpos d'água, subsidiando a priorização de áreas críticas e o planejamento estratégico das operações de remoção. Essa abordagem contribuiu para a conservação da ictiofauna e da biodiversidade local, reduzindo riscos de ingestão acidental de plásticos e metais, aprisionamento de organismos e degradação de habitats bentônicos essenciais à reprodução de peixes e macroinvertebrados, em consonância com os achados de Olivatto et al. (2018), Blettler et al. (2017) e Turner & Holmes (2015).

Para que esses resultados sejam sustentáveis, é necessário transformar as campanhas de limpeza subaquática em ações permanentes de monitoramento ambiental, com frequência mínima semestral, evitando a limitação a eventos pontuais. A institucionalização dessas práticas requer parcerias interinstitucionais entre associações de mergulho (APSSHARK-DF e DFSUB), órgãos públicos (ADASA, SEMA e SLU), instituições acadêmicas e sociedade civil organizada, assegurando o manejo adequado e o destino final dos resíduos coletados, conforme o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Ministério do Meio Ambiente, 2022).

Como medidas complementares, recomenda-se a instalação de lixeiras seletivas e pontos fixos de coleta nas áreas de maior fluxo de visitantes, associadas a ações contínuas de educação ambiental, voltadas à sensibilização de frequentadores, pescadores e comerciantes. A consolidação de protocolos integrados de resposta rápida, especialmente após eventos de grande público e períodos chuvosos - momentos em que o escoamento pluvial intensifica o aporte de lixo -, pode ampliar a efetividade do controle da poluição, conforme destacado por Brasil (2021) e BeeGreen (2023a). Tais medidas ampliam o alcance das ações subaquáticas e fortalecem o engajamento comunitário, transformando o Lago Paranoá em um exemplo de gestão ambiental participativa.

No âmbito das estratégias de mitigação ambiental, foram consideradas ecobarreiras flutuantes construídas com materiais reciclados, instaladas em pontos estratégicos do lago com o objetivo de interceptar resíduos flutuantes e submersos. O uso dessas barreiras foi associado à utilização de ecoboats, embarcações destinadas à coleta de lixo, e apoiado por estudos hidrológicos, que auxiliaram na identificação de pontos críticos de acúmulo. Experiências anteriores, como a da Safeweb no Arroio Dilúvio, em Porto Alegre, confirmam a eficácia dessas barreiras na contenção de resíduos antes que atinjam áreas sensíveis (BeeGreen, 2023a).

O modelo de integração entre ciência cidadã e mergulho mostrou-se tecnicamente eficiente, seguro e socialmente inclusivo. Essa sinergia entre conhecimento técnico e mobilização social fortalece a educação ambiental e amplia a capacidade de resposta a desafios urbanos complexos. Além disso, o entendimento das origens da poluição e a institucionalização dessas práticas podem potencializar os resultados, gerando dados

confiáveis e replicáveis para o monitoramento contínuo de ecossistemas aquáticos urbanos (Lei et al., 2018; Garcia et al., 2020).

No contexto das metas globais, as ações realizadas no Lago Paranoá contribuem diretamente para os Objetivos Globais da ONU - 12 (Consumo e Produção Responsáveis), 14 (Vida na Água) e 15 (Vida Terrestre) - ao promover a destinação adequada dos resíduos, a conservação da biodiversidade aquática e a proteção das zonas ripárias. Os resultados obtidos indicam a necessidade de consolidar essas iniciativas como políticas públicas permanentes, integrando associações de mergulho, órgãos ambientais, instituições acadêmicas e voluntários em um programa contínuo de gestão e mitigação da poluição urbana.

Como perspectivas futuras, recomenda-se o aprofundamento dos estudos sobre a composição e tipologia dos resíduos, a avaliação dos impactos sobre a biota aquática, a análise de custo-benefício das ações de remoção e o desenvolvimento de estratégias preventivas baseadas na identificação das fontes de poluição. Dessa forma, o Lago Paranoá pode consolidar-se não apenas como um espaço de lazer e abastecimento hídrico, mas também como um modelo de governança socioambiental urbana, demonstrando que o mergulho profissional é um instrumento estratégico para a conservação e manutenção de ecossistemas aquáticos urbanos, em conformidade com os princípios da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

## Agradecimentos

Os autores agradecem aos presidentes da Associação de Pesca Esportiva, Subaquática e Conscientização Ambiental (APSSHARK-DF) e da Associação Brasileira de Esportes e Pesca Subaquática (DFSUB) pela mobilização de seus associados e pelo engajamento nas ações de campo, essenciais para a obtenção dos dados que subsidiaram este estudo. Agradecem, de modo especial, ao instrutor de mergulho NAUI, registro nº 56863, Sr. Rodrigo da Costa Bessa, responsável pela Águas do Cerrado Operadora de Mergulho (Brasília-DF), pela colaboração técnica e pelo suporte operacional prestados durante as atividades subaquáticas.

Os autores também agradecem ao instrutor de mergulho PADI, registro nº 565892, Sr. Diogo de Oliveira Gomes Garcia, do Centro de Operações de Mergulho Autônomo Garcia Dive (Goiânia-GO), pelo envolvimento e pela participação voluntária na ação *Cleanup Day* (Dia Mundial da Limpeza), realizada em 20 de setembro de 2025. Estendem seus agradecimentos ao mergulhador apneísta e fotógrafo Will Fernandes, pela disponibilização de registros imagéticos que enriqueceram a análise e a apresentação dos resultados, bem como ao mergulhador autônomo, fotógrafo e cinegrafista subaquático Renato Correia, credenciado pela PADI, pela cessão de imagens e vídeos que contribuíram de forma significativa para a documentação visual e científica das atividades desenvolvidas.

## Referências

- Agência Brasília. (2024). *Ação de limpeza retira mais de meia tonelada de resíduos do Lago Paranoá*. Recuperado em 29 de setembro de 2025, de <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/w/acao-de-limpeza-retira-mais-de-meia-tonelada-de-residuos-do-lago-paranoa>
- Alves, I. O. (2024). *Microplásticos nas águas do Lago Paranoá: da coleta à caracterização* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília). Repositório da Universidade de Brasília. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/51612>
- Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.082>
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). *ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação*. <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>
- BeeGreen Consultoria Ambiental. (2023a). Relatório técnico: Ecobarreiras e soluções sustentáveis em ambientes aquáticos urbanos. Porto Alegre: BeeGreen Ambiental.
- BeeGreen Consultoria Ambiental. (2023b). *Soluções para retirar lixo dos oceanos*. Recuperado em 29 de setembro de 2025, de <https://beegreen.eco.br/solucoes-para-retirar-lixo-dos-oceanos/>

- Blettler, M. C. M., Abrial, E., Khan, F. R., Sivri, N., & Espinola, L. A. (2017). Freshwater plastic pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research*, 143, 416–424. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015>
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. (2021). *Projeto Águas do Paranoá: Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Rio Paranoá* (Programa Semeando Águas). MDR/ANA. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-semeando-aguas/projetos/bacia-do-parana/projeto-anexo-i-2.pdf>
- Castro, R. O., Silva, M. L., Marques, M. R. C., & Abessa, D. M. S. (2016). Plastic debris in the aquatic environment: Interactions with organisms, sampling and analyses. *Environmental Pollution*, 218, 2–24. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.006>
- Doyle, M. J., Watson, W., Bowlin, N. M., & Sheavly, S. B. (2011). Plastic particles in coastal pelagic ecosystems of the Northeast Pacific Ocean. *Marine Environmental Research*, 71(1), 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2010.10.001>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa. (2024). *Poluição por plástico: um desafio global*. Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/101194207/artigo--poluicao-por-plastico-um-desafio-global>
- Eriksen, M., Lebreton, L. C., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLOS ONE*, 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Garcia, D. O. G., Mendes, R. F., & Costa, P. H. S. (2020). Environmental awareness and aquatic waste removal through citizen science diving actions. *Journal of Environmental Management*, 265, 110–128.
- Garcia, T., Filho, A. M., Costa, L. L., & Mendes, C. (2020). Sources and pathways of microplastics to freshwater systems: A review. *Environmental Advances*, 2, 100018. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2020.100018>
- Guimarães, V. P. (2021). *Adaptação e validação de metodologia de gravimetria para quantificação de resíduos plásticos em bacias urbanas* (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, Brasília, DF. [https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29623/1/2021\\_VitoriaPenteadoGuimaraes\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29623/1/2021_VitoriaPenteadoGuimaraes_tcc.pdf)
- Instituto Brasília Ambiental IBRAM. (2019). *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental do Lago Paranoá* (Produto 3). <https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2019/05/Plano-de-Manejo-APA-do-lago-parano%C3%A1-compactado.pdf>
- Instituto Brasília Ambiental (IBRAM). (2019). *Relatório de monitoramento da qualidade ambiental do Lago Paranoá*. Brasília: IBRAM.
- Lei, K., Qiao, F., Liu, Q., Wei, Z., Qi, H., Cui, S., ... & He, D. (2018). Microplastics releasing from personal care and cosmetic products in China. *Marine Pollution Bulletin*, 123(1-2), 122–126. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.09.030>
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2022). *Plano Nacional de Resíduos Sólidos* (Versão atualizada). Governo Federal do Brasil. <https://www.gov.br/mma/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/programa-projetos-acoes-obras-atividades/agendaambientalurbana/lixo-zero/plano-nacional-de-residuos-solidos-1.pdf>
- Olivatto, G. P., Buzzi, N. S., Tormen, F., Silva, J. R. M., & Rodrigues, F. L. (2018). Microplastic pollution in surface waters of a subtropical river system. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 394. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6756-6>
- Oliveira, T. M. G. de, & Steinke, V. A. (2020). A bacia hidrográfica do Lago Paranoá como Geopatrimônio fundante de Brasília, Brasil: unidade de paisagem referência de cultura e sustentabilidade geográfica. *Physis Terrae - Revista Ibero-Afro-Americanana De Geografia Física E Ambiente*, 2(1), 47–62. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.2572>
- Organização das Nações Unidas (ONU). (2015). *The 2030 agenda for sustainable development*. Nova York: Nações Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Secretaria de Desenvolvimento Ambiental do Distrito Federal (SDA-DF). (2021). *Projeto Orla: Recuperação ambiental das APPs da Orla do Lago Sul*. Brasília, DF: SDA-DF. <https://www.sema.df.gov.br/>
- Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Distrito Federal (SDA-DF). (2021). *Relatório anual de ações de conservação de corpos hídricos urbanos*. Brasília, DF: SDA-DF.

Secretaria de Meio Ambiente, Sustentabilidade e de Fernando de Noronha – SEMAS-PE. (s.d.). *Você sabe o que são micro e macrolásticos e como impactam a vida humana e marinha?* Recuperado em 29 de setembro de 2025, de <https://semas.pe.gov.br/voce-sabe-o-que-sao-micro-e-macro-plasticos-e-como-impactam-a-vida-humana-e-marinha/>

Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU-DF). (2025). *Contrato de prestação de serviços nº 53/2025.* <https://www.slu.df.gov.br/documents/d/slu/contarto-53-2025-1-pdf>

Turner, A., & Holmes, L. (2015). Adsorption of trace metals by microplastic pellets in fresh water. *Environmental Chemistry*, 12(5), 600–610. <https://doi.org/10.1071/EN14143>

UNEP - United Nations Environment Programme. (2022). *Global environmental outlook 6: Healthy planet, healthy people.* Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>

Como citar o artigo:

Franco, P.A.D, Guimarães-Junior, J.C., Braga, C.M. M., Rodrigues, G.G. & Alves, E.S. (2026). Monitoramento e remoção de resíduos sólidos submersos no Lago Paranoá, Brasília, Distrito Federal: contribuição do mergulho para os objetivos globais. *Actapesca*, 24, 17-33.