SEGURANÇA HÍDRICA E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA NO ALTO IGUAÇU: O MODELO DE INFRAESTRUTURA VERDE DO PARANÁ

Autor: Raul Alberto Marcon[i]; Coautor: Joao Batista de Lima[ii]; Coautor: Ester Amélia de Assis Mendes[iii]; Coautor: Arnaldo Giovani Rech[iv]; Coautor: Karine Osik Santos[v]

RESUMO – O presente artigo analisa o modelo de infraestrutura verde implementado pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), com foco central no Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu e sua integração ao Programa de Segurança Hídrica do Paraná (PSH-PR). A pesquisa detalha a transição de um paradigma de engenharia de drenagem convencional para uma abordagem baseada em Soluções baseadas na Natureza (SbN), fundamentada no conceito de "armazenar, depurar e infiltrar". O estudo descreve uma proposta para o desenvolvimento de pesquisas técnico-científicas, estruturadas em cinco atividades fundamentais: quantificação de carbono e bioenzimas; planos de restauração ambiental (PRAD); gestão adaptativa via bioindicadores; planos de ação e salvaguardas socioambientais com a implementação de Sistema de Informação Geográfica (WebSIG). Os resultados esperados indicam que a requalificação de passivos ambientais, como as antigas cavas de mineração em ativos hídricos estratégicos, que devem proporcionar não apenas resiliência climática contra eventos extremos de seca e inundação, mas também possuem potencial de geração de externalidades econômicas positivas através da monetização de serviços ecossistêmico

ABSTRACT– This article analyzes the green infrastructure model implemented by the Paraná Sanitation Company (Sanepar), focusing on the Iguaçu Water Reserves Project and its integration into the Paraná Water Security Program (PSH-PR). The research details the transition from a conventional drainage engineering paradigm to an approach based on Nature-based Solutions (NbS), grounded in the concept of store, purify, and infiltrate. The study describes a proposal for the development of technical-scientific research, structured around five fundamental activities: carbon and bioenzyme quantification; environmental restoration plans; adaptive management via bioindicators; action plans and socio-environmental safeguards with the implementation of a Geographic Information System (WebGIS). The expected results indicate that the requalification of environmental liabilities, such as old mining pits, into strategic water assets should provide not only climate resilience against extreme drought and flood events, but also have the potential to generate positive economic externalities through the monetization of ecosystem services.

Palavras-Chave – Segurança Hídrica, Governança, Infraestrutura Verde

1 – INTRODUÇÃO

A gestão contemporânea de recursos hídricos em territórios sob intensa pressão antropogênica, como a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), exige a superação de modelos tradicionais em favor de estratégias integradas que unam segurança jurídica, viabilidade econômica e resiliência climática.

O cenário enfrentado pelo Estado do Paraná entre os anos de 2020 e 2021, caracterizado por um déficit pluviométrico sem precedentes, serviu como o catalisador para a reestruturação profunda das políticas públicas de saneamento e conservação ambiental. Este evento climático extremo impactou o Produto Interno Bruto (PIB) regional em aproximadamente 0,58% e gerou perdas agrícolas estimadas em R$ 31 bilhões, evidenciando a vulnerabilidade dos sistemas de abastecimento e drenagem vigentes (SEPL, 2025).

Diante deste cenário de vulnerabilidade, a Sanepar, em articulação com o Governo do Estado e o Banco Mundial, estruturou o Programa de Segurança Hídrica do Paraná (PSH-PR). Trata-se de uma iniciativa multissetorial com investimentos previstos de US$ 263 milhões, destinados a garantir a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para múltiplos usos, fortalecendo a resiliência do estado diante de secas e enchentes (SEPL, 2025).

No contexto das Reservas Hídricas do Iguaçu, temos 20.000 hectares (ha) de potenciais *wetlands* de origem antrópica, resultante de processos intensivos de lavra para extração de areia, especialmente entre as décadas de 1970 e 1990. A exploração mineral, realizada por meio de dragagem e escavação a céu aberto, ocasionou a formação de cavas profundas com conexão direta ao lençol freático e posterior alagamento por contribuição subterrânea e aporte pluvial.

Apesar de sua relevância ecológica, socioeconômica e climática, os ecossistemas wetlands estão entre os mais ameaçados do planeta, sejam estes naturais e/ou de origem antrópica. Conforme o Global *Wetland Outlook*, publicado pela Convenção de Ramsar (2018), aproximadamente 35% das áreas úmidas foram suprimidas desde a década de 1970, e a taxa atual de degradação desses ambientes é três vezes superior à das florestas.

As causas primárias estão associadas à conversão do uso do solo, urbanização não planejada, intensificação agropecuária, edificação de infraestruturas hidráulicas, e poluição de fontes difusas e pontuais (CONVENTION ON WETLANDS, 2018).

No caso das Reservas Hídricas do Iguaçu, o esgotamento econômico da atividade de mineração e a ausência de planos de reabilitação ambiental pós-mineração, tais áreas foram abandonadas, desencadeando processos espontâneos de sucessão secundária e naturalização ecológica. A colonização inicial por espécies de macrófitas aquáticas, por exemplo, *Salvinia spp.*, *Pontederia*

crassipes, *Pistia stratiotes* e *Typha domingensis*, todas representativas de vegetação palustre, o que promoveu a estruturação de habitats funcionais (SANEPAR; UNILIVRE, 2024).

Esse processo resultou em uma heterogeneidade ambiental e favoreceu o desenvolvimento da vegetação ripária ao longo das margens. E ainda, favorece o recrutamento de fauna associada, incluindo macro invertebrados aquáticos, anfíbios, répteis, aves e pequenos mamíferos. Muitos destes grupos apresentam sensibilidade a distúrbios e, portanto, são considerados bioindicadores da integridade ecológica (SOUZA, 2013).

Conforme Prasanya, Kanmani e Kumar (2024) demonstram que áreas úmidas derivadas de mineração, quando submetidas a processos de restauração ecológica assistida, podem recuperar sua funcionalidade ecossistêmica em escalas comparáveis às de ecossistemas naturais de referência.

Portanto, as *wetlands* que compõem as Reservas Hídricas do Iguaçu compreendem um exemplo de reconversão ecológica dentro de um sistema antropizado, com potencial para integração em políticas de conservação da biodiversidade, provisão de serviços ecossistêmicos e planejamento territorial sustentável (APRH, 2018).

Como delimitador geográfico tem-se o foco na bacia do Alto Iguaçu, uma região de alta densidade populacional e demanda industrial, onde a estratégia concentra-se na proteção de mananciais e na criação de reservatórios estratégicos utilizando Soluções baseadas na Natureza (SbN).

A premissa central é a requalificação de passivos ambientais, especificamente as antigas cavas de extração de areia nas margens do Rio Iguaçu, transformando-as em ativos de reservação, contenção de cheias e autodepuração hídrica (SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR,2024).

O projeto rompe com a lógica da engenharia de drenagem convencional, frequentemente baseada no paradigma de "canalizar e escoar", para adotar a filosofia SbN de "armazenar, depurar e infiltrar". Esta transição é operacionalizada através de pesquisas técnicas e científicas que visam transformar o Rio Iguaçu em um sistema resiliente, capaz de funcionar como bacia de amortecimento em períodos de cheia e como reserva estratégica em períodos de estiagem severa (APRH,2018).

Destaca-se a relevância corporativa e interinstitucional do projeto, o qual permite a reversão de passivos ambientais e ativos ecossistêmicos, com uma abordagem multidisciplinar e com potencial para geração de valor socio econômico e desenvolvimento científico aplicado.

O presente artigo se concentra em cinco atividades de pesquisa, que podem dar suporte ao projeto (RHIgu), com foco na hidrologia e a dinâmica ecológica destes complexos de cavas geram potencialidades na adaptação às mudanças climáticas.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia de desenvolvimento do Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu fundamenta-se na integração de cinco pilares de pesquisa técnico-científica, projetados para fornecer os elementos necessários sustentabilidade das atividades estruturadas para cobrir desde a engenharia de processos biotecnológicos até a modelagem financeira (SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR,2024).

A governança do projeto adota os Quadro de Políticas Ambientais e Sociais (ESF) do Banco Mundial, observando os Princípios do Equador como benchmark complementar de mercado. Onde a estratégia metodológica para sustentação econômica do projeto foca na formação de um fundo econômico (Fundo Azul), com a captação de recursos via conversão de multas ambientais, recursos estaduais e de agentes financeiros como fonte de financiamento.

A metodologia envolve a aplicação da Engenharia de Valor para otimizar custos e a criação de planos de ação baseados em riscos, garantindo que as intervenções atendam a padrões internacionais de sustentabilidade e direitos humanos (IFC, 2020).

Já para o desenvolvimento dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), estes seguem as diretrizes do Instituto Água e Terra (IAT), baseia-se na recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e matas ciliares ao longo de 150 km de extensão fluvial.

O processo envolve a elaboração de projetos de manejo de espécies invasoras e restauração ecológica terrestre, utilizando o mecanismo de compensação indireta, onde o infrator adere a projetos previamente disponibilizados pelo órgão ambiental (IAT, 2024).

Já como outra atividade de pesquisa tem-se as bioenzimas, que foca na valoração biotecnológica do ecossistema das Reservas Hídricas e a conversão da biomassa seca em toneladas de carbono equivalente, para subsidiar a emissão futura de créditos de carbono. Onde, a prospecção de bioenzimas envolve a coleta de sedimentos, amostras de água e biomassa para identificação de microrganismos, como as actinobactérias, que produzem enzimas de interesse industrial como lipases, pectinases, esterases (SANTOS et al., 2020).

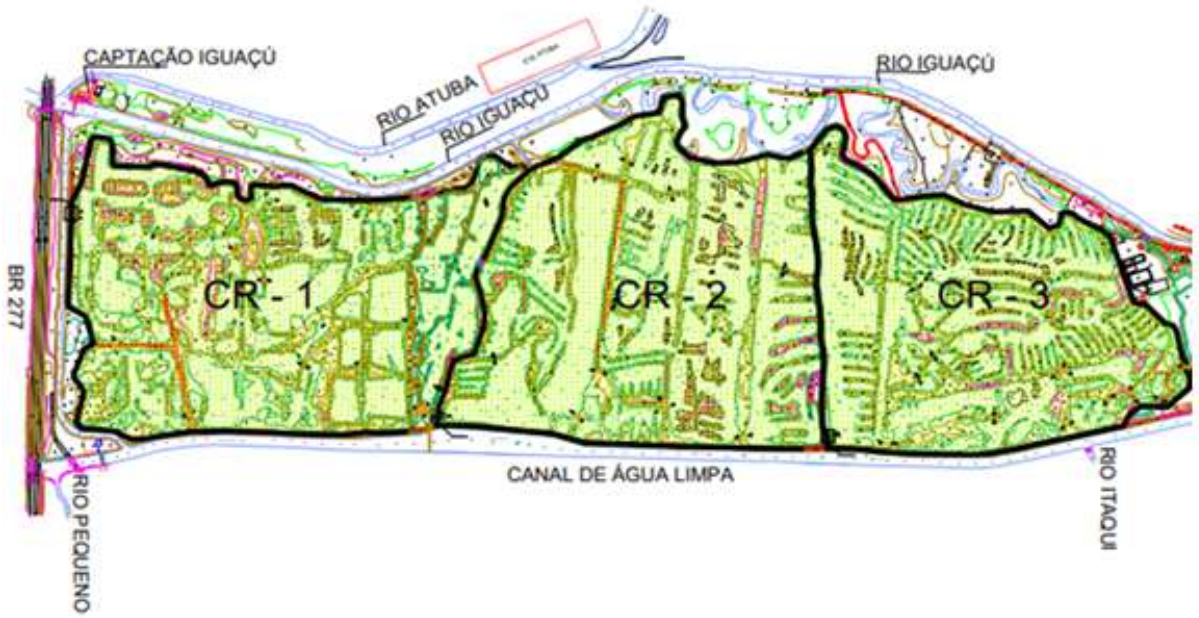
Já para a quantificação de carbono, baseia-se na determinação da biomassa de macrófitas aquáticas presentes nas wetlands e cavas. Resumidamente, o procedimento envolve a amostragem em campo, medição do peso fresco e posterior secagem em estufa a 60 °C (por 12 a 18 horas) até obter o peso seco constante (SANTOS et al., 2020).

Diferente do monitoramento físico-químico convencional, a gestão adaptativa irá utilizar macro invertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade hídrica. O método emprega os índices BMWP' (Biological Monitoring Working Party) e ASPT (Average Score Per Taxon). A amostragem

foca na diversidade da fauna de fundo, correlacionando a presença de táxons sensíveis à poluição com a integridade do ecossistema. Este modelo permite ajustes dinâmicos nas estratégias de manejo das wetlands com base na resposta biológica do sistema (LIMA et al. 2016).

O presente trabalho utiliza-se de um projeto piloto já implantado denominado o complexo de cavas RN05 - AW3, como base exploratória das potencialidades das Reservas Hidricas do Iguaçu, Este complexo ocupa uma área aproximada de 180 hectares no município de Piraquara, apresentando um potencial significativo de reservação (RN), com um volume útil operacional de 01 (um) milhão de metros cúbicos de água "in natura" para utilização na ETA Iguaçu (MARCON et.al, 2025).

FIGURA 01 – COMPLEXO DE CAVAS RN05-AW3



Para a quantificação do potencial de capacidade de reservação e/ou amortecimento de cheias dos complexo de cavas, formadores das Reservas Hídricas do Iguaçu, utilizou-se dos estudos realizados no projeto piloto RN05-AW3, onde aplica-se a equação de continuidade da massa, em escala diária para o período de janeiro de 2016 a setembro de 2022 (MARCON et.al,2025).

A equação de balanço de massa $V1 - V2 = (Qa - Qe)x\Delta t + (Sa - Se)x\Delta t + (P - E)xA$ onde: V1 e V2 representam os volumes armazenados no início e no final do intervalo de tempo; Qa e Qe são as vazões superficiais médias afluente e efluente; Sa e Se correspondem às vazões subterrâneas médias afluente e efluente; P e E indicam as alturas de precipitação e evaporação acumuladas; e A representa a área da superfície do lago.

Para a modelagem chuva-vazão e estimativa do escoamento superficial direto (Qa) utilizou séries diárias da estação Curitiba (INMET-A807), aplicando-se o método do Curve Number (SCS-CN) parametrizado com CN = 83.

E como premissa para simular um cenário conservador de desconexão hidráulica local, as vazões subterrâneas (Sa e Se) foram consideradas nulas. A perda por percolação no fundo das cavas foi calculada via Lei de Darcy, adotando-se um coeficiente de permeabilidade vertical médio estabilizado (K médio) de 1×10^{-5} m/s, representativo do solo colmatado por argila e silte ao longo do tempo.

Quanto a capacidade de depuração para o polimento terciário de efluentes nos complexos de cavas denominados *wetland's*, utilizou-se um DBO inicial de lançamento com concentração de C = 30mg/L. A eficiência de remoção orgânica foi modelada pela equação cinética de primeira ordem para áreas úmidas construídas/naturais: $Ct - Co\ x\ e^{-kt}$, onde k representa a taxa de decaimento diário, variando em função da área molhada (Am) e da densidade de macrófitas de cada complexo.

Quanto o monitoramento espacial da saúde da vegetação ripária e das macrófitas aquáticas foi realizado por meio de imageamento aéreo de alta resolução com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Os voos foram planejados com sobreposição frontal de 80% e lateral de 75%, executados entre 11h e 13h para minimizar sombras e o espelhamento da água. O sensor operou nas bandas do Vermelho (RED) e Infravermelho Próximo (NIR), gerando ortomosaicos com Ground Sampling Distance (GSD) médio inferior a 5 cm/pixel.

Após, os ortomosaicos espectrais foram processados por algoritmos Structure from Motion (SfM) para a extração de dois índices fitossanitários principais: o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), focado no vigor fotossintético geral, e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (SAVI), com fator de ajuste L = 0,5 para mitigar o ruído de fundo da lâmina d'água e solo exposto nas bordas das cavas (SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR,2024).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

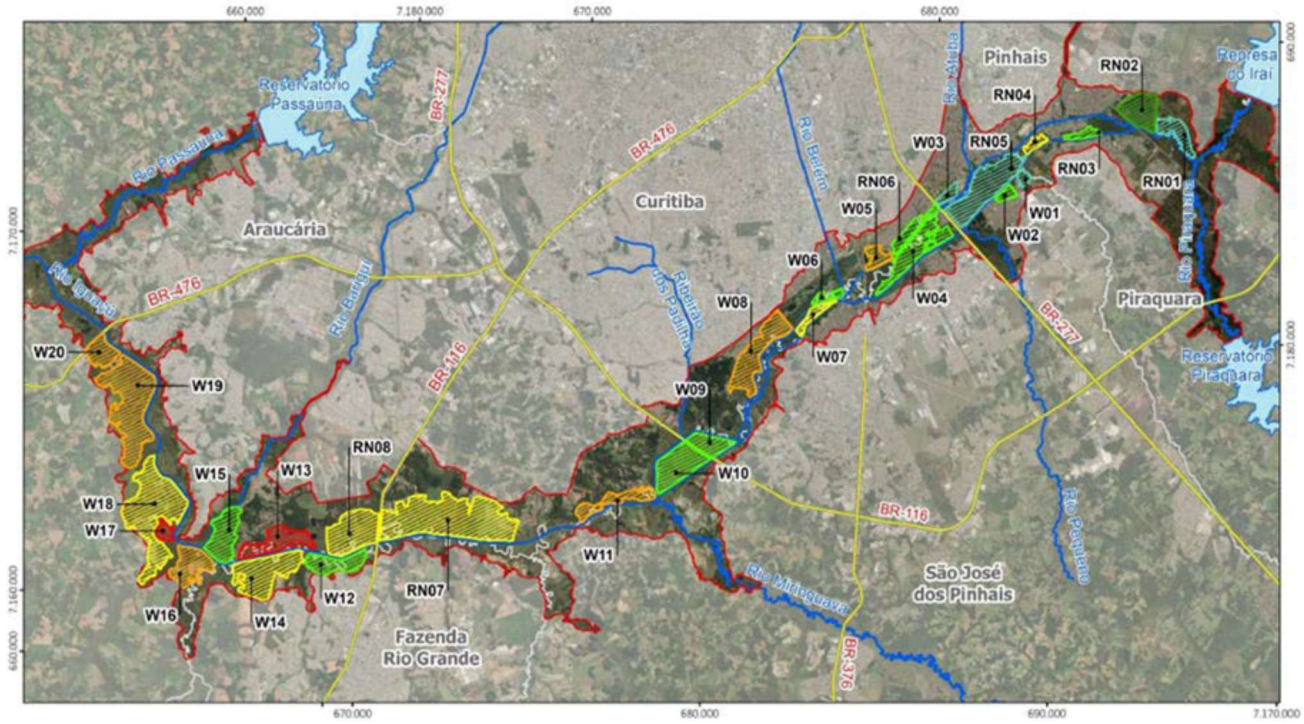
Como resultado dos levantamentos morfológicos, hidrológicos e ecológicos, realizados pela UNILIVRE - ITTI/UFPR (2024), e com base em uma avaliação multicritérios foram identificados: 2.903,79 hectares de complexos de cavas com potencial para amortecimento de cheias e serviços ecossistêmicos.

Destes, temos a seguinte classificação de “vocação” dos referidos complexos: 999,06 hectares de complexos de cavas com potencial para seu uso como reservas naturais (RN) de abastecimento

público e 1.904,73 hectares de complexos para mitigação de impactos das atividades antrópicas na bacia do Alto Iguaçu, nominadas como wetlands (W) (SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR,2024).

Segue abaixo um mapa ilustrativo das reservas hídricas estudadas de forma a contextualizar a importância e extensão geográfica do projeto Reservas Hídricas do Iguaçu, introduzindo o conceito de reservas naturais (RN) como complexos de cavas com potencial para abastecimento público e wetland´s (W) como cavas destinadas a melhoria da qualidade ambiental do Rio Iguaçu.

Mapa 01 – Reservas Hídricas do Iguaçu



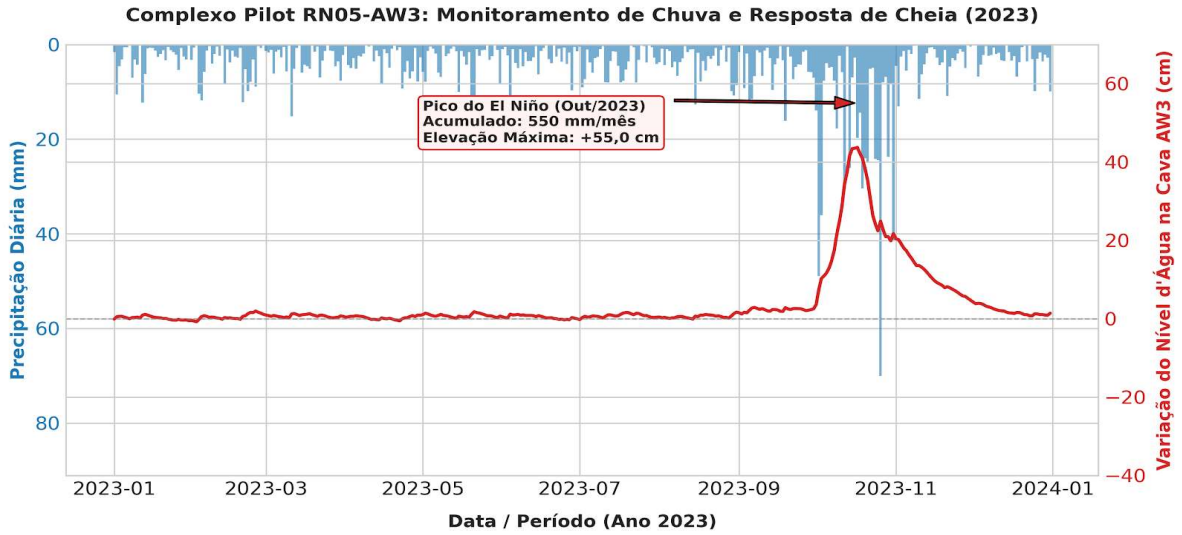
(FONTE: UNILIVRE,2024)

Essa reserva estratégica é capaz de garantir o abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba pela ETA Iguaçu a uma vazão contínua de 3.000 L/s, assegurando a segurança hídrica de mais de um milhão de habitantes por até 03 (três) dias, em especial quando da ocorrência de eventos climáticos extremos, contaminações e/ou intercorrências operacionais que gerem colapso no fornecimento (MARCON et.al, 2025).

Ademais, a simulação do balanço hídrico sequencial diário comprovou a funcionalidade dessas estruturas aluviares como reguladoras da dinâmica hídrica na modulação de cheias. Este sistema demonstrou elevada capacidade de amortecimento de cheias ao se registrar *in loco* uma elevação diferencial diária máxima de até 55,00 cm em cada complexo de cavas, durante chuvas intensas ocorridas em outubro de 2023.

Este período foi marcado com intensa atividade do fenômeno climático “El Niño”, onde foram observados acumulados de 550 mm/mês na bacia hidrográfica do Alto Iguaçu conforme dados obtidos em pluviômetros instalados na região.

Por outro lado, frente aos eventos críticos de estiagem, tem-se como o período de severo déficit hídrico isolado pela modelagem, entre 15 de março de 2020 e 23 de abril de 2022. Este complexo de cavas RN05-AW3 provou sua resiliência ao sofrer um rebaixamento acumulado máximo de apenas 326,69 mm na sua cota, conforme medições de campo, mesmo sob uma taxa de evaporação diária média de 2,32 mm/dia, provavelmente devido a importante contribuição do lençol freático aflorante da região.



(FONTE: AUTOR,2026)

Em outra frente, quanto a melhoria da qualidade das águas do Rio Iguaçu, observa-se o potencial destas soluções baseadas na natureza por meio de *wetlands*, em seis complexos de cavas aluvionares adjacentes as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs).

No levantamento preliminar realizado pela UNILIVRE, foram identificados 06 complexos de cavas, totalizando uma área superficial de 341,93 hectares para atuar no polimento terciário de efluentes e na amortização de cheias, conforme tabela a seguir:

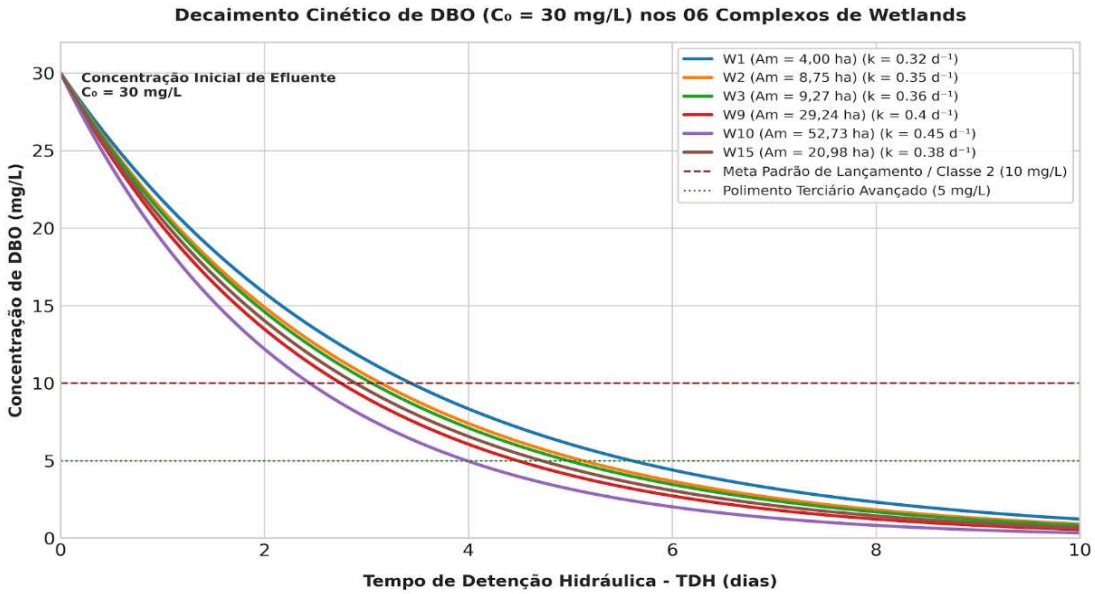
Tabela 01 – Wetland´s

Wetlands	Área Total	Área Molhada	Área Seca
W 1	13,33	4,00	9,33
W 2	16,38	8,75	7,63
W 3	19,36	9,27	10,09
W 9	56,78	29,24	27,54
W 10	127,52	52,73	74,79
W 15	108,56	20,98	87,58
hectares	**341,93**	**124,97**	**216,96**

(Fonte : UNILIVRE,2025)

Setorizando o arranjo em 40% de área molhada (Am) perene e 60% de área seca sazonal (As), a vazão volumétrica máxima diária passível de tratamento (Qmáx/dia) é parametrizada em função da Taxa de Aplicação Hidráulica (TAH em mm/dia), conforme expresso na equação: $Qw = Am \times TAH$.

Considerado como premissa, utilizou-se uma faixa operacional segura para evitar impactos no bioma local, onde o TAH deve ficar entre 20 mm/dia a 50 mm /dia, isso para mitigar os riscos de eutrofização e anóxia do meio. Com isso esses complexos alcançam uma vazão potencial conjunta de tratamento contínuo de 24.000 a 60.000 m³/dia, equivale a um regime de processamento de aproximadamente 277,8 a 694,4 L/s de efluentes tratados.



Adicionalmente, a análise espectral de alta resolução por VANT realizada permitiu mapear com precisão a dispersão das macrófitas aquáticas flutuantes, cuja proliferação e adensamento atuam como barreiras hidráulicas naturais, auxiliando na retenção de sedimentos em suspensão provenientes do canal fluvial principal.

Quando correlacionados esses dados com o monitoramento de sensoriamento remoto, os mapas de NDVI e SAVI gerados pelo VANT revelaram que, apesar do rebaixamento de aproximadamente 320 mm na lâmina d'água, as comunidades de macrófitas palustres (Typha domingensis) e a vegetação ripária em processo de restauração (PRAD) mantiveram índices estáveis de vigor vegetativo, com valores de NDVI predominantemente superiores a 0,65 nas áreas úmidas estáveis.

Desta forma, a resposta biológica e espectral confirma a alta resiliência ecológica das cavas requalificadas, demonstrando que a manutenção de um nível d'água basal subsuperficial garante a sobrevivência dos habitats funcionais e a perenidade dos serviços ecossistêmicos mesmo durante estiagens severas.

Os estudos preliminares sobre a quantificação de carbono nas Reservas Hídricas indicam que

as macrófitas aquáticas presentes nas wetlands funcionam como sumidouros permanentes de dióxido de carbono. A massa de vegetação acumulada no Rio Iguaçu, frequentemente vista como um entrave ao manejo, revela-se um ativo ambiental de alta relevância.

A conversão da biomassa em carbono permite que o projeto pleiteie créditos de carbono, criando um fluxo de receita adicional para a manutenção das Reservas Hídricas do Iguaçu (SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR,2024).

A aplicação da biomassa retirada dos reservatórios, como o Piraquara II e o Iraí, e sua aplicação em solos degradados demonstrou aumentar significativamente a riqueza florística e a velocidade de cobertura do solo em projetos de restauração. Este ciclo de "resíduo zero" transforma o custo de limpeza de canais em benefício para a restauração ambiental (IAT, 2012).

Paralelamente, a prospecção de enzimas industriais em sedimentos de áreas úmidas abre portas para parcerias com a indústria biotecnológica. A identificação de microrganismos produtores de enzimas termoestáveis em ambientes de várzea demonstra que a conservação hídrica pode catalisar inovações em setores como o têxtil e de biocombustíveis, agregando valor econômico material à infraestrutura verde (SANTOS et al., 2020).

A implementação dos PRAD's em áreas públicas via conversão de multas ambientais representa uma inovação administrativa significativa no Estado do Paraná. O programa permite que autuados destinem valores para os projetos de recuperação do Alto Iguaçu, obtendo descontos de até 60% nas penalidades. Este mecanismo garante um fluxo constante de recursos para a restauração das APPs, sem depender exclusivamente do orçamento direto do Estado (IAT, 2024).

E a consolidação de áreas fragmentadas em grandes corredores ecológicos, aprovada pelo IAT, maximiza o ganho ambiental em comparação ao modelo de preservação em "ilhas" isoladas. Esta abordagem sistêmica é crucial para a resiliência da bacia do Alto Iguaçu, onde a fragmentação florestal histórica compromete os serviços ecossistêmicos de regulação hídrica (IAT, 2024).

A presença de famílias sensíveis como os grupos EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em áreas de wetlands requalificadas, válida a eficiência biológica dessas estruturas na autodepuração da água. E a gestão adaptativa permite o ajuste as Taxas de Aplicação Hidráulica (TAH) das wetlands conforme a resposta da biota, otimizando a remoção de DBO e nutrientes sem o uso intensivo de produtos químicos (SOUZA, 2013).

O alinhamento do projeto aos Princípios do Equador confere à Sanepar um diferencial competitivo em termos de governança corporativa e sustentabilidade. A adoção destes padrões internacionais, exigidos pelo Banco Mundial, garante que os riscos físicos climáticos e os impactos nas comunidades locais sejam geridos de forma estruturada e contínua (IFC, 2020).

A aplicação da Engenharia de Valor permitirá a otimização dos custos ao longo do ciclo de vida das infraestruturas verdes. Ao projetar sistemas que requerem baixo consumo de energia e manutenção simplificada (comparados a estações convencionais), o projeto atende aos critérios de eficiência exigidos pelos financiadores internacionais. Esta robustez institucional facilita a captação de novos recursos e posiciona o Paraná como um polo de investimento seguro para projetos de resiliência climática (IPECE, 2025).

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de infraestrutura verde estruturado no Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu e no PSH-PR, representa uma mudança de paradigma fundamental na gestão de recursos hídricos no Brasil. A transição da engenharia convencional para o paradigma de "armazenar, depurar e infiltrar" demonstra ser a estratégia mais eficaz para garantir a resiliência da Região Metropolitana de Curitiba diante de extremos climáticos (SANEPAR; UNILIVRE, 2024).

Em suma, as cinco frentes de pesquisa técnica e científica propostas fundamentam a viabilidade econômica, ambiental e jurídica do projeto. Ao integrar a valoração do carbono e a prospecção biotecnológica à criação de ativos ambientais, o modelo transfigura a conservação de um custo operacional em um vetor de desenvolvimento econômico.

Somado a isso, a gestão adaptativa via bioindicadores e a transparência do WebSIG consolidam uma governança pública de alta eficiência, frente aos modelos contratuais convencionais, os projetos de pesquisa não apenas otimizam recursos públicos, mas possuem potencial para atrai capital internacional, isso por meio de salvaguardas rigorosas, ratificando o Paraná como a principal referência nacional em infraestrutura verde (SANEPAR; UNILIVRE, 2024).

O projeto demonstra que é possível transformar passivos ambientais e minerários em ativos estratégicos, garantindo água em quantidade e qualidade para as futuras gerações enquanto se restaura a biodiversidade e se promove o bem-estar social.

5 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), ao Instituto Água e Terra (IAT), à Secretaria do Planejamento (SEPL) e ao Banco Mundial pelo suporte institucional e financeiro que viabilizou o desenvolvimento do Programa de Segurança Hídrica do Paraná e do Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu. Agradecimentos especiais às equipes técnicas da AMEP e das prefeituras da Região Metropolitana de Curitiba, a UNILIVRE e ITTI/UFPR pela cooperação.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APRH – ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE RECURSOS HÍDRICOS. Recursos Hídricos, Lisboa, v. 39, n. 1, 2018. Disponível em: https://www.aprh.pt/rh/pdf/v39n1.pdf. Acesso em: 12 abr. 2026.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). Relatório de Desempenho do Projeto – 1º Semestre 2025. Fortaleza: IPECE, 2026. Acesso em: 12 abr. 2026.

CONVENTION ON WETLANDS. Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Suíça: Ramsar Convention Secretariat, 2018. Disponível em: https://www.global-wetland-outlook.ramsar.org/. Acesso em: 12 abr. 2026.

IFC – INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. Os Princípios do Equador (EP4). Julho de 2020. Disponível em: https://equator-principles.com/app/uploads/EP4_Portuguese.pdf. Acesso em: 12 abr. 2026.

LIMA, R. et al. Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. ResearchGate, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308812568. Acesso em: 12 abr. 2026.

MARCON, R. A.; LIMA, J. B. de. Relatório Parcial: Metodologia de Compensação Urbanística e Ambiental. Curitiba: UNILIVRE, 2025.

PARANÁ. Agência Estadual de Notícias. IAT divulga selecionados para novo ciclo do Programa de Conversão de Multas. Curitiba, 2024. Disponível em: https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/IAT-divulga-selecionados-para-novo-ciclo-do-Programa-de-Conversao-de-Multas. Acesso em: 12 abr. 2026.

PARANÁ. Instituto Água e Terra (IAT). Instrução Normativa IAT nº 2, de 27 de agosto de 2024. Dispõe sobre os procedimentos para conversão de multas ambientais. Curitiba: LegisWeb, 2024. Disponível em: https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=463860. Acesso em: 12 abr. 2026.

PARANÁ. Instituto Água e Terra (IAT). Macrófitas Aquáticas nos Reservatórios de Abastecimento Público da Sanepar: Biomassa, C, N e Manejo. Curitiba: IAT, 2012. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/projeto_441_2012.pdf. Acesso em: 12 abr. 2026.

PRASANYA, A.; KANMANI, S.; KUMAR, P. S. Integrated approach for the restoration of mining-impacted wetlands: A review on ecological mechanisms and recovery assessment. Chemosphere, v. 349, p. 140810, fev. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140810. Acesso em: 12 abr. 2026.

SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ; UNILIVRE – UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE. Sanepar apresenta projeto Reserva Hídrica do Iguaçu ao Pró-Metrópole. Curitiba: Agência Estadual de Notícias, 2024. Disponível em: https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Sanepar-apresenta-projeto-Reserva-Hidrica-do-Iguacu-ao-Pro-Metropole. Acesso em: 12 abr. 2026.

SANEPAR; UNILIVRE; ITTI/UFPR – INSTITUTO DE TRANSPORTES E INFRAESTRUTURA DA UFPR. Diretrizes Metodológicas de Monitoramento Fotogramétrico e Espectral: Uso de VANT no Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu. Relatório Técnico Integrado. Curitiba: SANEPAR/UNILIVRE/ITTI, 2024.

SANTOS, R. et al. Prospecção de enzimas de interesse industrial produzidas por actinobactéria isolada de solo rizosférico da Amazônia. Scientia Plena, v. 16, n. 4, 2020. Disponível em: https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3094. Acesso em: 12 abr. 2026.

SEPL – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO DO ESTADO DO PARANÁ. Programa de Segurança Hídrica. Curitiba: SEPL, 2025. Disponível em: https://www.planejamento.pr.gov.br/Pagina/Programa-de-Seguranca-Hidrica. Acesso em: 12 abr. 2026.

SILVA, J. M. A Influência Antrópica na Qualidade da Água e nas Comunidades de Macroinvertebrados Bentônicos. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso / Dissertação – UNESP, 2020. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstreams/c2214b6e-f433-4b3a-a0d8-a7463dcc232b/download. Acesso em: 12 abr. 2026.

SOUZA, A. C. B. Uso de “wetland” construído no tratamento de efluente de ranicultura. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Sorocaba, 2013. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstreams/e75db548-9cc4-44c6-b788-6b293abe4f22/download. Acesso em: 12 abr. 2026.