



**ÁGUAS DO
IGUAÇU**
RESERVAS HÍDRICAS

RESERVAS HÍDRICAS DO IGUAÇU

Relatório de Mobilização

Agosto, 2026



RELATÓRIO DE MOBILIZAÇÃO

PLANO DE GESTÃO DAS RESERVAS HÍDRICAS DO IGUAÇU E AÇÕES DE
RECUPERAÇÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL DO ALTO IGUAÇU

PROJETO RESERVAS HÍDRICAS DO IGUAÇU

CURITIBA

2026

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR.....	9
QUADRO 2 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	40
QUADRO 3 – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PROPOSTOS (P6)	43
QUADRO 4 – CRONOGRAMA SUGERIDO PARA QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO	44
QUADRO 5 – ESTIMATIVA DE QUANTIFICAÇÃO CONSIDERANDO PRAD	45
QUADRO 6 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PRAD (P07)	49
QUADRO 7 – INDICADORES DE DESEMPENHO	59
QUADRO 8 – CATEGORIAS DE RISCO A SEREM MAPEADAS	60
QUADRO 9 – MODALIDADES DE EMISSÃO DO CRA	61
QUADRO 10 – CRONOGRAMA PROPOSTO.....	65
QUADRO 11 – STATUS RESUMIDO DOS PRODUTOS.....	88
QUADRO 12 – RESUMO DAS REUNIÕES TÉCNICAS REALIZADAS.....	88
QUADRO 13 – CRONOGRAMA FÍSICO DOS PRODUTOS.....	89
QUADRO 14 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO.....	90

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – WETLANDS E RESERVAS NATURAIS.....	11
FIGURA 2 – ÁREAS DE INTERESSE DO TRECHO ÁGUAS DO PRESENTE.	19
FIGURA 3 – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO.	20
FIGURA 4 – CANAL DE ÁGUA LIMPA.	27
FIGURA 5 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DO TRECHO DE INTERESSE.	29
FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DO CANAL DE ÁGUA LIMPA.	30
FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO PARQUE METROPOLITANO DO IGUAÇU.....	33
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 01	76
FIGURA 9 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 02	77
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 03	78
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 04	79
FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 05	80
FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 06	81
FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 07	82
FIGURA 15 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 08	83
FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 09	84
FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 10	85
FIGURA 18 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 11	86
FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 12	87

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
1 DADOS CADASTRAIS.....	8
1.1 CONCEDENTE	8
1.2 CONVENIENTE	8
1.3 EQUIPE TÉCNICA	9
2 INTRODUÇÃO	11
3 CONTEXTUALIZAÇÃO	12
4 PRODUTOS.....	16
4.1 ANTEPROJETOS RESERVAS NATURAIS (P1)	18
4.2 ANTEPROJETOS WETLANDS (P2).....	23
4.3 ESTUDO PRELIMINAR DO CANAL DE ÁGUA LIMPA (P3).....	26
4.4 ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO DO CANAL DE ÁGUA LIMPA (P4).....	28
4.5 PROJETOS PARQUES METROPOLITANOS (P5)	32
4.5.1 Descrição dos trabalhos	33
4.5.2 Considerações gerais.....	38
4.5.3 Reuniões de apresentação do produto para SANEPAR	38
4.5.4 Forma de apresentação dos Anteprojetos	39
4.5.5 Cronograma	39
4.6 QUANTIFICAÇÃO CARBONO (P6)	40
4.6.1 Base normativa e referencial metodológicos.....	40
4.6.2 Amostragem	41
4.6.3 Procedimento de campo e análise laboratorial	42
4.6.4 Aproveitamento em mercado	43
4.6.5 Cronograma	44
4.6.6 Contabilização do PRAD	44
4.7 PROJETOS DE RESTAURAÇÃO (PRAD) (P7).....	45
4.8 GESTÃO ADAPTATIVA DAS WETLANDS (P8)	50
4.8.1 Diagnóstico Ambiental.....	50
4.8.2 Planejamento da Restauração Ambiental	51

4.8.3	Monitoramento Adaptativo	52
4.8.4	Gestão Adaptativa	53
4.8.5	Estudo Técnico-Científico da Biomassa	54
4.9	PLANOS DE AÇÃO E CONTROLE (BM) (P9)	55
4.9.1	Marco de referência e salvaguardas aplicáveis	55
4.9.2	Engenharia de valor	57
4.9.3	Componentes da análise dos projetos e atividades	57
4.9.4	Conteúdo dos Planos de Ação e Controle	57
4.9.5	Plano de apoio ao gerenciamento	58
4.9.6	Critérios de avaliação e indicadores de desempenho	58
4.9.7	Fatores do contexto operacional	59
4.9.8	Matrizes de risco	60
4.10	ESTUDO CRA E CARBONO (P10)	60
4.10.1	Cotas de Reserva Ambiental	61
4.10.2	Créditos de carbono	62
4.10.3	Conversão de multas ambientais	63
4.10.4	Escopo metodológico do estudo	64
4.10.5	Articulação com os demais produtos e cronograma	65
4.11	EVTEA-J (P11)	65
4.11.1	Consolidação dos estudos existentes e caracterização do empreendimento	66
4.11.2	Estudo de mercado e demanda	67
4.11.3	Avaliação técnica das alternativas	67
4.11.4	Avaliação ambiental	68
4.11.5	Avaliação econômico-financeira	69
4.11.6	Avaliação jurídica e institucional	69
4.11.7	Modelagem do negócio	70
4.11.8	Análise de riscos	71
4.11.9	Avaliação das alternativas e definição do modelo recomendado	71
4.12	GEOSERVER (WEBSIG) (P12)	72
5	FLUXOGRAMAS DOS PRODUTOS	75
6	ATUALIZAÇÃO DE CRONOGRAMA E PRODUTOS	88

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

APRESENTAÇÃO

O presente documento foi elaborado pela Universidade Livre do Meio Ambiente (UNILIVRE), como parte dos produtos integrantes do projeto denominado “**Plano de Gestão das Reservas Hídricas do Iguaçu e Ações de Recuperação e Conservação Ambiental do Alto Iguaçu – Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu**”, referente ao Termo de Cooperação Técnica, Científica e Financeira (TCTF) denominado **CE 05/2026-GHID**, celebrado entre a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e a Universidade Livre do Meio Ambiente (UNILIVRE).

Trata-se de um relatório de mobilização, contemplando a o Plano de Trabalho inicial para o desenvolvimento de todas as atividades previstas no âmbito do TCTF, divididas em 12 produtos:

- **Produto 1 – Anteprojetos Reservas Naturais;**
- **Produto 2 – Anteprojetos *Wetlands*;**
- **Produto 3 – Estudo Preliminar do Canal de Água Limpa;**
- **Produto 4 – Alternativas e Anteprojeto do Canal de Água Limpa;**
- **Produto 5 – Projetos Parques Metropolitanos;**
- **Produto 6 – Quantificação Carbono;**
- **Produto 7 – Projetos de Restauração (PRAD);**
- **Produto 8 – Gestão Adaptativa das *Wetlands*;**
- **Produto 9 – Planos de Ação e Controle (BM);**
- **Produto 10 – Estudo CRA e Carbono;**
- **Produto 11 – EVTEA-J;**
- **Produto 12 – Geoserver (WebSIG).**

Curitiba, 14 de agosto de 2026.

1 DADOS CADASTRAIS

A seguir são apresentados os dados cadastrais da Concedente e da Conveniente, bem como da equipe técnica participante do projeto.

1.1 CONCEDENTE

Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR)	CNPJ: 76.484.013/0001-45
Endereço: R. Engenheiro Rebouças, 1376	Bairro: Rebouças
Município-UF: Curitiba	CEP: 80215-900
Fone: (41) 3330-3000	E-mail:
Nome do Responsável	Cargo
Wilson Bley Lipski	Diretor Presidente

1.2 CONVENIENTE

Universidade Livre do Meio Ambiente (UNILIVRE)	CNPJ: 85.075.778/0001-12
Endereço: Av. Comendador Macedo, 613	Bairro: Centro
Município-UF: Curitiba-PR	CEP: 80060-030
Fone: (41) 99922-5595	E-mail: adm@unilivre.org.br
Nomes dos Responsáveis	Cargo
Francisco Cesar Farah	Diretor Superintendente
João Batista de Lima Neto	Coordenador Geral

1.3 EQUIPE TÉCNICA

O desenvolvimento do “**Plano de Gestão das Reservas Hídricas do Iguaçu e Ações de Recuperação e Conservação Ambiental do Alto Iguaçu – Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu**” será efetuado por um corpo técnico multidisciplinar, experiente em projetos relacionados à gestão de recursos hídricos. Os profissionais integrantes da equipe técnica estão nominados, com suas respectivas formações e registros profissionais, conforme apresentado no QUADRO 1.

QUADRO 1 – EQUIPE TÉCNICA MULTIDISCIPLINAR.

Nome	Formação Profissional	Atividades / Função no Projeto
RAUL BAGLIOLI FILHO CREA-PR: 4765/D	Engenharia Civil M.Sc. Gestão Empresarial	Supervisor e Responsável Técnico
JOÃO BATISTA DE LIMA NETO	Ciências Contábeis	Coordenador Geral
EDUARDO RATTON CREA-PR: 7.657/D	Engenharia Civil M.Sc. Geotecnia Dr. Geotecnia	Coordenador Executivo I
CRISTHYANO CAVALI DA LUZ CREA-PR: 109.275/D	Engenharia Civil M.Sc. Geociências	Coordenador Executivo II
ALINE GALINARI SANTORO CAU-PR A191509-6	Arquitetura e Urbanismo Esp. Políticas e Instrumentos para Gestão Urbana M.Sc. em Gestão Urbana Doutoranda em Gestão Urbana	Parques Metropolitanos
AMANDA CHRISTINE GALLUCCI SILVA CREA-PR: 170.030/D	Engenharia Civil M.Sc. Geotecnia Dra. Sustentabilidade Ambiental Urbana	Parques Metropolitanos
CAROLINE NOVOCHADLO SILVA CAU: A162903-4	Arquitetura e Urbanismo Especialista em Gerenciamento de Obras	Parques Metropolitanos
DONIZETI ANTONIO GIUSTI CREA-SP: 63947/D	Geologia M.Sc. Geociência Dr. Geociências e Meio Ambiente	Geologia
GABRIEL TROYAN RODRIGUES CREA-PR: 189.287/D	Engenharia Ambiental Esp. Geoprocessamento M.Sc. Gestão Urbana Doutorando em Gestão Urbana	Anteprojeto e manejo de <i>Wetlands</i>
GABRIELA COSTANARO GONÇALVES CAU-PR A3055507	Arquitetura e Urbanismo Esp. em Gestão Urbana Mestranda em Planejamento Urbano	Parques Metropolitanos

Nome	Formação Profissional	Atividades / Função no Projeto
RAUL BAGLIOLI FILHO CREA-PR: 4765/D	Engenharia Civil M.Sc. Gestão Empresarial	Supervisor e Responsável Técnico
JONATAS DANIEL SILVERIO	Graduando em Engenharia da Computação	Suporte de TI e WebSIG
JOSÉ ROBERTO BORGHETTI CRBIO-PR: 8.434/07-D	Biologia Esp. Tecnologia de Nutrição de Peixes Esp. em Estudos em Gestão da Inovação M.Sc. Ecologia Aquática	Manejo de <i>Wetlands</i> e Destinação Econômica
LEILA TERESINHA MARANHO CRBIO-PR: 25.372/07-D	Biologia M.Sc. Botânica Dra. Engenharia Florestal	Manejo de <i>Wetlands</i>
NATHAN PACHECO AMIN VIEIRA DA COSTA CREA-PR: 233.761/D	Engenharia Ambiental e Sanitária M.Sc. Engenharia Ambiental Dr. Engenharia Ambiental	Levantamentos de campo e estudos hidráulicos
PHILIPPE RATTON CREA-PR: 108.813/D	Engenharia Civil M.Sc. Eng. de Recursos Hídricos e Ambiental Dr. Eng. de Recursos Hídricos e Ambiental	Anteprojetos e manejo de <i>Wetlands</i>
ROBSON SELEME CREA-PR: 16.282/D	Eng. Civil e de Segurança do Trabalho M.Sc. Engenharia de Produção Dr. Engenharia de Produção	Planejamento Estratégico
RODRIGO DE CASTRO MORO CREA-PR: 137.730/D	Eng. Cartográfica e de Agrimensura M.Sc. Ciência da Computação e Inteligência Artificial	Cartografia e levantamentos de campo
SANDRA MARTINS RAMOS CRBIO-PR: 66.547/07-D	Biologia M.Sc. Ecologia e Conservação Dra. Ciências Biológicas	Manejo de <i>Wetlands</i>

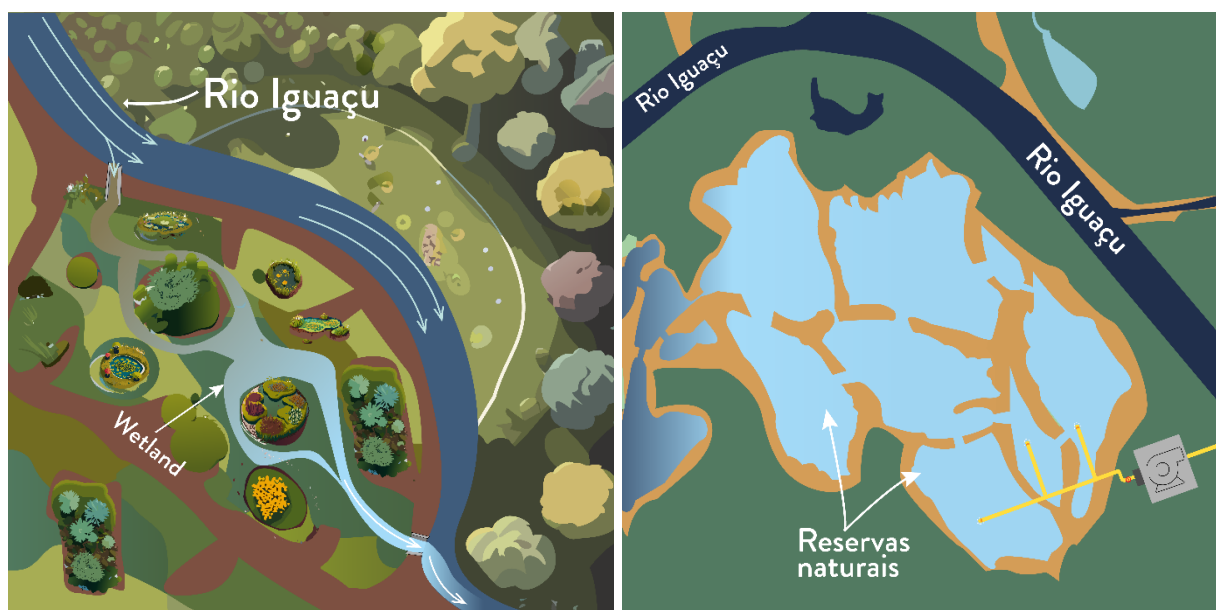
2 INTRODUÇÃO

No período de 2023 a 2025, a UNILIVRE desenvolveu em conjunto com a SANEPAR os trabalhos iniciais referentes ao “**Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu**”, que correspondeu à elaboração de estudos e anteprojetos relacionados à Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu, no que se refere à melhoria da qualidade da água *in natura*, desde suas nascentes até o município de Porto Amazonas, utilizando soluções baseadas na natureza (SbN) com o aproveitamento de cavas e meandros das várzeas do rio Iguaçu.

O estudo teve como objetivo a conversão das cavas existentes nas margens do rio Iguaçu em sistemas de *Wetlands* e Reservas Naturais (FIGURA 1). As reservas naturais (RN) atuarão como bacias de contenção/amortecimento em períodos de cheias (inundação) e como áreas de armazenamento hídrico para os períodos de estiagem. As *Wetlands* (W) terão a função de promover a melhoria da qualidade da água mediante processos de autodepuração (devido à circulação da água) e de fitorremediação (absorção de poluentes pelas macrófitas existentes).

Neste contexto, o presente projeto dá continuidade aos trabalhos iniciados preteritamente, buscando detalhar os procedimentos necessários para implantação dos sistemas de *wetlands*, bem como os métodos de monitoramento e manejo. Além disso, outros temas oriundos de desdobramentos do projeto inicial foram incorporados e serão desenvolvidos ao longo projeto atual.

FIGURA 1 – WETLANDS E RESERVAS NATURAIS.



3 CONTEXTUALIZAÇÃO

As *wetlands* (áreas úmidas) constituem ecossistemas de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, atuando como os mais vitais do planeta. Abrangem diversas formações, como brejos, pântanos, turfeiras, alagados, manguezais, arrozais e reservatórios, desempenhando importantes funções ecológicas.

Com uma extensão global de 1,2 a 1,6 bilhão de hectares (aproximadamente 6–9% da superfície terrestre) (BOISCLAIR; JAMEUS, 2024), essas áreas proporcionam uma magnitude desproporcional de serviços ecossistêmicos, fundamentais para a resiliência ambiental, a conservação da biodiversidade e o bem-estar humano. Entre os principais serviços ecossistêmicos prestados por *wetlands*, destacam-se:

- 1) Regulação hidrológica e mitigação de eventos extremos: atuam como esponjas naturais, absorvendo e armazenando volumes expressivos de água durante períodos chuvosos e liberando-os gradualmente durante secas, reduzindo a frequência e a intensidade de enchentes e contribuindo para a recarga de aquíferos (BUTT et al., 2021; UNEP-WCMC, 2022);
- 2) Armazenamento e purificação da água: operam como filtros biogeoquímicos eficientes, promovendo a retenção de sedimentos, a assimilação de nutrientes e a biodegradação de poluentes, o que resulta na melhoria da qualidade hídrica (BUTT et al., 2021; THE NATURE CONSERVANCY, 2025);
- 3) Sequestro e estoque de carbono: constituem importantes sumidouros de carbono atmosférico. As turfeiras, por exemplo, embora cubram apenas cerca de 2,8% da superfície terrestre, armazenam aproximadamente 30% do carbono do solo global, configurando um componente chave na mitigação das mudanças climáticas (UNEP-WCMC, 2022);
- 4) Conservação da biodiversidade: aproximadamente 40% das espécies de fauna e flora terrestre estão direta ou indiretamente associadas às *wetlands*, as quais provêm abrigo, alimento e locais de reprodução para espécies endêmicas, raras ou ameaçadas de extinção (UNEP, 2020; THE NATURE CONSERVANCY, 2025).

Além disso, dados de monitoramento do Instituto Água e Terra indicam que a Bacia do Rio Iguaçu apresenta trechos com comprometimento da qualidade da água, associado à presença de nutrientes, sólidos suspensos e outros parâmetros físico-químicos e

microbiológicos avaliados pelo órgão ambiental (IAT, 2023). Este cenário reforça a urgência de soluções sustentáveis para o tratamento e conservação dos recursos hídricos na região.

Apesar de sua relevância ecológica, socioeconômica e climática, os ecossistemas *wetlands* estão entre os mais ameaçados do planeta. Conforme o *Global Wetland Outlook*, publicado pela Convenção de Ramsar, 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 (CONVENTION ON WETLANDS, 2018). 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.

No contexto das Reservas Hídricas do Iguaçu, as *wetlands* atuais são 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.

Com o esgotamento econômico da atividade 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, promoveu a estruturação de habitats funcionais.

Esse processo resultou na heterogeneidade ambiental e favoreceu o desenvolvimento da vegetação ripária ao longo das margens e o recrutamento de fauna associada, incluindo macroinvertebrados aquáticos, anfíbios, répteis, aves e pequenos mamíferos. Muitos destes grupos apresentam sensibilidade a distúrbios e, portanto, são considerados bioindicadores da integridade ecológica.

Considerando a ecologia de paisagens, ao longo do tempo essas unidades podem desenvolver características funcionais próprias, nas quais as interações entre solo, água, vegetação e demais organismos da biota conferem funções típicas de *wetlands*, como retenção de sedimentos, ciclagem de nutrientes, armazenamento de carbono e modulação hidrológica local. Estudos sobre restauração ecológica indicam que *wetlands* degradadas

podem recuperar parte significativa de suas funções ecológicas, embora a trajetória e o grau de recuperação dependam das condições ambientais, do histórico de perturbação e das estratégias de restauração adotadas (SCHMITZ, 2012; MELI et al., 2017; GAO et al., 2023; PRASANYA; KANMANI; KUMAR, 2024).

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.

A priorização dessas áreas como núcleos de restauração ecológica baseia-se não apenas em sua função reguladora e habitat, mas também em sua representatividade como Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para a regeneração de paisagens degradadas em contextos urbanos e periurbanos.

Projetos de recuperação de áreas degradadas pela mineração mediante a criação ou restauração de *wetlands* têm sido implementados em diferentes regiões. Em Minnesota (EUA), *wetlands* construídas demonstraram capacidade de remover nutrientes de águas de drenagem, com destaque para a redução de nitrato e fósforo. No leste da China, áreas de subsidência associadas à mineração de carvão foram convertidas em *wetlands* artificiais, como no caso do Pan'an Lake, em Xuzhou, promovendo a recuperação de funções e serviços ecossistêmicos (LENHART et al., 2016; XU; YIN; HU, 2020).

Tais precedentes fortalecem o potencial da proposta para o contexto do rio Iguaçu, e diante desse cenário o presente projeto propõe a implementação de estratégias integradas de restauração ecológica, com foco na regeneração natural assistida, erradicação de espécies exóticas invasoras, monitoramento ecológico contínuo e manejo adaptativo.

A iniciativa visa não apenas à recuperação funcional e estrutural das *wetlands* localizadas nas Reservas Hídricas do Iguaçu, mas também à valorização de seu papel na conservação da biodiversidade regional, na regulação hidrológica, no sequestro de carbono e na provisão de serviços ecossistêmicos essenciais ao bem-estar humano e à resiliência ambiental.

Adicionalmente às funções ecológicas já descritas, as *wetlands* associadas às Reservas Hídricas do Iguaçu apresentam elevado potencial para aplicação como sistemas

de tratamento natural de águas, especialmente como SbN para a melhoria da qualidade da água do próprio rio Iguaçu.

As macrófitas aquáticas presentes nessas áreas atuam na remoção de sólidos em suspensão, absorção de nutrientes (como nitrogênio e fósforo) e na biodegradação de compostos orgânicos e poluentes emergentes. A desaceleração do fluxo de água dentro das *wetlands* permite a sedimentação de partículas e o aumento do tempo de contato entre a água e os componentes do ecossistema, favorecendo a depuração.

Com base em princípios de fitotecnologia, o manejo e monitoramento controlados dessas *wetlands* podem maximizar a sua capacidade de purificação hídrica, atuando como zonas-tampão ecológicas que mitigam o aporte de nutrientes aos corpos d'água receptores. O uso estratégico dessas áreas, aliado às práticas de monitoramento ambiental e manejo adaptativo, constitui uma abordagem integrada que concilia a conservação da biodiversidade com a depuração hídrica regional, contribuindo diretamente para a revitalização do rio Iguaçu e para a resiliência das paisagens urbanas e periurbanas adjacentes.

4 PRODUTOS

Considerando a complexidade do projeto, este foi dividido em 12 Produtos, listados e descritos brevemente a seguir:

- **PRODUTO 01 – Anteprojetos Reservas Naturais:** desenvolvimento de anteprojetos, orçamentos, matriz de risco e minuta do Termo de Referência para licitação na modalidade integrada, para a implantação dos complexos de cavas denominados “Reservas Naturais” (RN02, RN05 e RN07), com foco na segurança hídrica e resiliência do SAA Iguaçu;
- **PRODUTO 02 – Anteprojetos *Wetlands*:** desenvolvimento de anteprojetos, orçamentos, matriz de risco e minuta do Termo de Referência para licitação na modalidade integrada, para a implantação das *wetlands* nos complexos de cavas definidos como prioritários, com foco na conservação de recursos naturais e qualidade das águas;
- **PRODUTO 03 – Estudo Preliminar do Canal de Água Limpa:** estudo técnico preliminar composto por estudo hidrológico e de capacidade do sistema compartilhado de drenagem/abastecimento público do trecho do Canal Extravisor denominado de “*Canal de Água Limpa*” e com base na sua área de drenagem direta, para o enfrentamento de eventos climáticos adversos;
- **PRODUTO 04 – Alternativas e Anteprojeto do Canal de Água Limpa:** estudo de alternativas, com desenvolvimento de anteprojeto, orçamento, matriz de risco e minuta do Termo de Referência para licitação na modalidade integrada, com vistas à implantação de infraestruturas necessárias do canal de drenagem e/ou canal de abastecimento, para a melhoria das condições de funcionamento compartilhado deste canal, compatibilizados com os “*Projetos das Reservas Hídricas do Iguaçu*”;
- **PRODUTO 05 – Projetos Parques Metropolitanos:** atualização dos estudos urbanísticos e revisão dos projetos arquitetônicos dos Parques Metropolitanos do Alto Iguaçu, com o desenvolvimento de anteprojetos, orçamentos, matriz de risco e minuta do Termo de Referência para licitação na modalidade integrada, de forma a preservar sua identidade paisagística, sua integração com os recursos naturais e compatibilizados aos “*Projetos das Reservas Hídricas do Iguaçu*”;

- **PRODUTO 06 – Quantificação Carbono:** quantificação do teor de carbono (C) para a definição de estratégias de compensação de emissões, desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e um potencial de valoração econômica em mercados ambientais;
- **PRODUTO 07 – Projetos de Restauração (PRAD):** elaboração de projetos de restauração e manejo ambiental dos complexos de cavas e das ações de monitoramento ambiental, buscando o licenciamento ambiental das intervenções propostas;
- **PRODUTO 08 – Gestão Adaptativa das *Wetlands*:** implementação de um sistema de gestão adaptativa para manejo das *wetlands*, assegurando a flexibilidade necessária para ajustes das estratégias com base no monitoramento contínuo dos indicadores ecológicos e hidrológicos;
- **PRODUTO 09 – Planos de Ação e Controle (BM):** elaboração de Planos de Ação e Controle para as intervenções propostas, estruturados em estrita conformidade com o Quadro de Políticas Ambientais e Sociais (ESF) do Banco Mundial, observando os Princípios do Equador como *benchmark* complementar de mercado;
- **PRODUTO 10 – Estudo CRA e Carbono:** elaboração de estudo preliminar quanto à viabilidade técnica-econômica e de mercado, com foco na captação de recursos via conversão de multas ambientais (FDD), geração de certificados de reserva ambiental (CRA) e créditos de carbono (C), estes relacionados às atividades de conservação e recuperação ambiental previstos;
- **PRODUTO 11 – EVTEA-J:** elaboração de estudo de viabilidade técnica-econômica, ambiental e jurídica (EVTEA-J) com estudo de alternativas dos projetos preteritamente desenvolvidos, para o aproveitamento e exploração comercial por parte da SANEPAR, considerando a captação de água nas imediações de Porto Amazonas e posterior adução até Araucária;
- **PRODUTO 12 – Geoserver (WebSIG):** implantação de um Sistema de Informação Geográfica via WebSIG, utilizando um servidor de dados espaciais como o GeoServer, para servir como um sítio eletrônico centralizado, permitindo o armazenamento, a manipulação, a distribuição e a visualização remota dos

produtos e dados georreferenciados gerados durante a execução do projeto por navegadores em diferentes plataformas.

Nos capítulos a seguir, são apresentadas as etapas metodológicas das atividades previstas no âmbito de cada um dos Produtos.

4.1 ANTEPROJETOS RESERVAS NATURAIS (P1)

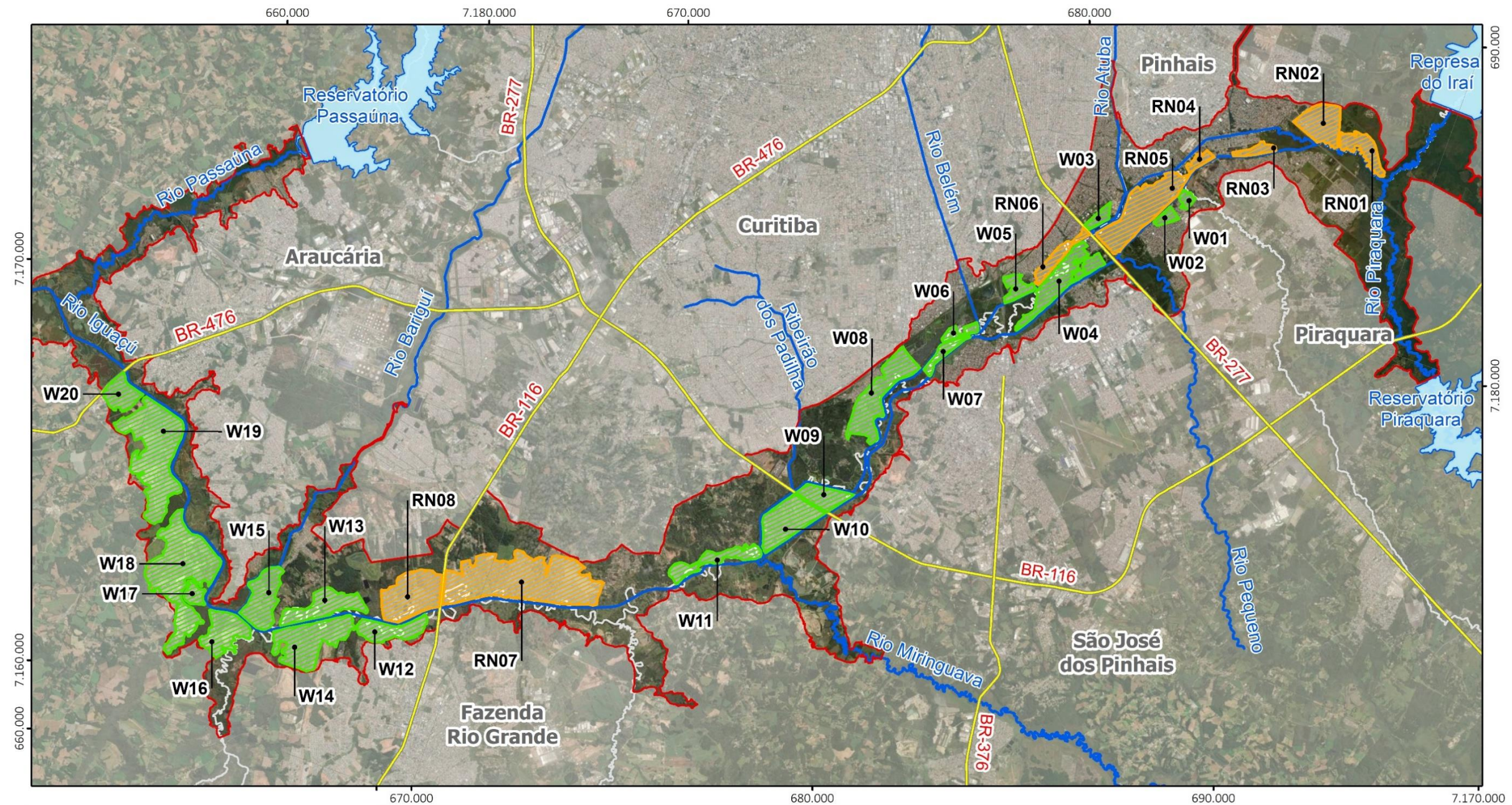
As áreas de interesse identificadas no trecho do rio Iguaçu intitulado “águas do presente” (FIGURA 2), isto é, desde suas cabeceiras até a confluência com o rio Passaúna, compreendem 20 áreas (1.905 ha) classificadas como *Wetlands* destinadas à melhoria da qualidade da água do rio Iguaçu e afluentes, e 08 áreas (1.000 ha) denominadas de Reservas Naturais, destinadas ao armazenamento e abastecimento emergencial em momentos de escassez hídrica. Essas áreas foram hierarquizadas através de metodologia baseada em critérios que consideraram a facilidade de implantação de cada área. Nesse processo, foram definidas as Reservas Naturais RN02, RN05 e RN07 como prioritárias para as intervenções propostas neste projeto (FIGURA 3).

Essas áreas de interesse serão monitoradas a partir de imageamento aéreo utilizando veículos aéreos não tripulados (VANT's). As imagens serão processadas, gerando arquivos *rasters* georreferenciados que serão utilizados para a extração de dados topográficos. Ademais, é importante a caracterização do entorno das áreas de interesse para compreensão da pressão antrópica existente, identificando potenciais fontes de poluição para elaboração de alternativas de mitigação, especialmente nos municípios de Pinhais e São José dos Pinhais.

São parte deste produto: o diagnóstico situacional da região, levantamento topográfico para implantação de pontos de controle, verificação dos elementos (relevantes) cadastrais da drenagem existente, execução de seções topobatimétricas de referência e a compatibilização de projetos e cadastros existentes.

Serão detalhados os elementos necessários para o manejo das águas no complexo de cavas RN05, com o dimensionamento e detalhamento para implantação de tubulação até o canal paralelo da BR-277, instalação de comportas, elementos especiais como travessias e caixas, a nível de Anteprojeto.

FIGURA 2 – ÁREAS DE INTERESSE DO TRECHO ÁGUAS DO PRESENTE.



RESERVAS HÍDRICAS DO IGUAÇU

ÁREAS DE INTERESSE



Legenda

- Hidrografia
- Rodovia
- Perímetro de atuação
- Limite municipal
- Reserva Natural - RN (999,06 ha)
- Wetland (1.904,73 ha)
- Reservatório

Fonte dos dados

Perímetro de atuação, reserva natural, wetland, reservatório e hidrografia - UNILIVRE, 2023; Limite municipal - IAT, 2020; Rodovia federal - DNIT, 2022.

Convenções cartográficas

Sistema de Referência: SIRGAS 2000
Projeção Cartográfica: UTM, Fuso 22S
Meridiano Central: 51° W

Convenções cartográficas

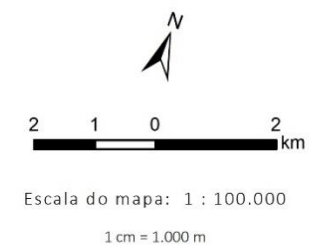
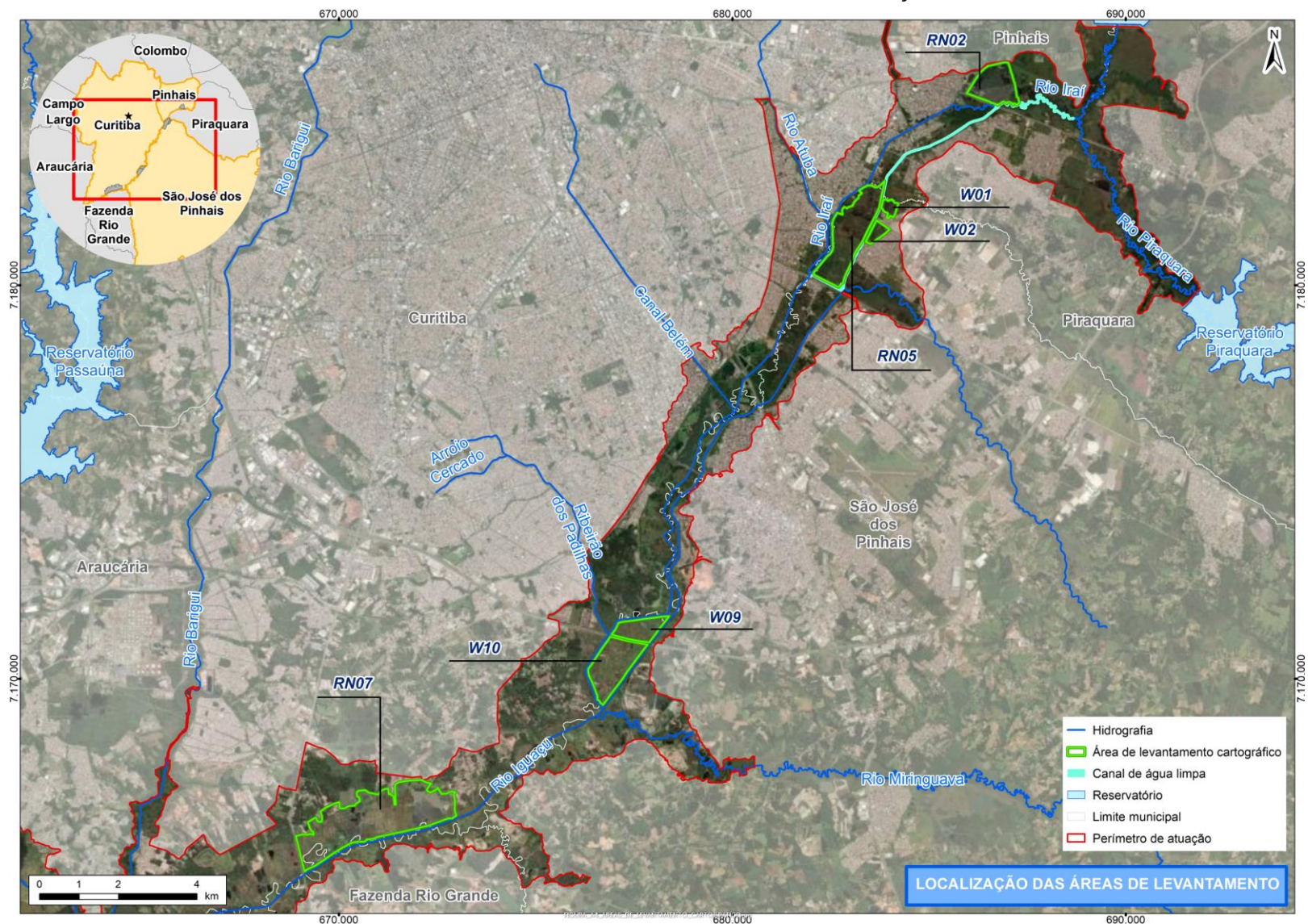


FIGURA 3 – ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA INTERVENÇÃO.



Será avaliada a possibilidade de implantação de uma ETA (Estação de Tratamento de Água) compacta com capacidade de 100-300 L/s, para conexão com a rede pública após o tratamento das águas das RNs 07 e 08, localizadas a jusante do ponto de captação da SANEPAR.

Tendo em vista a demanda para implantação de sistemas compactos para adução e abastecimento de água tratada, serão adotadas as diretrizes estabelecidas no Módulo 10 - Diretrizes para Elaboração de Projetos SAA (Sistema de Abastecimento de Água), especificamente o Módulo 10.1 - Diretrizes - Projeto de Tratamento de Água.

Para as intervenções e manejo das áreas de interesse serão necessários requerimentos de licenciamentos ambientais junto ao Instituto Água e Terra (IAT). Esse procedimento poderá ser realizado de maneira única através da proposição de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) ou de autorizações ambientais para cada atividade específica.

Ao final do estudo, serão entregues os elementos componentes a nível de Anteprojeto: i) relatório de dimensionamento; ii) anteprojeto de implantação com planta baixas, cortes e seções; iii) dimensionamento das tubulações e/ou canais com a detalhamento suficiente de elementos especiais como caixas, travessias, comportas; iv) projeto de compatibilização de interferências com base em cadastros existentes das prefeituras, Copel, SANEPAR, etc; v) orçamento; vi) minuta do termo de referência para contratação na modalidade integrada; vii) elementos para licenciamento ambiental como outorgas e licenças ambientais, com base no que preconiza MPS da SANEPAR.

A seguir, são listados os principais elementos do processo:

Elementos de Engenharia:

- Memorial de Cálculo de Processo;
- Dimensionamento das estruturas como tubulações, complexos de cavas, drenagens e adutoras, compatibilizados em relação aos possíveis usos e que permitam a “operacionalização” das vazões contribuintes ao Canal de Água Limpa;
- Parâmetros: definição da Taxa de Residência Hidráulica por complexo de cava que permita a melhoria da qualidade e/ou “naturalização” (remineralização) das águas provenientes de tratamento de reuso avançado (TRH, em mm/dia);

- Estudo ambiental (PRAD) e solicitação de outorga para intervenção em corpo hídrico nas RN02, RN05 e RN07.

Elementos de Engenharia Hidráulica:

- Perfil Hidráulico Geral: desenho em corte mostrando as cotas de nível desde a entrada no sistema de cavas até o ponto de captação, provando que o fluxo ocorre por gravidade (sem necessidade de bombeamento intermediário);
- Sistema de Distribuição e Controle de Vazões: detalhamento básico de como as águas serão conduzidas e caso necessário quais dispositivos serão implantados, como comportas, canaletas, vertedouros, etc.
- Sistema de Captação (Saída): dispositivo de bombeamento das águas para o sistema de adução da SANEPAR.

Elementos de Infraestrutura e Civil:

- Terraplenagem: plano de cortes e aterros para a interligação das cavas;
- Layout (Arranjo Geral): planta baixa prevendo caminhos para operação e manutenção (acesso de caminhões e equipamentos para limpeza e transporte de materiais).

Documentação Gráfica e Textual (Entregáveis):

- Memorial Descritivo: Texto explicando o funcionamento, justificativas técnicas e plano de operação;
- Especificações Técnicas: Caderno definindo a qualidade dos materiais;
- Peças Gráficas (Desenhos);
- Planta de Situação e Locação (1:500 ou 1:1000);
- Plantas Baixas e Cortes das cavas (1:50 ou 1:100);
- Detalhes típicos de entrada e saída;
- Orçamento: planilha orçamentária com quantitativos detalhados;
- Cronograma Físico-Financeiro: estimativa de tempo de obra.

4.2 ANTEPROJETOS *WETLANDS* (P2)

Este Produto contempla o conjunto de elementos a nível de Anteprojeto, que permitam caracterizar o complexo de obras necessárias, a fim de promover a integração entre os sistemas de *Wetlands*, o rio Iguaçu e eventuais Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). O foco das intervenções é a melhoria da qualidade da água do rio Iguaçu, através de processos naturais de autodepuração e fitorremediação obtidos a partir da circulação das águas pelos sistemas de *Wetlands*.

Para o desenvolvimento deste Produto, estão previstos: levantamentos de campo, estudo hidrológico, estudo de alternativas e anteprojetos de implantação. Ao final, deverão ser detalhadas as soluções de engenharia que permitam uma avaliação do custo das obras e intervenções propostas, com a definição dos métodos e previsão dos prazos de implantação.

As áreas de interesse (W01, W02, W09 e W10) serão monitoradas a partir de imageamento aéreo utilizando veículos aéreos não tripulados (VANT's). As imagens serão processadas, gerando arquivos *rasters* georreferenciados que serão utilizados para a extração de dados topográficos e para o mapeamento da distribuição espacial das diferentes espécies de macrófitas. A caracterização do entorno das áreas de interesse também é importante para a compreensão da pressão antrópica existente, identificando potenciais fontes de poluição para elaboração de alternativas de mitigação.

Será necessário o levantamento cadastral fundiário, com obtenção das matrículas atualizadas dos complexos de cavas objeto deste produto. São parte deste componente: o diagnóstico situacional da região, levantamento topográfico para implantação de pontos de controle, elementos cadastrais da drenagem existente, levantamento de secções topobatimétricas de referência e a compatibilização de projetos e cadastros existentes.

Para o estudo hidrológico, serão seguidas referências bibliográficas com métodos consagrados, em especial as diretrizes do Manual de Projetos de Saneamento da SANEPAR (MPS), com destaque ao Módulo 12.2, o qual versa sobre Diretrizes Ambientais para Elaboração de Estudos de Disponibilidade Hídrica de Mananciais para Sistema de Abastecimento de Água.

Para refinamento do estudo, será realizado o levantamento e compilação dos pontos de coleta de água (superficiais e subterrâneos) e de pontos de lançamento de esgoto já

cadastrados na área de estudo. As buscas serão realizadas em bancos de dados do IAT, ANA, SANEPAR e ANM.

O estudo de alternativas deverá contemplar os mecanismos de interconexão hidráulica entre as cavas e também com o rio Iguaçu, analisando diferentes tipos de comportas em função de critérios operacionais e financeiros que atendam às necessidades da SANEPAR. Esta etapa também terá interface direta com os Produtos 03 e 04, referentes à melhoria da qualidade da água no Canal de Água Limpa.

Para as intervenções e manejo das áreas de interesse serão necessários requerimentos de licenciamentos ambientais junto ao Instituto Água e Terra (IAT). Esse procedimento poderá ser realizado de maneira única através da proposição de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) ou de autorizações ambientais para cada atividade específica.

Ao final do estudo, serão entregues os elementos componentes a nível de Anteprojeto: i) relatório de dimensionamento; ii) anteprojeto de implantação com planta baixas, cortes e seções; iii) dimensionamento das tubulações e/ou canais com a detalhamento suficiente de elementos especiais como caixas, travessias, comportas; iv) projeto de compatibilização de interferências com base em cadastros existentes das prefeituras, Copel, SANEPAR, etc; v) orçamento; vi) minuta do termo de referência para contratação na modalidade integrada; vii) elementos para licenciamento ambiental como outorgas e licenças ambientais, com base no que preconiza MPS da SANEPAR.

A seguir, são listados os principais elementos do processo:

Elementos de Engenharia:

- Memorial de Cálculo de Processo;
- Dimensionamento das estruturas como tubulações, valas, vertedouro, comportas, etc, compatibilizados em relação aos possíveis usos e que permitam a circulação das águas no interior das *wetlands*, bem como sua interconexão com o rio Iguaçu;
- Parâmetros: definição da Taxa de Residência Hidráulica por complexo de cava que permita a melhoria da qualidade e/ou “naturalização” (remineralização) das águas (TRH, em mm/dia);
- Estudo ambiental (PRAD) e solicitação de outorga para intervenção em corpo hídrico.

Elementos de Engenharia Hidráulica:

- Perfil Hidráulico Geral: desenho em corte mostrando as cotas de nível desde a entrada (do rio Iguaçu para o sistema *wetland*) até a saída (retorno ao rio Iguaçu), provando que o fluxo ocorre por gravidade (sem necessidade de bombeamento intermediário);
- Sistema de Distribuição e Controle de Vazões: detalhamento básico de como as águas serão conduzidas e caso necessário quais dispositivos serão implantados, como comportas, canaletas, vertedouros, etc.

Elementos de Infraestrutura e Civil:

- Terraplenagem: plano de cortes e aterros para a interligação das cavas;
- Layout (Arranjo Geral): planta baixa prevendo caminhos para operação e manutenção (acesso de caminhões e equipamentos para limpeza e transporte de materiais).

Documentação Gráfica e Textual (Entregáveis):

- Memorial Descritivo: Texto explicando o funcionamento, justificativas técnicas e plano de operação;
- Especificações Técnicas: Caderno definindo a qualidade dos materiais;
- Peças Gráficas (Desenhos);
- Planta de Situação e Locação (1:500 ou 1:1000);
- Plantas Baixas e Cortes das cavas (1:50 ou 1:100);
- Detalhes típicos de entrada e saída;
- Orçamento: planilha orçamentária com quantitativos detalhados;
- Cronograma Físico-Financeiro: estimativa de tempo de obra.

4.3 ESTUDO PRELIMINAR DO CANAL DE ÁGUA LIMPA (P3)

As áreas destinadas para Reservas Hídricas situam-se em sua maioria (RN01 à RN06) nas adjacências do Canal de Água Limpa (FIGURA 4), destinado ao escoamento das águas advindas dos reservatórios Iraí e Piraquara II até a captação Iguaçu. Entretanto, devido à poluição difusa gerada pela pressão antrópica no entorno, o Canal de Água Limpa tem sofrido com o comprometido da qualidade da água, onerando o tratamento exigido para a manutenção de padrões de potabilidade.

Estes fatos corroboram a necessidade de ações voltadas para um novo planejamento para a adução e tratamento das águas, considerando as possibilidades de integrar as Reservas Naturais (RN) ao sistema de abastecimento atual, especialmente em momentos de escassez hídrica, buscando-se manter a qualidade da água do canal proveniente dos reservatórios.

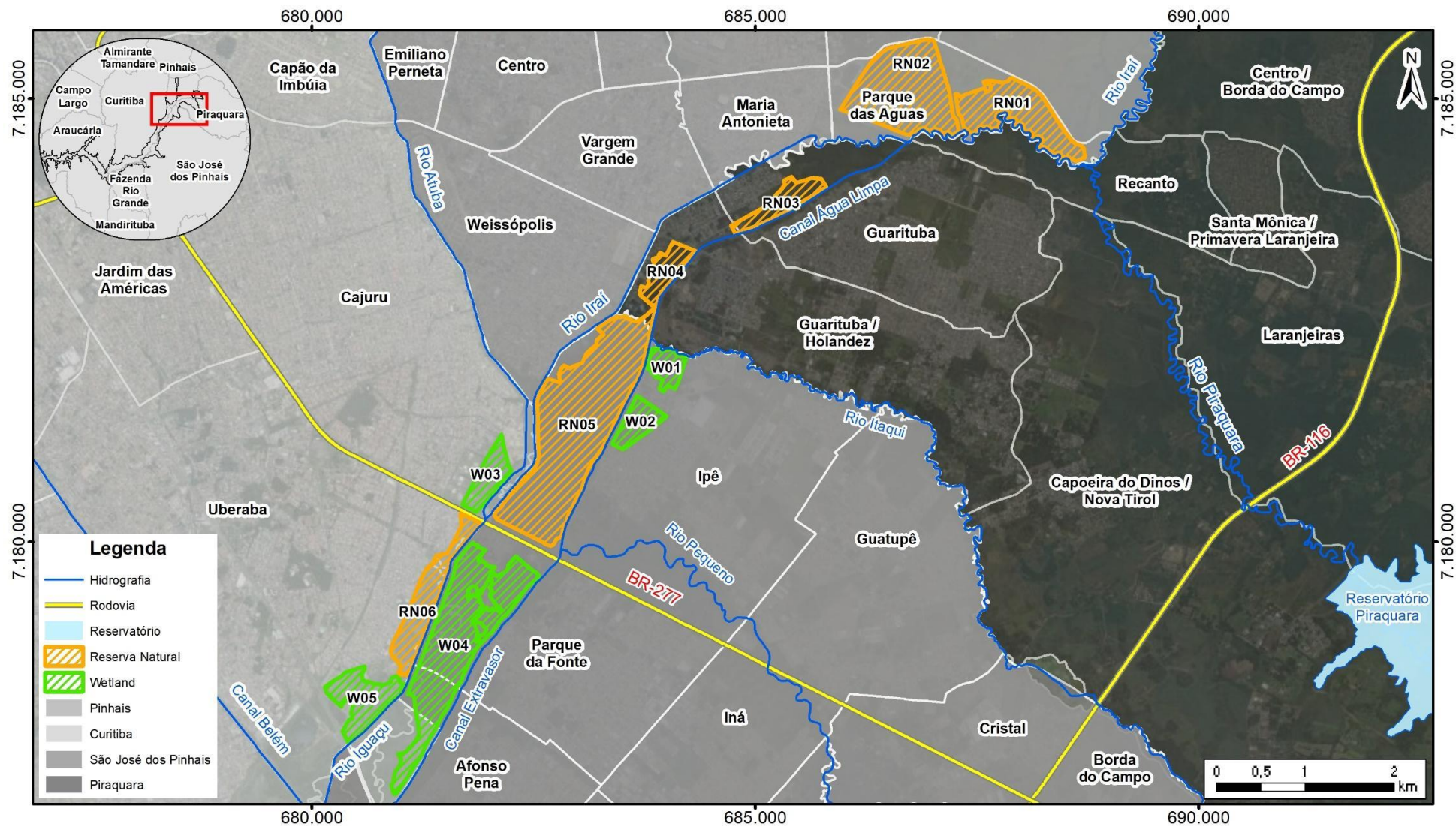
Desta forma, é necessária a elaboração de um diagnóstico para identificar os principais contribuintes de poluição do canal, bem como as alternativas de mitigação deste impacto e as formas de conexão com as RN's próximas.

Ademais, as chuvas torrenciais agravam a situação em relação às intervenções para contenção de cheias na região, sendo que notoriamente o Canal de Água Limpa, a jusante denominado Canal Extravador, não tem conseguido atender aos picos pluviais para os quais foi projetado.

O escopo deste produto é analisar e propor a melhor alternativa para revitalização ou concepção de um novo canal, promovendo a integração das águas com as Reservas Naturais, para o uso em momento de escassez hídrica ou intercorrências operacionais.

O Produto 3 contemplará também a elaboração de estudos técnicos especializados para as intervenções de desassoreamento e controle de cheias no sistema do Canal Extravador (Canal de Água Limpa). Será analisada a execução de dragagens e escavações nas margens e no leito do rio Iguaçu, abrangendo uma extensão de aproximadamente 4 km a jusante do canal. Os resultados desta etapa serão detalhados no âmbito do Produto 4, contemplando todos os elementos essenciais para a futura contratação das obras, o que inclui a elaboração do orçamento detalhado, a estruturação da matriz de riscos e a confecção da respectiva minuta do Termo de Referência para licitação.

FIGURA 4 – CANAL DE ÁGUA LIMPA.



4.4 ALTERNATIVAS E ANTEPROJETO DO CANAL DE ÁGUA LIMPA (P4)

Com base nos resultados do estudo preliminar do Canal de Água Limpa (P3), serão analisadas as alternativas e selecionada a mais adequada, a qual será alvo de detalhamento através da elaboração de um Anteprojeto. Este deverá conter: estudo hidrológico, estudo geotécnico, estudo de macrodrenagem, estudo de alternativas, anteprojeto da solução escolhida.

No estudo hidrológico, serão seguidas referências bibliográficas com métodos consagrados para estudos hidrológicos, em especial as diretrizes do Manual de Projetos de Saneamento da SANEPAR (MPS), com destaque ao Módulo 12.2, o qual versa sobre Diretrizes Ambientais para Elaboração de Estudos de Disponibilidade Hídrica de Mananciais para Sistema de Abastecimento de Água.

Para o refinamento do estudo, será realizado o levantamento e compilação dos pontos de coleta de água (superficiais e subterrâneos) e de pontos de lançamento de esgoto já cadastrados na área de estudo. As buscas serão realizadas em bancos de dados do IAT, ANA, SANEPAR e ANM.

Esse diagnóstico será importante para a identificação de mananciais com potencial para abastecimento e para diluição de efluentes. Os pontos serão georreferenciados e mapeados, sendo apresentados em mapas em escala adequada para a visualização e percepção de áreas críticas, as quais serão alvo de ações e projetos de readequação, com o objetivo de promover a melhoria das águas do rio Iguaçu.

Serão realizados estudos hidrológicos para as três bacias hidrográficas interceptadas pelo trecho de interesse, sendo: Área de Contribuição Direta do Alto Iguaçu, Bacia do Rio Pequeno e Bacia do Rio Itaquí, ilustradas na FIGURA 5. A localização do Canal de Água Limpa é apresentada com maior detalhe na FIGURA 6.

FIGURA 5 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DO TRECHO DE INTERESSE.

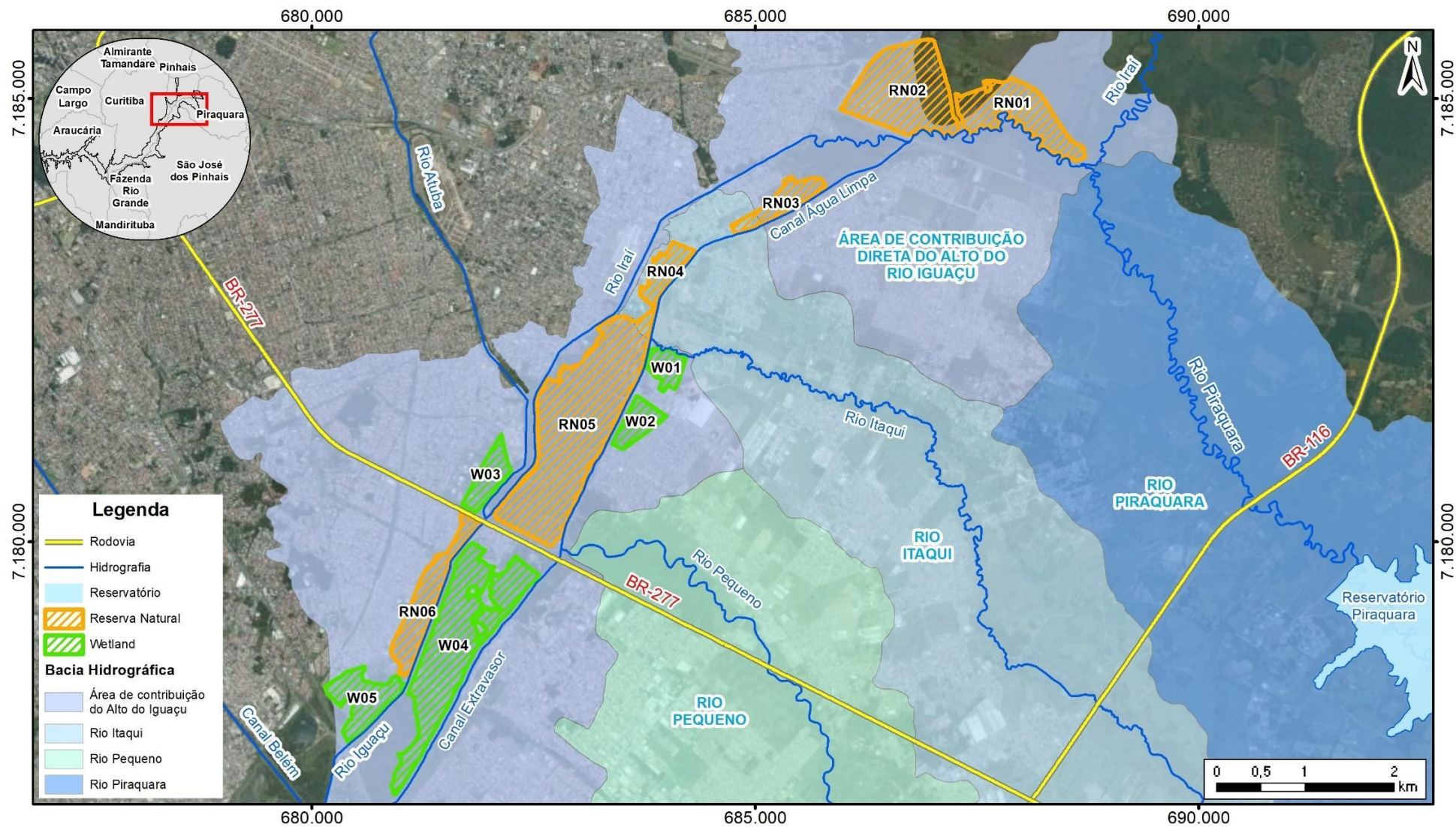


FIGURA 6 – LOCALIZAÇÃO DO CANAL DE ÁGUA LIMPA.



O estudo geotécnico envolve a realização de sondagens para a caracterização do solo nos trechos onde será necessária escavação para a implantação das estruturas de drenagem. Também faz parte desta etapa o dimensionamento e análise da estabilidade dos taludes.

Os projetos de macrodrenagem contemplarão os bairros do Guarituba (Pinhais) e Jardim Ipê (São José dos Pinhais), tendo em vista os eventos hidrológicos extremos recorrentes e a poluição direta ao Canal de Água Limpa. Será necessária a disponibilização dos projetos ou a realização do cadastro das galerias de macrodrenagem que confluem para a região, disponíveis no IAT e prefeituras.

Em relação ao estudo de drenagem, subsidiado pelo estudo hidrológico, serão seguidas as diretrizes para elaboração de projetos de saneamento no Módulo 9.3, sobre Drenagem. A vazão de contribuição deverá ser calculada conforme descrito no “Módulo 12.1 Diretrizes Ambientais – Cota de inundação”.

Neste sentido, será avaliada no anteprojeto a capacidade de escoamento das galerias de macrodrenagem, bem como as alternativas para contenção ou mitigação de cheias. A partir disso, será escolhida a alternativa correspondente à melhor concepção de uso das reservas hídricas, sob o ponto de vista técnico, econômico, social e ambiental.

As alternativas propostas para macrodrenagem serão estudadas e formuladas conforme o Manual de Projetos de Saneamento (MPS), mais especificamente aos itens atinentes ao “Módulo 9 - Diretrizes para Elaboração de Projetos de Saneamento”.

Com o objetivo de avaliar as alternativas para melhoria da qualidade da água do Canal de Água Limpa, será realizada modelagem computacional (software HEC-RAS) para a simulação de cenários (considerando a implantação das estruturas propostas). Serão analisadas do ponto de vista técnico-econômico e ambiental as alternativas de implantação de canais de drenagem e/ou abastecimento na região de estudo, consignados em um relatório circunstanciado para tomada de decisão da melhor alternativa.

Assim, com base nos elementos a serem fornecidos do complexo de cavas RN05, deverão ser estudadas as alternativas de aproveitamento das suas águas, com base nas premissas de: i) servir como bacia incremental no abastecimento da ETA Iguaçu; ii) atendimento emergencial alternativo para as vazões de 500 L/s a 3000 L/s; e iii) área para “compartimentação” de águas de reuso provenientes da ETE Atuba.

Após a seleção da alternativa ótima, serão elaborados os elementos componentes a nível de anteprojeto:

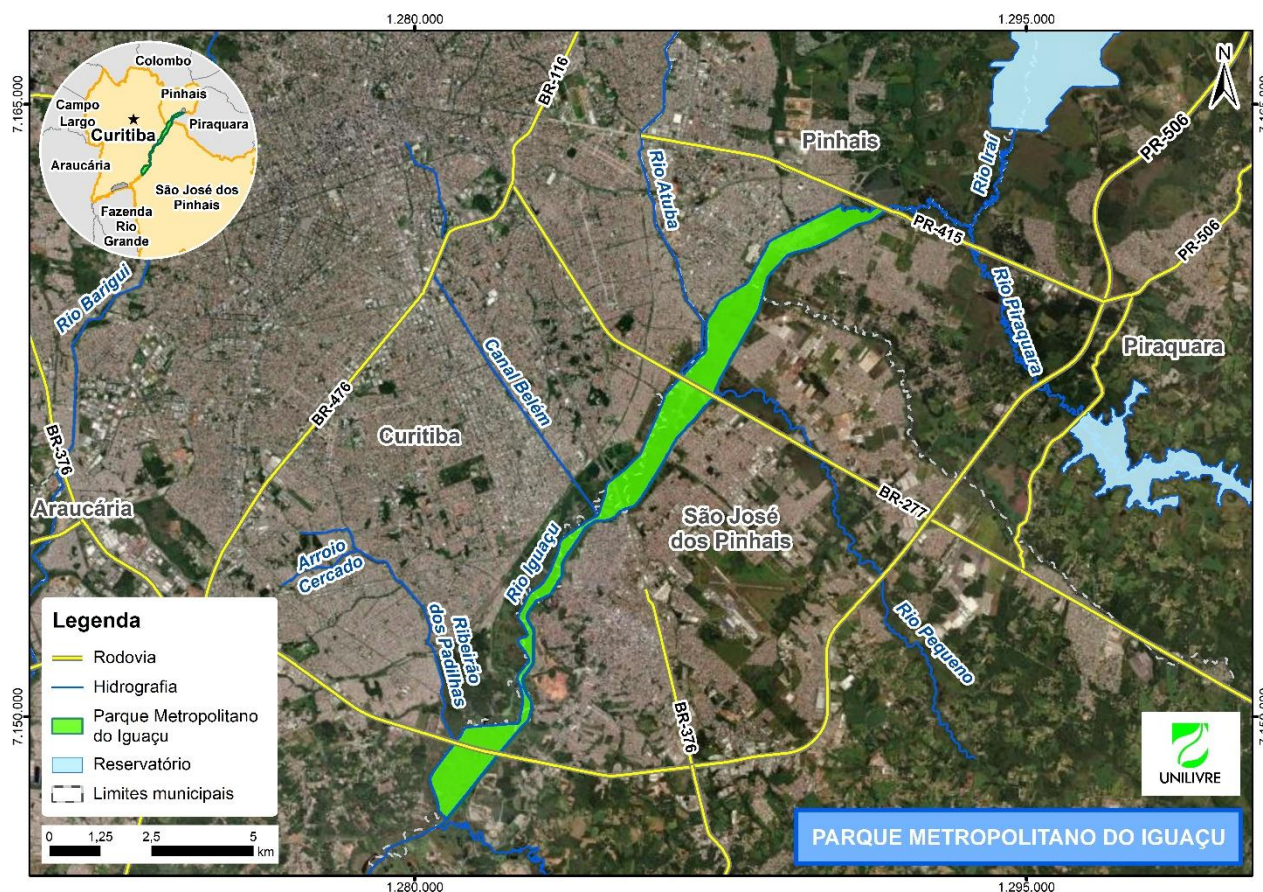
- i) Relatório de dimensionamento;
- ii) Anteprojeto de implantação com planta baixas, cortes e seções;
- iii) Dimensionamento das tubulações e/ou canais com detalhamento suficiente de elementos especiais como caixas, travessias, comportas;
- iv) Anteprojeto de compatibilização de interferências com base em cadastros existentes das prefeituras, Copel, SANEPAR, etc.;
- v) Elaboração de orçamento;
- vi) Elaboração de minuta do Termo de Referência para licitação e contratação na modalidade integrada;
- vii) Elementos para licenciamento ambiental, como outorgas e licenças ambientais, com base no que preconiza MPS da SANEPAR.

4.5 PROJETOS PARQUES METROPOLITANOS (P5)

O Produto 5 tem por objeto a atualização dos estudos urbanísticos e a revisão dos projetos arquitetônicos do Parque Metropolitano do Iguaçu, localizado no município de Pinhais, Região Metropolitana de Curitiba (FIGURA 7), compreendendo o desenvolvimento de anteprojetos, orçamentos, matriz de risco e minuta de Termo de Referência para licitação na modalidade integrada, de forma a preservar a identidade paisagística do parque, sua integração com o entorno e sua compatibilização com os projetos das Reservas Hídricas do Iguaçu.

O Parque Metropolitano do Iguaçu integra o sistema de macrodrenagem da Região Metropolitana de Curitiba, atuando como área de contenção de cheias do rio Iguaçu. As propostas urbanísticas, paisagísticas e de infraestrutura previstas deverão ser compatibilizadas com a função da área, considerando a ocorrência de inundações periódicas em parte do parque e adotando soluções que permitam a segurança hídrica, uso público e valorização ambiental.

FIGURA 7 – LOCALIZAÇÃO PARQUE METROPOLITANO DO IGUAÇU



4.5.1 Descrição dos trabalhos

Os estudos e anteprojetos objeto deste Relatório de Mobilização compreendem os serviços descritos a seguir.

4.5.1.1 Pesquisa e diagnóstico

A etapa de Pesquisa e Diagnóstico tem como objetivo realizar o levantamento e caracterização da situação existente, obtendo o conjunto de informações necessárias para a compreensão das características do meio físico, ambientais, urbanísticas, paisagísticas do Parque Metropolitano do Iguaçu. A presente etapa constituirá a base técnica para o desenvolvimento das etapas subsequentes do projeto, permitindo a identificação das potencialidades, limitações e condicionantes que deverão orientar as propostas de intervenção.

A primeira fase dos estudos e levantamentos compreende:

- a) Levantamento histórico do parque e de seu entorno, por meio de fotos e textos, incluindo o histórico de uso do solo e de eventos de cheia já registrados na área;
- b) Relatório fotográfico da situação atual do parque, de seus acessos, equipamentos e de contenção de cheias;
- c) Mapeamento da vegetação existente, com destaque para mata ciliar e áreas de várzea;
- d) Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APP) associadas ao rio Iguaçu e seus afluentes;
- e) Mapeamento dos equipamentos públicos existentes (ciclovias, pista de caminhada, mobiliário urbano);
- f) Mapeamento da mancha de inundação e das cotas de cheia registradas para diferentes tempos de recorrência;
- g) Mapeamento da conectividade do parque com os espaços livres e com a malha cicloviária;
- h) Planta de situação do parque e de seus setores de intervenção.

4.5.1.2 Estudo Preliminar

A finalidade da etapa de Estudo Preliminar é transformar as informações obtidas durante a Pesquisa e Diagnóstico em diretrizes e soluções para a elaboração da concepção do Parque Metropolitano do Iguaçu. Com base na caracterização da área, serão desenvolvidos os estudos necessários à definição do conceito e partido arquitetônico do parque, as discussões em relação ao *layout*, melhor locação e aproveitamento dos espaços buscando compatibilizar o uso público com sua função de contenção de cheias e preservação ambiental.

A segunda fase dos estudos e levantamento deve compreender:

- a) Levantamento planialtimétrico cadastral, com uso de drone de toda a área do parque;
- b) Análises ambientais da área de intervenção, em conformidade com os órgãos responsáveis;

- c) Diagnóstico da infraestrutura existente (ciclovias, sinalização, iluminação, mobiliário) quanto ao estado de conservação e à resistência a eventos de cheia;
- d) Análise dos fluxos de circulação predominantes, de pessoas, veículos e diretrizes para acessibilidade.

4.5.1.3 Elaboração dos Anteprojetos

A etapa de Elaboração dos Anteprojetos terá como finalidade desenvolver as soluções conceituais definidas durante o Estudo Preliminar, consolidando as propostas de arquitetura, urbanismo, paisagismo, drenagem e infraestrutura para o Parque Metropolitano do Iguaçu. As diretrizes estabelecidas serão detalhadas em nível de anteprojeto, permitindo a avaliação das intervenções propostas.

4.5.1.3.1 Anteprojeto de Arquitetura, Urbanismo e Acessibilidade

- a) Plantas de ocupação urbana do parque e suas especificidades, com indicação das áreas sujeitas a inundação periódica;
- b) Implantação e desenhos explicativos da proposta do Parque Metropolitano;
- c) Plantas, cortes e elevações das propostas, incluindo edificações de apoio (receptivo, sanitários, centro de visitantes);
- d) Quadro de áreas definidas no anteprojeto (áreas permeáveis, áreas de lazer, áreas alagáveis, circulações);
- e) Estudo de acessibilidade universal de todos os percursos, equipamentos e mobiliários propostos;
- f) Delimitação dos pavimentos de acessos, das áreas de estacionamento, através de procedimentos adequados para esses casos;
- g) Maquete eletrônica das fases e das intervenções propostas;
- h) Memorial descritivo preliminar do anteprojeto;
- i) Memorial de estatística de áreas definidas no Anteprojeto.

4.5.1.3.2 Anteprojeto de Engenharia

- a) Plantas e cortes dos anteprojetos luminotécnico, elétrico, pavimentação, terraplanagem e complementares.

4.5.1.3.3 Anteprojeto de Paisagismo

O Anteprojeto de Paisagismo compreende a concepção de projeto para as propostas com o objetivo de resultar em um local cuja arquitetura e natureza atuem em conjunto.

- a) Levantamento das necessidades;
- b) Análise do local;
- c) Analisar qual será a necessidade de incluir equipamentos de iluminação e possíveis adaptações na estrutura do local;
- d) Explorar as possibilidades de cores, formas, volumes e composições dos vegetais;
- e) Delimitação dos pisos e definição das espécies vegetais, priorizando espécies nativas adaptadas a regime de inundação (espécie de várzea e mata ciliar);
- f) Definição de mobiliário urbano, equipamentos de lazer, pontos de água e luz, com especificação de materiais resistentes à inundações;
- g) Planta de locação da vegetação, com tabela de espécies (nome científico, nome popular, porte e quantitativo), indicação de zoneamento por cota (áreas de várzea e áreas de inundação frequente).

4.5.1.3.4 Anteprojeto de Drenagem e Contenção de Cheias

Em razão da função da área do parque possuir viabilidade natural para ser utilizada como área de contenção de cheias, este anteprojeto tem caráter prioritário e deverá compreender a análise dos pontos favoráveis para conexão com o rio Iguaçu em momentos de elevação do nível, bem como bacias naturais para armazenamento temporário do volume excedente.

4.5.1.4 Orçamento Preliminar

O orçamento preliminar tem como objetivo estimar os custos necessários para a implantação do Parque Metropolitano proposto. O orçamento será elaborado com base nas soluções desenvolvidas durante a etapa de anteprojeto, considerando os quantitativos dos principais serviços, materiais e equipamentos e estimativa de custos das intervenções.

- a) Elaboração de orçamento preliminar das obras e serviços e de cronograma físico-financeiro, com base nas tabelas SINAPI e/ou SICRO;
- b) Os orçamentos dos anteprojetos deverão conter os materiais com especificações e quantitativos, ou deverão ser expressos em caderno anexo, com memorial quantitativo com descritivo de origem de dados e referidos processos de obtenção dos mesmos.

4.5.1.5 Matriz de Risco

A matriz de risco constitui uma ferramenta destinada à identificação, avaliação, classificação e tratamento dos riscos que podem afetar os documentos contratuais, a elaboração dos anteprojetos, o desenvolvimento do projeto executivo e a execução dos serviços. A metodologia adotada neste produto baseia-se nas diretrizes do Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. A avaliação dos riscos considera duas dimensões:

- Probabilidade: possibilidade de o evento de risco ocorrer;
- Impacto: consequência que o evento poderá produzir caso ocorra.

O risco é a possibilidade de ocorrência de um evento que possa afetar os objetivos do projeto, produzindo consequências positivas ou negativas. A matriz permite combinar probabilidade x impacto para estabelecer um nível de risco e, a partir disso, definir quais riscos precisam de maior atenção. Os níveis de riscos obtidos orientarão na adoção de ações para responder os eventos de riscos identificados, entretanto, o tipo de resposta poderá ser alterado, mediante justificativas apresentadas e aprovadas.

4.5.2 Considerações gerais

Os Anteprojetos de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo serão representados pelo conjunto de informações técnicas necessárias para a execução da obra, com detalhamento suficiente para o entendimento dos materiais e serviços a serem contratados. Estes deverão possibilitar a avaliação do custo da obra e o prazo de execução dos produtos, além de atender as normas vigentes, devendo conter os seguintes elementos:

- a) Desenvolvimento da solução escolhida de forma a fornecer visão global da intervenção e identificar todos os seus elementos constitutivos com clareza;
- b) Soluções técnicas e localizadas, de forma a minimizar a necessidade de reformulação ou de variante durante as fases de realização dos produtos;
- c) Identificação dos tipos de serviços e materiais a incorporar o anteprojeto, além de suas especificações que garantam os resultados para as intervenções;
- d) Atendimento das normas, indicação de soluções de acessibilidade e sustentabilidade;
- e) Os anteprojetos de arquitetura, paisagismo e urbanismo serão desenvolvidos com base na compatibilização entre uso público e função de contenção de cheias;
- f) As soluções propostas observarão as diretrizes ambientais do IAT aplicáveis à Região Metropolitana de Curitiba e à bacia do rio Iguaçu;
- g) Todos os relatórios e documentos serão entregues devidamente assinados pela equipe técnica responsável.

4.5.3 Reuniões de apresentação do produto para SANEPAR

Durante o desenvolvimento das propostas de anteprojetos, serão realizadas reuniões de acompanhamento com os representantes da SANEPAR, AMEP e IAT, com o objetivo de acompanhar o andamento das atividades, apresentar os produtos e as etapas em desenvolvimento, discutir as soluções propostas, verificar o atendimento às diretrizes estabelecidas e promover os alinhamentos necessários entre a equipe técnica e os responsáveis pelo acompanhamento do projeto.

4.5.4 Forma de apresentação dos Anteprojetos

A plataforma em que serão desenvolvidos os projetos deverá ser em BIM (*Building Information Modeling*), compatível com as definições e requisitos da ISSO/PAS 16739 e em conformidade com o padrão IFC 2x3, ou versão mais atual.

No modelo BIM deverão ser incluídos atributos para permitir:

- Geração de documentação de projeto;
- Extração de quantitativos;
- Quantificação de materiais;
- Detecção de interferências;
- Visualização.

Os projetos deverão ser desenvolvidos em modelo de padronização de apresentação, incluindo o desenvolvimento do padrão de representação gráfica tridimensional pelo software BIM (*Building Information Modeling*), criando modelos padrão para cada projeto onde constarão *templates*, carimbos, tamanhos de pranchas e outros.

A representação Gráfica irá contemplar todas as disciplinas básicas. Cada etapa do projeto será desenvolvida tridimensionalmente pelo *software* BIM, com compatibilidade no modelo 3D com a plataforma *Autodesk Revit*, possibilitando a abertura, visualização e edição de geometria e dados (valores dos parâmetros) em *softwares* desta plataforma, sem perdas ou distorções de informações, respeitando uma única versão. A modelagem tridimensional incorporará todos os projetos, de forma a possibilitar o compartilhamento entre os arquivos dentro de um conceito de *workset* (trabalho em equipe sobre o mesmo arquivo em BIM), bem como permitir a verificação de interferências entre elas no ambiente da plataforma de modelagem.

4.5.5 Cronograma

O prazo para execução dos anteprojetos previstos para o Parque Metropolitano do Iguaçu é de 18 meses a contar da assinatura do contrato.

O projeto contempla quatro produtos, os quais possuem atividades específicas que serão relacionadas a seguir, com seus respectivos símbolos indicativos (QUADRO 2), que são utilizados no Cronograma Executivo do Projeto (QUADRO 2) para indicar as etapas a serem cumpridas.

QUADRO 2 – CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

CRONOGRAMA FÍSICO																	
PRODUTOS	PRAZO EXECUTIVO (em meses)																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
P05: Parque Metropolitano do Iguaçu			A	B	B	C	C	C	D	D	E	E					

4.6 QUANTIFICAÇÃO CARBONO (P6)

Este tópico contempla a quantificação do teor de carbono (C) imobilizado na biomassa das macrófitas aquáticas presentes nas *Wetlands* das Reservas Hídricas do Iguaçu, com vistas à definição de estratégias de compensação de emissões, ao desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e à avaliação do potencial de valoração econômica em mercados ambientais.

4.6.1 Base normativa e referencial metodológicos

Serão consideradas as seguintes legislações e normas para constituição deste relatório:

- Lei Federal nº 12.187/2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC);
- Lei Federal nº 15.042/2024, que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e disciplina os Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVE), atualmente em fase de regulamentação;
- Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal), no que se refere às Cotas de Reserva Ambiental (CRA);
- ABNT NBR ISO 14064-1:2018 e ISO 14064-2 e 14064-3, para quantificação, relato e verificação de emissões e remoções de gases de efeito estufa em nível de organização e de projeto;
- ISO 10694, para determinação de carbono total por combustão seca (análise elementar);
- Diretrizes do IPCC (2006) para inventários nacionais de gases de efeito estufa, Volume 4 (AFOLU), e respectivo Suplemento sobre Áreas Úmidas (2014), que

estabelecem os compartimentos de carbono e os fatores de emissão aplicáveis a ecossistemas alagados;

- Protocolos metodológicos consolidados para mensuração de compartimentos e fluxos de carbono em áreas úmidas (Howard et al., 2014; Bansal et al., 2023);
- Manuais analíticos aplicáveis à caracterização de tecidos vegetais (Silva, 2009; AOAC; Standard Methods).

4.6.2 Amostragem

O universo amostral compreende as 20 áreas classificadas como *Wetlands* no trecho denominado “águas do presente”, totalizando aproximadamente 1.905 ha, com priorização das sete áreas selecionadas para manejo no âmbito do Produto 08 (W01, W02, W03, W09, W10, W14 e W15).

A estratificação prévia da área de estudo é recomendada nos protocolos de inventário de carbono, por reduzir a variância das estimativas e permitir a alocação eficiente do esforço amostral (IPCC, 2006; HOWARD et al., 2014). A unidade amostral recomendada é uma parcela delimitada de 0,25 m², dimensão consolidada nos estudos brasileiros de biomassa de macrófitas aquáticas, tanto para estratos flutuantes quanto para indivíduos monoespecíficos de grande porte (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; ESTEVES; SUZUKI, 2008). Busca-se a coleta mínima de quatro réplicas por estrato e por campanha, em conformidade com o esforço amostral adotado por Esteves e Suzuki (2008), alocadas de forma sistemática com início aleatório e georreferenciadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000), fuso UTM 22S, sistema geodésico oficial brasileiro (IBGE, 2005).

O esforço amostral definitivo será revisto após a campanha piloto, em função do coeficiente de variação observado (COCHRAN, 1977). As campanhas deverão ser sazonais, de modo a observar a variação da biomassa de macrófitas, associada às mudanças do nível d'água, das condições climáticas e de ciclos naturais de oscilação (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

4.6.3 Procedimento de campo e análise laboratorial

Os procedimentos de campo e de laboratório seguirão o disposto no Termo de Referência da SANEPAR: colheita integral da biomassa contida na parcela, lavagem em água corrente para remoção de sedimentos e organismos associados, transporte refrigerado, secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até massa constante, pesagem e extrapolação dos valores para quilogramas por hectare. Subamostras serão moídas e homogeneizadas e encaminhadas ao laboratório de química do solo (ainda a ser definido) para determinação do teor de carbono total por combustão seca (ISO, 1995). Nas espécies emergentes, as frações aérea e subterrânea serão registradas separadamente, uma vez que a fração subterrânea pode representar parcela expressiva e variável da biomassa total (ESTEVES; SUZUKI, 2008).

A massa de carbono fixado na biomassa vegetal será calculada conforme a Equação 1, nos termos do Termo de Referência:

$$\text{Carbono fixado (kg/ha)} = \frac{\text{Biomassa seca (kg/ha)} \times \text{Teor de carbono (\%)}}{100} \quad (\text{Equação 1})$$

A conversão para dióxido de carbono equivalente adotará a razão estequiométrica entre as massas molares do CO₂ e do carbono, igual a 3,67, conforme a Equação 2:

$$\text{CO}_2\text{eq (kg/ha)} = \text{Carbono fixado (kg/ha)} \times 3,67 \quad (\text{Equação 2})$$

O estoque total por área de interesse resultará do somatório dos estratos, ponderado pela área de cada um obtida da classificação de cobertura vegetal (IPCC, 2006). Os teores de carbono empregados serão os efetivamente determinados por análise elementar, confrontados, para conferência, com a fração de carbono de referência para biomassa vegetal de 0,47 kg de carbono por quilograma de matéria seca (IPCC, 2006).

Registra-se que as equações acima expressam o estoque instantâneo de carbono contido na biomassa viva, e não a remoção líquida de CO₂ da atmosfera: as macrófitas aquáticas apresentam ciclo de vida curto e, na senescência, parcela expressiva do carbono retorna à atmosfera por decomposição, inclusive sob a forma de metano em condições anóxicas (KAYRANLI et al., 2010; MITSCH et al., 2013), sendo o sumidouro de longo prazo

associado principalmente ao soterramento de carbono no sedimento e à destinação conferida à biomassa colhida (BANSAL et al., 2023). Recomenda-se, por essa razão, incluir no escopo a determinação do estoque de carbono orgânico do sedimento na camada de 0 a 30 cm (IPCC, 2006) e executar a campanha de linha de base antes do início das intervenções de manejo previstas no Produto 08.

4.6.4 Aproveitamento em mercado

Quanto ao aproveitamento em mercado, a emissão de créditos de carbono exige a demonstração de linha de base, adicionalidade, permanência e ausência de vazamento, além de plano de monitoramento verificável por terceira parte (BRASIL, 2024; VERRA, 2023). Não há, até o momento, metodologia consolidada nos principais padrões internacionais diretamente aplicável a áreas úmidas continentais de água doce originadas de cavas de mineração — a metodologia VM0033, do padrão VCS, restringe-se a áreas úmidas sob influência de maré (VERRA, 2023). O tratamento das alternativas de enquadramento, inclusive o uso dos resultados como indicadores de desempenho ambiental e no inventário corporativo de emissões da Companhia (ABNT, 2018), caberá ao Produto 10.

Os indicadores de sustentabilidade previstos no Termo de Referência serão calculados a partir dos dados gerados no próprio produto, conforme apresentado a seguir (QUADRO 3).

QUADRO 3 – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PROPOSTOS (P6)

Indicador	Unidade	Origem do dado
Estoque de carbono na biomassa	t C/ha	Equação 1
Estoque de CO ₂ equivalente na biomassa	t CO ₂ eq/ha	Equação 2
Estoque total por área de interesse	t CO ₂ eq	Somatório ponderado pela área dos estratos
Estoque de carbono orgânico no sedimento (0 a 30 cm)	t C/ha	Análise elementar e densidade aparente
Taxa aparente de fixação	t CO ₂ eq/ha/ano	Variação de estoque entre campanhas e biomassa removida
Relação C:N da biomassa	adimensional	Analisador elementar

4.6.5 Cronograma

Para o desenvolvimento destas etapas, recomenda-se o seguinte cronograma, baseado nos meses à disposição do projeto.

QUADRO 4 – CRONOGRAMA SUGERIDO PARA QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO

Etapas	Meses	Atividades
1. Plano de amostragem e protocolos	9 a 12	Definição dos estratos a partir do mapeamento do Produto 08, dimensionamento amostral preliminar e pactuação com os laboratórios executores
2. Campanha de linha de base	13 a 14	Primeira campanha completa, anterior às intervenções de manejo; revisão do esforço amostral
3. Campanhas sazonais e análises	14 a 26	Campanhas de biomassa e sedimento, análises laboratoriais, caracterização bromatológica e alimentação do banco de dados
4. Análises, consolidação e relatório final	14 a 36	Tratamento dos dados, cálculo dos estoques e indicadores, relatório de quantificação e nota técnica de subsídio ao Produto 10

4.6.6 Contabilização do PRAD

Conforme apontado no Produto 07, serão realizadas atividades referentes ao Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).

Diferentemente das macrófitas, cuja renovação anual devolve à atmosfera parcela expressiva do carbono fixado, a restauração florestal acumula estoque de forma progressiva e durável, conta com metodologias de quantificação consolidadas e dispõe de equações alométricas ajustadas para a Floresta Ombrófila Mista no Paraná (SANQUETTA, 2002; CALDEIRA, 2003; RATUCHNE, 2010). Do ponto de vista regulatório, a Lei nº 15.042/2024 dispõe expressamente, em seu art. 46, que a recomposição, a manutenção e a conservação de Áreas de Preservação Permanente são aptas à geração de créditos de carbono (BRASIL, 2024).

O inventário fitossociológico previsto no Produto 07 constitui a base de campo para essa quantificação. Recomenda-se que suas parcelas sejam instaladas em caráter permanente e georreferenciadas, com registro do diâmetro à altura do peito (DAP) e da altura total dos indivíduos arbóreos, e que a amostragem de solo contemple a camada de 0 a 30 cm com determinação da densidade aparente. A adequação da contabilização de carbono, considerando as *Wetlands* e o PRAD pode ser observada abaixo (QUADRO 5):

QUADRO 5 – ESTIMATIVA DE QUANTIFICAÇÃO CONSIDERANDO PRAD

Compartimento	Origem	Método de estimativa
Biomassa de macrófitas (aérea e subterrânea)	Wetlands (P06)	Colheita em parcelas e análise elementar
Biomassa arbórea e arbustiva acima do solo	Áreas em restauração (P07)	Inventário (DAP e altura) e equações alométricas ajustadas para a Floresta Ombrófila Mista
Serapilheira e necromassa	Áreas em restauração (P07)	Coleta em subparcelas e secagem em estufa
Carbono orgânico do solo (0 a 30 cm)	Wetlands e áreas em restauração	Análise elementar e densidade aparente

No âmbito do Termo de Cooperação celebrado entre SANEPAR e UNILIVRE, o que se pode efetivamente entregar é o estoque de referência anterior à intervenção, o protocolo de monitoramento e as primeiras remediações, e não um estoque acumulado consolidado. As remediações subsequentes acompanharão os relatórios de monitoramento do PRAD previstos na Portaria IAT nº 17/2025, cujos prazos de 4, 6 e 11 anos contados da formalização do Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental extrapolam a vigência contratual.

4.7 PROJETOS DE RESTAURAÇÃO (PRAD) (P7)

Este tópico contempla a elaboração do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para as áreas de cavas de exploração mineral desativadas identificadas ao longo das margens do rio Iguaçu no âmbito do Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu.

Essas áreas são afetadas, em grande parte, por passivo ambiental oriundo de atividades diretas e indiretas relativas à extração mineral de argila e areia, cuja recuperação, exigida pela legislação ambiental quando ocorreu encerramento da lavra, não foi executada. Por estarem majoritariamente inseridas em Área de Preservação Permanente, sua regularização perante o Instituto Água e Terra (IAT) demanda a apresentação de PRAD específico para cada área.

O PRAD será elaborado em conformidade com os procedimentos, critérios e Termo de Referência estabelecidos na Instrução Normativa IAT nº 43/2025, que trata da elaboração, análise, aprovação, execução e monitoramento de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas provenientes de empreendimentos minerários, além das próprias diretrizes para licenciamento, em empreendimentos minerários, contemplando, no mínimo:

- Identificação do Requerente;
- Identificação da Equipe Técnica Responsável pela Elaboração e Execução do PRAD;
- Dados gerais do processo associado ao PRAD:
 - N° do protocolo do licenciamento ambiental e a respectiva modalidade do licenciamento e/ou Auto Infração Ambiental (AIA);
 - Informações referentes ao imóvel: categoria do terreno (rural ou urbano), n.º da matrícula (ou outro documento de posse ou propriedade), área total do imóvel, da APP e Reserva Legal, n.º de inscrição no INCRA e no Cadastro Ambiental Rural (CAR), coordenadas geográficas UTM (datum SIRGAS 2000) das áreas a serem recuperadas;
 - Indicação das atividades desenvolvidas na área.
- Caracterização da Área Degradada (Diagnóstico Ambiental):
 - Realizar um levantamento histórico do empreendimento, voltado à identificação das condições originais da área, incluindo o relevo, previamente à implantação da atividade licenciada, indicando as modificações ocorridas em decorrência da operação do empreendimento;
 - Identificar as diversas origens da degradação e os locais impactados pela atividade de extração, beneficiamento e infraestruturas de apoio;
 - Descrever detalhadamente a situação atual da área a ser recuperada;
 - Informar as condições do solo na área a ser recuperada, sobretudo no que diz respeito à sua fertilidade para regeneração de vegetação, devendo ser identificada a existência de processos erosivos;
 - Declarar a localização e as condições da rede hídrica existente no empreendimento e em seu entorno, além dos possíveis impactos causados pela implantação e operação da atividade, sobretudo no que tange à qualidade das águas e à interferência sobre as respectivas Áreas de Preservação Permanente (APP);
 - Descrever o uso e ocupação do solo no entorno da área impactada.
- Ações de Recuperação da Área Degradada:

Deverão ser descritas as ações voltadas à recuperação da área impactada, abordando individualmente as medidas relativas à (ao):

- Reconformação dos taludes das frentes de lavra, cavas de extração, áreas de bota-fora, dentre outros;
 - Contenção de processos erosivos;
 - Desativação e recuperação das vias de tráfego internas do empreendimento;
 - Retirada das infraestruturas de apoio, sobretudo no que diz respeito às Caixas Separadoras de Água e Óleo (CSAO), tanque de combustíveis, sanitários e fossas sépticas, oficina para manutenção de equipamentos, área para armazenamento de produtos oleosos, planta de beneficiamento de minério, entre outras que houverem;
 - Comprovação da correta destinação de resíduos sólidos e efluentes gerados no empreendimento;
 - Isolamento físico do local, visando impedir a entrada de terceiros nas áreas em recuperação;
 - Descompactação, preparo e recuperação do solo;
 - Revegetação das áreas impactadas, com indicação das espécies vegetais a serem utilizadas (herbáceas, arbustivas e arbóreas, o estágio sucessional, de preferência nativas da região etc.), a origem e a quantidade das mudas, os métodos de plantio e replantio e as medidas de manutenção e monitoramento a serem adotadas; e
 - Proposta de uso futuro da área degradada, com a devida justificativa caso ela não esteja em consonância com aquela prevista no Plano de Controle Ambiental (PCA) ou no Plano de Controle Ambiental Simplificado (PCAS).
- **Cronograma Físico das Atividades**
 - Deverá ser apresentado um cronograma executivo, contemplando todas as etapas de recuperação e seus respectivos prazos para conclusão, conforme modelo apresentado no Anexo V da Portaria nº17/2025 do IAT. Ao término do prazo indicado no cronograma físico, deverá ser apresentado um relatório de conclusão do PRAD, o qual deverá contar com acervo fotográfico comprovando o cumprimento de todas as ações previstas no PRAD.
 - **Anexos:** deverão ser apresentados mapas, cartas imagens e documentação fotográfica que permitam uma visualização da atual condição do empreendimento:

- Os mapas e cartas imagens deverão ser apresentados em escalas adequadas às dimensões do empreendimento, com grade de coordenadas UTM, com todos os documentos devendo ser assinados pelos responsáveis técnicos;
- Plantas planialtimétricas e cartas imagens, contendo a indicação da atual conformação do terreno e das estruturas associadas à lavra, incluindo planta de beneficiamento, sanitários, refeitório, oficina de manutenção, área de abastecimento e seus dispositivos de controle ambiental, e outras que houverem;
- Plantas e cartas imagens com a delimitação dos locais a serem recuperados, dos corpos hídricos e áreas a serem monitoradas, acompanhadas de legendas descrevendo as ações voltadas à recuperação de cada área degradada.

Após a análise e aprovação do PRAD, será firmado um Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental (TCRA), conforme modelo disposto na Portaria n° 17/2025 do IAT, seguindo o que for aplicável ao empreendimento. Essa Portaria trata exclusivamente sobre procedimentos para elaboração, análise, aprovação, execução e monitoramento de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas em ecossistemas terrestres. Como as legislações são complementares, a elaboração do documento final e dos passos para sua homologação devem ser alinhadas de forma a seguir as diretrizes de ambas.

Posteriormente, dados contidos no PRAD deverão ser inseridos na Plataforma de Gestão e Monitoramento de Áreas em Recuperação Ambiental do Paraná (Monitora PRAD PR), conforme o disposto no CAPÍTULO V da Portaria n.º 17/2025. Sobre esse processo, há algumas considerações relevantes:

- O Plano de Reabilitação/Recuperação da área deverá ser desenvolvido considerando o entorno do empreendimento.
- A recuperação dos empreendimentos minerários inseridos nas áreas prioritárias de conservação, conforme definido pela Resolução SEMA/IAP 05/2009 e Nota Técnica IAT 01/2023, deverá ser feita obrigatoriamente com espécies nativas levando em consideração o bioma em que estão inseridas;
- É expressamente proibida a utilização de espécies exóticas invasoras enquadradas na categoria 1, conforme estabelecido no Art. 3º da Portaria IAP n.º 59/2015, ou outra que venha a substituí-la, que reconhece a Lista de

Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Paraná. Outras espécies exóticas podem ser utilizadas, desde que devidamente justificadas.

Em caso de dúvida ou necessidade maiores informações, será tomado como base o Anexo I da Portaria nº17/2025 do IAT, tratando-se de um Termo de Referência mais genérico para atividades que envolvam a elaboração do PRAD.

O tempo de execução estipulado dá-se entre os meses 9 e 20 do prazo total de execução do projeto. Especificamente sobre as ações do PRAD, recomenda-se o seguinte cronograma, baseado nos meses a disposição do projeto:

QUADRO 6 – CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PRAD (P07)

Etapa	Meses de desenvolvimento (9 a 20)	Atividades	Base da Portaria IAT nº17/2025
1. Diagnóstico e levantamento de dados	9-10	Levantamento histórico, causas da degradação, solo, rede hídrica, uso do entorno, mapeamento e elaboração de mapas e figuras	Insumo do diagnóstico ambiental exigido no Anexo I (TR)
2. Consolidação dos dados e elaboração do PRAD	10-11	Confecção do documento (diagnóstico, ações de recuperação, cronograma físico, anexos/plantas)	Art. 5º e Anexo I
3. Protocolo e análise pelo IAT	11-14	Protocolo via e-protocolo; atendimento a exigências/complementações	Art. 16
4. Aprovação e assinatura TCRA	14-15	Formalização do Termo de Compromisso de Recuperação Ambiental	Art. 24 e Anexo III
5. Protocolo da ART de execução	15-16	Encaminhamento da ART da execução da implantação	Art. 31, I — até 30 dias (prorrogáveis por igual período) após o TCRA
6. Execução das ações	15-20	Execução das atividades pontuadas para recuperação efetiva das áreas degradadas	Art. 12º e seguintes — sem prazo fixo de conclusão; ideal alinhar com estação chuvosa
7. Relatório de Implantação	15-27 (projeção)	Consolidação e protocolo do relatório técnico de implantação, com ART	Art. 31, II, "a" — prazo de 12 meses corre a partir do TCRA

A Portaria nº17/2025 do IAT prevê as seguintes modalidades de relatório:

- Relatório de Implantação: em até 12 (doze) meses da data de formalização do TCRA.
- Primeiro Relatório de Monitoramento: em até 30 (trinta) dias anteriores à data de 04 (quatro) anos da formalização do TCRA.

- Segundo Relatório de Monitoramento: em até 30 (trinta) dias anteriores à data de 06 (seis) anos da formalização do TCRA.
- Relatório Final: em até 30 (trinta) dias após a data de 11 (onze) anos da formalização do TCRA.

Dessa forma, entende-se que a entrega dos relatórios de monitoramento é de responsabilidade dos executores. Ainda, a depender das condições climáticas, averiguação por parte do órgão ambiental, análise dos resultados e sintetização dos documentos, é possível que o Relatório de Implantação também extrapole o prazo estipulado de 12 meses.

4.8 GESTÃO ADAPTATIVA DAS WETLANDS (P8)

Esse produto compreende o detalhamento das etapas necessárias para a implantação do manejo nas áreas de interesse W01, W02, W09 e W10, tendo como objetivo a recuperação da funcionalidade ecológica das *wetlands* degradadas nas Reservas Hídricas do Iguaçu. A proposta articula ações coordenadas de restauração ecológica, manejo adaptativo e monitoramento ambiental para estruturar um sistema de gestão, garantindo a realização de ajustes contínuos nas estratégias adotadas a partir do acompanhamento dos indicadores ecológicos e hidrológicos.

Para isso, o produto é dividido em cinco partes complementares: Diagnóstico Ambiental, Planejamento da Restauração Ambiental, Monitoramento Adaptativo, Gestão Adaptativa e Estudo Técnico-Científico da Biomassa.

4.8.1 Diagnóstico Ambiental

O diagnóstico ambiental será iniciado pelo imageamento aéreo das áreas de interesse com o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) equipados com câmeras RGB e multiespectrais, gerando produtos cartográficos como imagens ortorretificadas, modelos digitais do terreno, nuvens de pontos, imagens de classificação da vegetação, curvas de nível e plantas topográficas. Os dados obtidos permitirão avaliar a distribuição espacial e o vigor da vegetação, além de subsidiar a definição dos períodos mais adequados para o manejo das macrófitas.

Paralelamente, será realizado o levantamento da vegetação nativa e invasora por meio de inventários florísticos e fitossociológicos em parcelas permanentes, com

identificação taxonômica apoiada em chaves botânicas, herbários de referência e especialistas. Será dada atenção à quantificação da biomassa de espécies exóticas invasoras e à presença de espécies nativas indicadoras da qualidade ecológica.

A avaliação da qualidade da água e do solo contemplará amostragens em pontos representativos das áreas alagadas e marginais. Para a água, serão considerados parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo pH, turbidez, condutividade, DBO, DQO, oxigênio dissolvido, nutrientes e coliformes. O solo será caracterizado quanto à textura, teor de matéria orgânica, pH, capacidade de retenção de água e presença de metais ou outros contaminantes.

A composição química das macrófitas também será investigada mediante amostragens realizadas em diferentes períodos, seguidas de análises bromatológicas, permitindo avaliar a composição das plantas, seu potencial de absorção de nutrientes e poluentes e sua eficiência na remoção de cargas presentes na água.

Por fim, será realizada a caracterização hidrológica das áreas, considerando o regime hídrico local, as variações de nível e os fluxos sazonais. A integração dessas informações com dados topográficos e de sensoriamento remoto permitirá identificar vetores de degradação, como drenagens artificiais, assoreamento, lançamento de efluentes e pressões antrópicas existentes no entorno das *wetlands*.

Os resultados obtidos nessa etapa constituirão a linha de base ambiental do Produto 08 e subsidiarão tanto o planejamento das intervenções quanto o posterior acompanhamento da evolução das áreas.

4.8.2 Planejamento da Restauração Ambiental

A partir das informações consolidadas no diagnóstico ambiental, será realizado o planejamento das intervenções necessárias à recuperação e à manutenção da funcionalidade ecológica das *wetlands*. A definição das áreas de atuação deverá considerar, entre outros aspectos, o grau de degradação, a presença e dominância de espécies exóticas invasoras, a proximidade com os corpos hídricos e a relevância das áreas para a conectividade ecológica.

A priorização será apoiada pelos levantamentos de campo, pelas informações geoespaciais e pelos indicadores de qualidade ambiental obtidos na etapa anterior. Dessa

forma, as estratégias de intervenção poderão ser diferenciadas conforme as características e necessidades identificadas em cada área.

Nas porções mais vulneráveis poderão ser previstas medidas de isolamento e proteção destinadas à redução de interferências externas, incluindo cercamento seletivo, sinalização e, quando pertinente, utilização de barreiras vegetais adaptadas à sazonalidade hídrica. Também serão identificados e avaliados fatores capazes de limitar o processo de recuperação, como pisoteio, trânsito de pessoas, alterações na drenagem e outras formas de pressão antrópica.

O planejamento incluirá ainda as estratégias para controle e remoção de espécies invasoras, definidas de acordo com sua dominância, estrutura e capacidade de regeneração. Após o manejo, será priorizada a regeneração natural assistida, buscando favorecer os processos naturais de sucessão e o restabelecimento das funções ecológicas com o menor grau de intervenção necessário.

Nos locais em que a regeneração natural se mostrar insuficiente, poderá ser realizado o enriquecimento com espécies nativas adaptadas às condições de várzea e ao regime de inundação das áreas. A seleção deverá considerar as características ecológicas e funcionais das espécies, sua adaptação às condições edáficas e hidrológicas e sua contribuição para a estabilização do solo, oferta de recursos à fauna e recuperação da estrutura vegetal.

As estratégias estabelecidas nesta etapa não serão consideradas estáticas, uma vez que sua continuidade e eventual reformulação estarão vinculadas aos resultados obtidos pelo programa de monitoramento.

4.8.3 Monitoramento Adaptativo

O monitoramento adaptativo será utilizado como instrumento de acompanhamento da evolução das *wetlands* e de avaliação da efetividade das ações propostas. Para tanto, serão considerados indicadores relacionados à vegetação, à qualidade da água, à fauna e às condições gerais de integridade ecológica das áreas.

Em relação à vegetação, será acompanhada a evolução da cobertura vegetal mediante imageamento aéreo e análises em ambiente SIG, complementadas pelo monitoramento das parcelas permanentes e transectos definidos durante o diagnóstico.

Serão avaliadas a riqueza e a diversidade florística, com aplicação de índices ecológicos, como Shannon e Simpson, a densidade de regenerantes nativos e a relação entre espécies nativas e exóticas. Esses dados permitirão identificar tendências de sucessão vegetal e eventuais processos de recolonização por espécies invasoras.

O monitoramento da qualidade da água será realizado sazonalmente em pontos fixos georreferenciados, considerando parâmetros físico-químicos e microbiológicos, tais como pH, oxigênio dissolvido, DBO, DQO, turbidez, nutrientes e coliformes termotolerantes. A avaliação observará, quando aplicável, os parâmetros previstos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e os indicadores de qualidade definidos para o projeto.

O componente biológico contemplará o acompanhamento da macrofauna bentônica, com utilização dos índices BMWP' (*Biological Monitoring Work Party*) e ASPT (*Average Score Per Taxon*), permitindo avaliar alterações na qualidade ambiental por meio da resposta dos organismos às condições do meio aquático. Também será realizado o acompanhamento da presença de outros grupos faunísticos, incluindo avifauna, herpetofauna e mastofauna.

Os resultados das diferentes frentes de monitoramento serão integrados em relatórios técnicos periódicos, contendo indicadores, mapas temáticos e gráficos de evolução temporal. Essa base permitirá comparar as condições observadas ao longo do projeto com a situação inicial das áreas e fornecerá os elementos necessários para orientar as decisões de manejo

4.8.4 Gestão Adaptativa

A gestão adaptativa será conduzida de forma contínua durante o desenvolvimento do Produto 08, utilizando os resultados do monitoramento como base para avaliação e eventual revisão das medidas implementadas. Dessa forma, o manejo das *wetlands* será tratado como um processo dinâmico, capaz de responder às alterações observadas nas condições ecológicas e hidrológicas de cada área.

Está prevista a realização de ciclos semestrais de avaliação técnica, nos quais serão analisados os indicadores obtidos durante o monitoramento, considerando, entre outros fatores, o desempenho ambiental das *wetlands*, a evolução da vegetação, a qualidade da água e a estabilidade das condições locais.

Caso sejam identificados desvios em relação às condições esperadas, poderão ser promovidos ajustes nas estratégias de manejo, adequações hidráulicas ou correções nos pontos de escoamento e demais componentes associados ao funcionamento das áreas. Essas alterações serão estabelecidas pela equipe técnica a partir dos resultados obtidos e das necessidades específicas verificadas em cada unidade.

Para sistematização das avaliações poderão ser empregados protocolos reconhecidos de acompanhamento de áreas úmidas, incluindo o *Ecological Integrity Assessment* (EIA) e as orientações de monitoramento da Convenção de Ramsar, adequados às características e à escala das Reservas Hídricas do Iguaçu.

Os resultados das avaliações e as medidas eventualmente adotadas serão registrados nos relatórios técnicos semestrais e incorporados à base de dados georreferenciada do projeto. Os mapas, indicadores e séries temporais também poderão ser disponibilizados no GeoServer previsto no Produto 12, possibilitando o armazenamento e a consulta do histórico de evolução das *wetlands*.

Dessa forma, será estabelecido um processo contínuo de monitoramento, avaliação e ajuste das intervenções, permitindo que as estratégias sejam progressivamente adequadas às respostas observadas em campo e contribuindo para a manutenção da funcionalidade ecológica e operacional das *wetlands* ao longo do tempo.

4.8.5 Estudo Técnico-Científico da Biomassa

Complementarmente às atividades de manejo e monitoramento, será desenvolvido estudo técnico-científico destinado à caracterização da biomassa de macrófitas gerada durante as intervenções. Essa avaliação buscará determinar sua composição e identificar alternativas tecnicamente adequadas para aproveitamento e destinação, reduzindo a geração de resíduos associada à operação das *wetlands*.

As macrófitas predominantes serão amostradas considerando a representatividade das espécies e as variações sazonais observadas nas áreas. Antes das intervenções de manejo, serão realizadas análises bromatológicas e físico-químicas destinadas à caracterização da biomassa, considerando macro e micronutrientes, presença de metais potencialmente tóxicos, compostos orgânicos persistentes e outras substâncias de interesse.

Também será investigada a presença e a atividade de compostos e enzimas bioativas, buscando identificar características que possam indicar potencial de aproveitamento biotecnológico das espécies. Os resultados serão associados às informações obtidas no monitoramento da qualidade da água, permitindo avaliar tanto o potencial de utilização da biomassa quanto eventuais restrições decorrentes da presença de contaminantes acumulados pelas plantas.

Com base nessa caracterização, serão avaliadas alternativas de destinação e valorização da biomassa, considerando possibilidades como compostagem, produção de biofertilizantes, aproveitamento energético e utilização como insumo em diferentes processos industriais. A análise deverá considerar a viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas identificadas.

A definição dessas possibilidades de aproveitamento tem por finalidade integrar o manejo das macrófitas à operação de longo prazo das *wetlands*, buscando estabelecer soluções que conciliem a necessidade periódica de remoção da biomassa com seu possível reaproveitamento. Dessa forma, pretende-se reduzir a geração de resíduos e incorporar princípios de economia circular ao sistema de manejo das Reservas Hídricas do Iguaçu.

4.9 PLANOS DE AÇÃO E CONTROLE (BM) (P9)

Este tópico contempla a elaboração dos Planos de Ação e Controle (PE) para as intervenções propostas, com base nas normativas do Banco Mundial referidas no Termo de Referência como “Princípios do Equador”, de modo a permitir a divulgação, o compartilhamento dos projetos e o acompanhamento das ações nas dimensões econômica e socioambiental.

Os Planos de Ação e Controle serão formulados para cada projeto ou atividade relacionado aos Produtos 01 a 05, incorporando os elementos desenvolvidos nos Produtos 06 a 08. A estratégia enfocará a maneira como as atividades contribuirão para o alcance dos objetivos do Termo de Cooperação, sob uma abordagem baseada em riscos, resultados esperados por projeto e viabilidade econômica, justificando de forma adequada os métodos de seleção adotados.

4.9.1 Marco de referência e salvaguardas aplicáveis

O escopo do Produto 09 foi adaptado do que preconiza o Regulamento de Aquisições do Banco Mundial para Mutuários de Operações de Financiamento de Projetos de Investimento (BANCO MUNDIAL, 2016), com o intuito de que cada projeto ou atividade apresente ganhos de desempenho, confiabilidade, qualidade, segurança, durabilidade, eficácia ou outras características desejáveis. O conjunto normativo de referência compreende:

- Regulamento de Aquisições do Banco Mundial para Mutuários de Operações de Financiamento de Projetos de Investimento — IPF, e suas revisões posteriores (BANCO MUNDIAL, 2016);
- Quadro Ambiental e Social do Banco Mundial e respectivos Padrões Ambientais e Sociais (ESS1 a ESS10), instrumento aplicável às operações de financiamento de projetos de investimento (WORLD BANK, 2017);
- Princípios do Equador, em sua quarta versão (EQUATOR PRINCIPLES ASSOCIATION, 2020), expressamente referidos no Termo de Referência;
- Padrões de Desempenho sobre Sustentabilidade Socioambiental da International Finance Corporation (IFC, 2012), que constituem a base técnica dos Princípios do Equador;
- ABNT NBR ISO 31000:2018, para o processo de gestão de riscos;
- Boas práticas de gerenciamento de projetos aplicáveis ao sequenciamento de atividades, à definição do caminho crítico e aos indicadores de desempenho (PMI, 2021).

É importante observar que para a correta aplicação do marco normativo: os Princípios do Equador constituem referencial de adoção voluntária por instituições financeiras signatárias, aplicável tipicamente a operações de *project finance* privado, e têm por base os Padrões de Desempenho da IFC. As operações de financiamento de investimento contratadas por entes públicos junto ao Banco Mundial regem-se, por sua vez, pelo Quadro Ambiental e Social e pelos Padrões Ambientais e Sociais (ESS). Entende-se, dessa forma, que os Planos de Ação e Controle devem ser estruturados de modo a atender simultaneamente aos dois referenciais, assegurando correspondência ao Programa de Segurança Hídrica do Paraná (PSH-PR), sem divergir da terminologia adotada no Termo de Referência.

4.9.2 Engenharia de valor

Os Planos de Ação e Controle serão permeados pelo conceito de engenharia de valor (*value engineering*), entendida como abordagem sistemática e organizada que visa suprir as funções necessárias ao projeto pelo menor custo de ciclo de vida. A engenharia de valor promove a redução do tempo, a substituição de materiais e métodos e a adoção de alternativas menos dispendiosas, sem comprometer a funcionalidade, a longevidade ou a confiabilidade necessária à implementação dos projetos ou atividades. Sua aplicação compreenderá a identificação do custo do ciclo de vida das infraestruturas, trazido a valor presente líquido, e a modelagem das matrizes de contingenciamento correspondentes.

4.9.3 Componentes da análise dos projetos e atividades

Os componentes básicos da análise de cada projeto ou atividade são:

- Identificação das necessidades específicas do projeto;
- Avaliação do contexto operacional e do seu potencial de impacto;
- Avaliação da capacidade, dos recursos e da experiência anterior a ser exigida da executora das atividades;
- Avaliação da adequação e das condições para responder ao processo;
- Justificativa e relatório consolidado da análise do projeto ou atividade, dos riscos e do contexto operacional.

O nível de detalhamento e a profundidade analítica de cada Plano de Ação e Controle serão proporcionais ao nível de risco, ao volume de recursos envolvido e ao grau de complexidade previstos no projeto. De modo geral, o Plano de Ação e Controle inicial cobrirá, no mínimo, os primeiros 18 (dezoito) meses da implementação de cada projeto ou atividade, admitindo versões atualizadas ao longo da execução

4.9.4 Conteúdo dos Planos de Ação e Controle

Os Planos de Ação e Controle incluirão:

- Os métodos aplicáveis;
- A descrição das atividades e dos contratos;
- O levantamento de campo de dados e informações;

- As estimativas de custos baseadas em tabelas de preços e cotações;
- As minutas de cronogramas físicos e financeiros;
- O estudo simplificado de viabilidade técnico-econômica;
- As minutas dos documentos relevantes, que podem compor termo de referência, justificativas, especificações, cotações e minutas de termos de cooperação;
- As informações relevantes do projeto e das atividades previstas;
- O plano de acompanhamento do andamento do projeto ou atividade;
- Os relatórios parciais de andamento;
- O relatório final.

4.9.5 Plano de apoio ao gerenciamento

Formulado o Plano de Ação e Controle de cada atividade, sua gestão efetiva se dará por meio de um Plano de Apoio ao Gerenciamento, composto por indicadores-chave de desempenho e eventos críticos definidos. Esse plano medirá o desempenho do projeto em relação aos parâmetros de referência estabelecidos no Plano de Ação e Controle e conterá, em geral:

- Os potenciais riscos identificados;
- Os principais contatos, funções e responsabilidades das partes;
- Os procedimentos de comunicação;
- A sistemática de elaboração de relatórios;
- O fluxograma com identificação do caminho crítico;
- Os principais produtos identificados, devidamente descritos e atualizados;
- Os indicadores de desempenho;
- A descrição do processo de avaliação de andamento, quando necessário;
- O plano de visitas e os relatórios parciais de avaliação de andamento;
- O relatório final.

4.9.6 Critérios de avaliação e indicadores de desempenho

Os critérios de avaliação dos produtos esperados e dos indicadores de desempenho de cada projeto ou atividade em análise considerarão os fatores apresentados a seguir (QUADRO 7).

QUADRO 7 – INDICADORES DE DESEMPENHO

Critério	Conteúdo	Instrumento de aferição
Custo	Avaliação do custo com metodologia adequada à natureza do projeto ou atividade, acrescido do custo corrente e recorrente ao longo da vida útil, trazido a valor presente líquido	Custo do ciclo de vida e VPL
Qualidade	Avaliação da medida em que os projetos ou atividades atendem ou superam os requisitos definidos	Requisitos e especificações técnicas
Risco	Critérios que mitigam os riscos identificados	Matriz de riscos (ABNT NBR ISO 31000)
Sustentabilidade	Benefícios econômicos, ambientais e sociais identificados e sua contribuição para a consecução dos objetivos, incluída a flexibilidade para adaptação a mudanças ao longo do ciclo de vida	Indicadores socioambientais e salvaguardas
Inovação	Critérios que permitem avaliar a oportunidade de incluir soluções que vão além dos requisitos especificados ou soluções alternativas	Análise de alternativas

4.9.7 Fatores do contexto operacional

Os Planos de Apoio ao Gerenciamento analisarão, ainda, os seguintes fatores do contexto operacional:

- Aspectos ligados à governança: situações de fragilidade, conflito ou volatilidade que possam suscitar dúvidas em relação à segurança; envolvimento do Estado em setor específico da economia; processos legislativos que possam regular o mercado e a concorrência; o arcabouço jurídico em geral e situações de emergência;
- Aspectos econômicos: situações econômicas ou de mercado que ofereçam risco ou sejam capazes de dificultar a consecução dos objetivos pretendidos em cada projeto ou atividade;
- Aspectos tecnológicos: potencial das possíveis mudanças tecnológicas, necessidade de transferência de informação e de segurança, grau de dependência permanente das soluções previstas em projeto e de inovação;
- Aspectos relativos à sustentabilidade: requisitos de sustentabilidade dos projetos ou atividades, como a adoção de padrões ambientais oficiais, a exemplo de metas de eficiência energética e hídrica, e os impactos sociais associados ao trabalho em ambientes sensíveis, à importação de mão de obra e às normas trabalhistas.

4.9.8 Matrizes de risco

As matrizes de risco integram os Planos de Ação e Controle e serão elaboradas para os Produtos 01, 02, 03, 04 e 05, acompanhadas das respectivas minutas de Termo de Referência. Deverão mapear, quantificar e alocar, no mínimo, os cenários indicados no quadro a seguir, observando-se o processo de identificação, análise, avaliação e tratamento de riscos da ABNT NBR ISO 31000:2018 (QUADRO 8).

QUADRO 8 – CATEGORIAS DE RISCO A SEREM MAPEADAS

Categoria	Cenários a mapear	Interface
Riscos hidrológicos e climáticos	Incertezas sobre a disponibilidade hídrica e sobre a capacidade real do sistema de suportar eventos hidrológicos extremos, sejam secas severas ou chuvas torrenciais que extrapolem os modelos adotados	Produto 03
Riscos de licenciamento e ambientais	Atrasos na emissão ou condicionantes imprevistas nas outorgas e licenças do Instituto Água e Terra, bem como na aprovação dos Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas	Produtos 01, 02 e 07
Riscos operacionais e tecnológicos	Falhas no atingimento das metas de depuração das wetlands, colmatção prematura dos filtros e necessidade de mudanças tecnológicas abruptas	Produtos 02 e 08
Riscos financeiros e de modelo de negócio	Flutuações de mercado que afetem a viabilidade econômica, especialmente nas alternativas de exploração por Parceria Público-Privada ou locação de ativos	Produtos 10 e 11

4.10 ESTUDO CRA E CARBONO (P10)

Este tópico contempla a elaboração de estudo técnico preliminar quanto à viabilidade técnico-econômica e de mercado, com foco na captação de recursos por três frentes relacionadas às atividades de conservação e recuperação ambiental previstas nas reservas hídricas e nos mananciais da Companhia: a conversão de multas ambientais, a geração de Certificados de Reserva Ambiental (CRA) e a geração de créditos de carbono.

O Produto 10 é executado pela Equipe de Gestão e Viabilidade, possui prazo de maturação de 36 meses e responde por 4,00% do valor do Termo de Cooperação. Encarrega-se da engenharia financeira, jurídica e mercadológica necessária para converter o passivo territorial em ativos ambientais verificáveis, sendo complementar à quantificação da massa de carbono obtida no Produto 06 e aos projetos de restauração do Produto 07.

Trata-se dos estudos necessários à implementação de mecanismos relacionados ao mercado de ativos ambientais, que visam conciliar a produção e as atividades antrópicas com a proteção ambiental, internalizando os custos e os benefícios da conservação.

4.10.1 Cotas de Reserva Ambiental

Os Certificados de Reserva Ambiental, também denominados Cotas de Reserva Ambiental (CRA), são instrumento da política ambiental brasileira previsto no art. 44 da Lei nº 12.651/2012 e regulamentado pelo Decreto nº 9.640/2018. São definidos como títulos nominativos representativos de área com vegetação nativa existente ou em processo de recuperação, correspondendo cada cota a 1 hectare, e são emitidos por órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente, a exemplo do Serviço Florestal Brasileiro ou dos órgãos estaduais competentes, após a inscrição do imóvel no Cadastro Ambiental Rural (BRASIL, 2012; 2018).

As modalidades do CRA são definidas a partir do regime de proteção legal ao qual as áreas estão submetidas (QUADRO 9).

QUADRO 9 – MODALIDADES DE EMISSÃO DO CRA

Modalidade de lastro	Fundamento e observações
Reserva Legal instituída voluntariamente sobre o percentual de vegetação nativa excedente	Excedente à área mínima exigida pelo art. 12 da Lei nº 12.651/2012.
Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Ressalvadas as áreas instituídas em sobreposição à Reserva Legal do próprio imóvel.
Área sob regime de servidão ambiental	Instituída nos termos do art. 9º-A da Lei nº 6.938/1981 e do art. 44-A da Lei nº 12.651/2012, fora da Reserva Legal e da Área de Preservação Permanente.
Imóvel rural localizado no interior de unidade de conservação de domínio público ainda não desapropriada	Modalidade dependente de regulamentação complementar.

Fonte: BRASIL (2012; 2018).

O estudo abordará as seguintes posições possíveis:

- Geração e oferta: hipótese em que o proprietário detém excedente de vegetação nativa além do mínimo obrigatório e emite CRA sobre essa área, situação de particular interesse nas bacias de manancial sob domínio ou influência da SANEPAR;

- Utilização e demanda: hipótese em que a SANEPAR adquire CRA para compor reserva de compensação destinada a regularizar sua situação ambiental, garantindo, com a transação, a proteção e a conservação da área doadora.

São requisitos da compensação por CRA que a área esteja localizada no mesmo bioma da área de déficit e que a transação seja registrada no sistema do Sistema Nacional do Meio

É importante entender que a função legal típica da CRA é a compensação de déficit de Reserva Legal de imóveis rurais que se encontravam em situação irregular em 22 de julho de 2008, nos termos do art. 66, § 5º, inciso I, da Lei nº 12.651/2012. A extensão do instrumento a outras finalidades de regularização não decorre automaticamente do texto legal e deverá ser objeto de análise jurídica específica no âmbito deste produto, com exame das alternativas legalmente previstas para cada tipo de passivo. Recomenda-se, por isso, que o estudo distinga com clareza os passivos da SANEPAR passíveis de compensação por CRA daqueles sujeitos a instrumentos diversos.

4.10.2 Créditos de carbono

A frente de créditos de carbono aproveita os resultados da quantificação do carbono imobilizado na biomassa das macrófitas aquáticas, obtida no Produto 06, e dos estoques associados às áreas objeto dos projetos de restauração do Produto 07, convertendo-os em avaliação de viabilidade de geração de ativos.

O estudo deverá contemplar os requisitos comuns aos mercados voluntário e regulado, quais sejam a demonstração de linha de base, adicionalidade, permanência e ausência de vazamento, além de plano de monitoramento, relato e verificação por terceira parte. No plano regulatório nacional, a Lei nº 15.042/2024 instituiu o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e os Certificados de Redução ou Remoção Verificada de Emissões (CRVE), estabelecendo, em seu art. 46, que a recomposição, a manutenção e a conservação de Áreas de Preservação Permanente, de Reserva Legal e de unidades de conservação são aptas à geração de créditos de carbono (BRASIL, 2024).

O estudo deverá enfrentar, ainda, três condicionantes de viabilidade:

- Enquadramento metodológico: não há, até o momento, metodologia consolidada nos principais padrões internacionais diretamente aplicável a áreas úmidas continentais de água doce originadas de cavas de mineração, uma vez que a metodologia VM0033 do padrão VCS se restringe a áreas úmidas sob influência de maré (VERRA, 2023);
- Adicionalidade: a recuperação das áreas degradadas constitui obrigação legal decorrente do encerramento da lavra e poderá ser custeada por conversão de multas ambientais, hipóteses que tendem a afastar a elegibilidade nos padrões que aplicam o teste de excedente regulatório, ainda que a legislação nacional reconheça a aptidão dessas áreas;
- Titularidade: a Lei nº 15.042/2024 vincula a titularidade do crédito de carbono à titularidade do imóvel, o que exige o esclarecimento da situação dominial das cavas de domínio de terceiros antes de qualquer estruturação de projeto.

Na hipótese de os resultados serem destinados prioritariamente à compensação das emissões da própria SANEPAR, os dados deverão ser estruturados de modo compatível com o inventário corporativo de emissões, observada a ABNT NBR ISO 14064-1.

4.10.3 Conversão de multas ambientais

A terceira frente avaliará a viabilidade de captação de recursos por meio da conversão de multas ambientais e do Fundo de Defesa de Direitos Difusos (FDD), aplicados às atividades de recuperação nas reservas hídricas.

Trata-se, a rigor, de dois instrumentos distintos, que o estudo deverá tratar separadamente:

- Conversão de multa simples em serviços de preservação, melhoria e recuperação da qualidade do meio ambiente, prevista no art. 72, § 4º, da Lei nº 9.605/1998 e disciplinada nos arts. 139 a 148 do Decreto nº 6.514/2008, com a redação dada pelos Decretos nº 9.179/2017 e nº 9.760/2019 (BRASIL, 1998; 2008; 2017; 2019);
- Fundo de Defesa de Direitos Difusos, instituído pela Lei nº 9.008/1995, destinado à reparação de danos a bens de valor difuso e coletivo e alimentado, entre outras fontes, por condenações em ações civis públicas (BRASIL, 1995).

Dois aspectos condicionam a estruturação dos dossiês. O primeiro é que o Decreto nº 9.179/2017 admitiu expressamente a conversão em favor de qualquer área degradada ou que possa receber serviço ambiental, o que confere às cavas desativadas condição de área elegível. O segundo é que a conversão não pode ser empregada na recuperação dos danos decorrentes da própria infração que originou a multa, permanecendo íntegra a obrigação de reparação integral do dano: as proposições deverão, portanto, lastrear-se em multas aplicadas a terceiros, e não em autuações relativas às próprias cavas objeto de recuperação.

O estudo mapeará, adicionalmente, a competência do órgão emissor de cada multa, no caso de autuações do IBAMA, ou estadual, no caso de autuações do Instituto Água e Terra, uma vez que os procedimentos e os fundos de destinação diferem conforme a esfera.

4.10.4 Escopo metodológico do estudo

O desenvolvimento do Produto 10 compreenderá as seguintes etapas metodológicas:

- Cruzamento das bases do Cadastro Ambiental Rural e das bases fundiárias e cartográficas disponíveis, com identificação dos imóveis de interesse nas bacias de manancial;
- Análise de elegibilidade das áreas quanto às modalidades de lastro admitidas, incluindo validação do estágio de regeneração ou recomposição da vegetação;
- Diagnóstico da situação dominial e registral das áreas, com identificação dos titulares e das pendências de regularização;
- Levantamento e caracterização dos passivos ambientais da SANEPAR passíveis de compensação, com classificação por instrumento legal aplicável;
- Modelagem de cotação e precificação dos ativos, com análise de mercado, curvas de referência e cenários de oferta e demanda;
- Análise jurídica de viabilidade, contemplando os requisitos de emissão, registro, transferência e averbação dos títulos;
- Estruturação do Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica, Ambiental e Jurídica (EVTEA-J) aplicável aos ativos ambientais;

- Consolidação de nota técnica com recomendações quanto às alternativas de enquadramento e à sequência de providências.

4.10.5 Articulação com os demais produtos e cronograma

O Produto 10 recebe: do Produto 06, o banco de dados e o memorial de cálculo dos estoques de carbono; do Produto 07, a caracterização das áreas em recuperação e os elementos destinados à conversão de multas; do Produto 09, o tratamento de riscos e a estrutura de governança aplicável; e do Produto 12, a base geoespacial para o cruzamento das áreas elegíveis. Seus resultados subsidiam o Produto 11, no que se refere à modelagem econômica dos ativos ambientais.

Ademais, embora as atividades devem seguir concomitantes ao andamento dos demais produtos, segue um cronograma especulativo de como as etapas podem ser organizadas (QUADRO 10).

QUADRO 10 – CRONOGRAMA PROPOSTO

Etapas	Meses	Atividades
1. Diagnóstico normativo e institucional	1 a 6	Consolidação do arcabouço legal aplicável a CRA, créditos de carbono e conversão de multas; mapeamento de competências e de partes interessadas
2. Identificação e elegibilidade de áreas	7 a 16	Cruzamento das bases do CAR e fundiárias, análise de elegibilidade de lastro, diagnóstico dominial e registral
3. Levantamento de passivos e demanda	13 a 22	Caracterização dos passivos ambientais da Companhia, classificação por instrumento legal e dimensionamento da demanda por compensação
4. Modelagem econômica e de mercado	19 a 30	Precificação dos ativos, cenários de oferta e demanda, análise de risco e estruturação dos dossiês de conversão de multas
5. EVTEA-J e consolidação	29 a 36	Estudo de viabilidade técnico-econômica, ambiental e jurídica, nota técnica de recomendações e relatório final

4.11 EVTEA-J (P11)

O Produto 11 compreende a elaboração do Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica, Ambiental e Jurídica (EVTEA-J) destinado à avaliação das alternativas de aproveitamento e exploração comercial dos potenciais usos do rio Iguaçu pela SANEPAR. O estudo terá como ponto de partida os elementos e projetos anteriormente desenvolvidos no âmbito do TCTF CE 004/2023 – UNILIVRE/SANEPAR, os quais serão atualizados e avaliados de forma integrada quanto à sua viabilidade e possibilidades de implementação.

A elaboração do EVTEA-J terá caráter de planejamento estratégico para a gestão hídrica, buscando identificar alternativas capazes de compatibilizar o aproveitamento econômico dos recursos disponíveis com a segurança hídrica, a sustentabilidade ambiental e os interesses institucionais da Companhia.

Nesse contexto, serão avaliadas diferentes formas de estruturação do empreendimento, considerando alternativas de investimento e operação direta pela SANEPAR, modelos associados à locação de ativos e financiamento estruturado, bem como possibilidades de participação da iniciativa privada por meio de arranjos de parceria.

Para o desenvolvimento do Produto 11, o estudo será organizado em etapas complementares, abrangendo a consolidação dos estudos existentes, a caracterização do mercado e da demanda, a análise técnica das alternativas, as avaliações ambiental, econômico-financeira e jurídica, a análise de riscos e, por fim, a comparação dos cenários e proposição do modelo de negócio.

4.11.1 Consolidação dos estudos existentes e caracterização do empreendimento

Inicialmente, será realizado o levantamento, organização e análise dos estudos, projetos e demais informações produzidas anteriormente no âmbito do TCTF CE 004/2023, especialmente aqueles relacionados aos potenciais usos do rio Iguaçu. Essa etapa terá como finalidade estabelecer a base técnica do EVTEA-J, identificando as alternativas anteriormente estudadas, as premissas adotadas e as informações que necessitam de complementação ou atualização.

Também serão incorporados, quando pertinentes, resultados produzidos pelos demais produtos do atual Termo de Cooperação, principalmente aqueles relacionados à disponibilidade e segurança hídrica, condições ambientais, infraestrutura existente e intervenções previstas para o sistema.

A partir dessas informações será realizada a caracterização geral do empreendimento, contemplando sua inserção territorial, disponibilidade dos recursos hídricos associados, infraestruturas existentes e necessárias, condicionantes de implantação e possíveis interfaces com outros sistemas e projetos.

Essa consolidação constituirá a base para a definição dos cenários que serão submetidos às análises subsequentes, evitando a duplicação dos estudos anteriormente realizados e direcionando os esforços para os aspectos necessários à tomada de decisão.

4.11.2 Estudo de mercado e demanda

O estudo de mercado terá como objetivo avaliar a existência e a dimensão da demanda potencial associada às alternativas de aproveitamento comercial das águas do rio Iguaçu, fornecendo subsídios para a estimativa das receitas e para a avaliação da sustentabilidade econômica dos modelos de negócio.

Para tanto, serão identificados os potenciais usuários e áreas de influência de cada alternativa, considerando as características territoriais e econômicas relacionadas ao empreendimento. A análise deverá utilizar dados secundários disponíveis e, quando necessário, informações complementares obtidas junto aos agentes envolvidos.

Serão avaliados aspectos como demanda atual e potencial, horizonte de crescimento, localização dos possíveis usuários, requisitos associados à utilização da água e condições necessárias à disponibilização do recurso. A avaliação também deverá considerar a compatibilidade entre as demandas identificadas e a disponibilidade hídrica que possa ser destinada aos usos avaliados, sem comprometimento dos usos prioritários e das condições de segurança hídrica.

A partir desses elementos serão construídos cenários de demanda que servirão de referência para o dimensionamento preliminar das alternativas e para a elaboração das projeções econômico-financeiras.

4.11.3 Avaliação técnica das alternativas

A análise técnica terá como finalidade verificar a exequibilidade das alternativas identificadas e estabelecer os principais elementos necessários à sua implantação e operação.

Serão considerados os sistemas e infraestruturas associados à captação, condução, armazenamento e disponibilização da água, de acordo com as características de cada cenário avaliado. A análise deverá considerar as condições existentes, as

intervenções necessárias, as possíveis interferências e a compatibilidade das soluções com os demais projetos relacionados às Reservas Hídricas do Iguaçu.

Para cada alternativa serão estabelecidas premissas técnicas que permitam estimar os investimentos necessários, os requisitos operacionais e os respectivos custos de implantação, operação e manutenção.

A comparação técnica deverá considerar não apenas a possibilidade física de implantação das alternativas, mas também sua confiabilidade operacional, capacidade de atendimento à demanda prevista, flexibilidade para futuras ampliações e integração com a infraestrutura existente.

Ao final desta etapa serão consolidados os cenários tecnicamente viáveis que prosseguirão para as avaliações ambiental, econômica e jurídica.

4.11.4 Avaliação ambiental

A componente ambiental do EVTEA-J será desenvolvida com o objetivo de identificar os principais condicionantes, impactos e restrições relacionados à implantação e à operação das alternativas analisadas.

A avaliação considerará as características ambientais das áreas potencialmente afetadas, as intervenções previstas nos recursos hídricos e as interfaces com áreas ambientalmente protegidas ou sensíveis eventualmente identificadas ao longo dos estudos.

Também serão avaliadas, em nível compatível com a etapa de viabilidade, as necessidades relacionadas ao licenciamento ambiental, às outorgas de uso ou intervenção em recursos hídricos e às demais autorizações aplicáveis a cada alternativa.

Os aspectos ambientais serão incorporados à comparação dos cenários, de forma que alternativas com maiores restrições, impactos ou complexidade de licenciamento possam ser avaliadas conjuntamente com seus benefícios técnicos e econômicos.

4.11.5 Avaliação econômico-financeira

A análise econômico-financeira será realizada a partir dos investimentos, custos operacionais, projeções de demanda e receitas estimadas para cada uma das alternativas consideradas tecnicamente viáveis.

Inicialmente serão estimados os custos de implantação das infraestruturas necessárias, bem como os custos associados à operação, manutenção e eventual reposição de ativos. Em paralelo, as informações provenientes do estudo de mercado permitirão estimar as receitas potenciais associadas ao aproveitamento comercial considerado em cada cenário.

Com base nesses elementos serão elaboradas projeções de fluxo de caixa para um horizonte temporal compatível com as características do empreendimento e dos modelos de negócio analisados.

A comparação econômico-financeira poderá considerar indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), período de retorno do investimento (payback) e demais parâmetros que se mostrarem adequados à avaliação. Também poderão ser realizadas análises de sensibilidade, permitindo verificar o comportamento dos resultados diante de alterações em variáveis relevantes, como investimento, custos operacionais, demanda e receitas.

A análise terá por finalidade verificar a capacidade de sustentação econômico-financeira de cada alternativa e fornecer subsídios objetivos para sua comparação.

4.11.6 Avaliação jurídica e institucional

A avaliação jurídica deverá analisar a viabilidade dos diferentes modelos de implementação e exploração considerados no estudo, identificando os instrumentos legais e institucionais aplicáveis a cada alternativa.

Serão avaliadas as competências e atribuições da SANEPAR relacionadas aos modelos propostos, as relações necessárias com os demais órgãos públicos e entidades envolvidas, bem como as condições jurídicas necessárias ao aproveitamento comercial considerado.

A análise contemplará ainda os possíveis arranjos para execução e operação do empreendimento. Deverão ser consideradas alternativas relacionadas à execução direta pela Companhia, à locação de ativos e à participação privada mediante estruturas de parceria.

Para cada cenário serão identificados os principais requisitos jurídicos, procedimentos administrativos, responsabilidades entre os agentes envolvidos e eventuais limitações ou condicionantes à sua implementação.

Também serão identificadas as interfaces institucionais necessárias para o desenvolvimento do empreendimento, permitindo estabelecer quais entidades deverão participar das etapas posteriores de planejamento, licenciamento, contratação, implantação e operação.

A incorporação dessa análise ao EVTEA-J é particularmente importante para que a alternativa selecionada seja simultaneamente viável sob os pontos de vista técnico e econômico e juridicamente implementável.

4.11.7 Modelagem do negócio

Com base nas análises anteriores serão estruturados e comparados os possíveis modelos de negócio para implementação das alternativas consideradas viáveis. Serão estudados diferentes arranjos de participação e financiamento, contemplando, inicialmente, três grandes cenários: investimento e operação direta pela SANEPAR; estruturas envolvendo locação de ativos e financiamento associado; e participação privada por meio de modelos de parceria.

Para cada modelo deverão ser avaliadas a participação dos agentes envolvidos, as responsabilidades relativas ao investimento, implantação, operação e manutenção, as possíveis fontes de receita e a distribuição dos principais riscos.

A modelagem também deverá considerar a capacidade de cada arranjo de viabilizar os investimentos necessários sem comprometer os objetivos institucionais e de segurança hídrica associados ao projeto.

A partir dessa análise será possível identificar quais formas de estruturação apresentam melhores condições para implantação do empreendimento e quais deverão ser aprofundadas em etapas posteriores.

4.11.8 Análise de riscos

A análise de riscos será desenvolvida de forma transversal às diferentes componentes do EVTEA-J, permitindo identificar fatores capazes de comprometer a implantação ou o desempenho das alternativas.

Serão considerados, entre outros, riscos associados à disponibilidade hídrica, variações da demanda, custos de implantação e operação, desempenho das infraestruturas, licenciamento e autorizações, aspectos ambientais, estrutura de financiamento e modelo de negócio.

Também serão considerados os riscos relacionados à participação dos agentes envolvidos e à estrutura jurídica e institucional necessária para implementação das alternativas.

Os riscos identificados serão avaliados quanto à sua relevância e incorporados ao processo de comparação dos cenários, permitindo verificar não apenas sua rentabilidade ou viabilidade técnica, mas também o grau de incerteza associado à sua implementação.

4.11.9 Avaliação das alternativas e definição do modelo recomendado

Por fim, os resultados das avaliações técnica, econômica, ambiental e jurídica serão consolidados para a comparação das alternativas.

A análise buscará identificar os benefícios, custos, limitações, oportunidades e riscos associados a cada cenário, possibilitando estabelecer sua adequação aos objetivos estratégicos da SANEPAR e do Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu.

Além dos resultados econômico-financeiros, serão considerados aspectos relacionados à segurança hídrica, viabilidade de implantação, impactos ambientais, complexidade institucional e jurídica e capacidade de implementação do modelo de negócio.

A partir dessa avaliação será indicada a alternativa ou conjunto de alternativas consideradas mais adequadas para aprofundamento, bem como o modelo de negócio recomendado e as principais ações necessárias para sua continuidade.

O Produto 11 será concluído com a consolidação dessas informações no EVTEA-J, que servirá como instrumento de suporte à tomada de decisão da SANEPAR quanto à possibilidade de aproveitamento e exploração comercial dos potenciais usos do rio Iguaçu.

4.12 GEOSERVER (WEBSIG) (P12)

O Geoserver é um produto tecnológico de interface digital entre navegadores de internet por meio de celulares e ou computadores, conectados a uma base de dados geográficos que contém os produtos cartográficos, metadados, imagens, tabelas, documentos e relatórios desenvolvidos durante o Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu.

O Geoserver é um sistema denominado WEBSIG, ou seja, sistema de informação geográfica online que permite sua interação através de navegadores conectados à internet, onde é possível visualizar e interagir com os dados armazenados em um banco de dados geográficos que centraliza e disponibiliza os produtos e informações elaborados durante o projeto. Também é possível acessar e baixar os dados em diferentes formatos facilitando a interoperabilidade das informações com suas respectivas utilizações.

O desenvolvimento desse produto contempla a elaboração de um sistema WebSIG, composto, basicamente, por um banco de dados espaciais e diversas bibliotecas e frameworks especializados em GIS. As informações são demonstradas e manipuladas por um *front-end*, sendo tudo isso orquestrado por uma aplicação *back-end*, acessada por meio de um navegador web padrão.

A modelagem inicial permitirá a definição dos requisitos funcionais, bem como a escolha de um modelo arquitetural. Faz-se necessária a padronização dos dados e das informações que serão inseridos no banco de dados geográficos que serão acessados através do WebSIG, incluindo formatos geográficos como dados vetoriais, matriciais, tabelas de atributos, dados relacionais, documentos de apoio.

O sistema WebSIG será desenvolvido de forma a obter os seguintes requisitos funcionais:

- Autenticação e Acesso
 - O sistema deve permitir que o usuário realize login por meio de usuário e senha.
- Visualização de Progresso
 - O sistema deve ter uma área de visualização do progresso e das etapas realizadas do projeto.
- Visualização de Relatórios
 - O sistema deve ter uma área para acesso aos relatórios do projeto.
- Visualização de Mapas
 - O sistema deve permitir a visualização de mapas interativos no navegador.
 - O sistema deve permitir Zoom, Pan (arrastar) e navegação pelas camadas do mapa.
 - O sistema deve permitir a sobreposição de múltiplas camadas (*layers*) simultaneamente.
- Suporte a Formatos de Dados
 - O sistema deve suportar a exibição de arquivos vetoriais (SHP), Raster (GeoTIFF, MDE).
- Gerenciamento de Camadas (*Layers*)
 - O sistema deve permitir ativar/desativar a visibilidade de cada camada.
 - O sistema deve permitir reordenar a exibição das camadas.
- Análise Espacial
 - O sistema deve permitir medições no mapa (distância e área).
 - O sistema deve permitir a visualização de informações/atributos ao clicar em um elemento do mapa.
- Download de Dados
 - O sistema deve permitir que o usuário baixe camadas/dados em formatos compatíveis (ex: SHP, DWG, KMZ, GeoTIFF, PDF).

Os produtos cartográficos desenvolvidos são armazenados em um servidor próprio durante a execução do projeto, os quais ficam disponíveis através do WebSIG. Ao final do contrato, os dados podem ser transferidos para um servidor próprio da Contratante, a qual terá poder administrativo sobre o sistema WebSIG, e seus bancos de dados autonomamente.

Serão definidas características dos requisitos não funcionais do sistema conforme sua implantação, como desempenho para interagir com arquivos com tamanhos gigantes, e suas formas de exibição, a segurança do sistema, com camadas de autenticação e permissões de acesso conforme a sensibilidade dos dados, desenvolvimento de usabilidade para facilitar a curva de aprendizado do usuário como manipular *layers* e facilidade na exibição dos dados, bem como realizar operações básicas de visualização e download sem a necessidade de treinamento.

Outras características importantes são: confiabilidade e disponibilidade para que o sistema esteja acessível por tempo integral; poder de escalabilidade, ou seja, capacidade de suportar acessos simultâneos de até 25 usuários sem perda significativa de desempenho; e que o sistema tenha fácil manutenção, compatibilidade e interoperabilidade com outros sistemas de informação geográfica bem como sistemas operacionais.

5 FLUXOGRAMAS DOS PRODUTOS

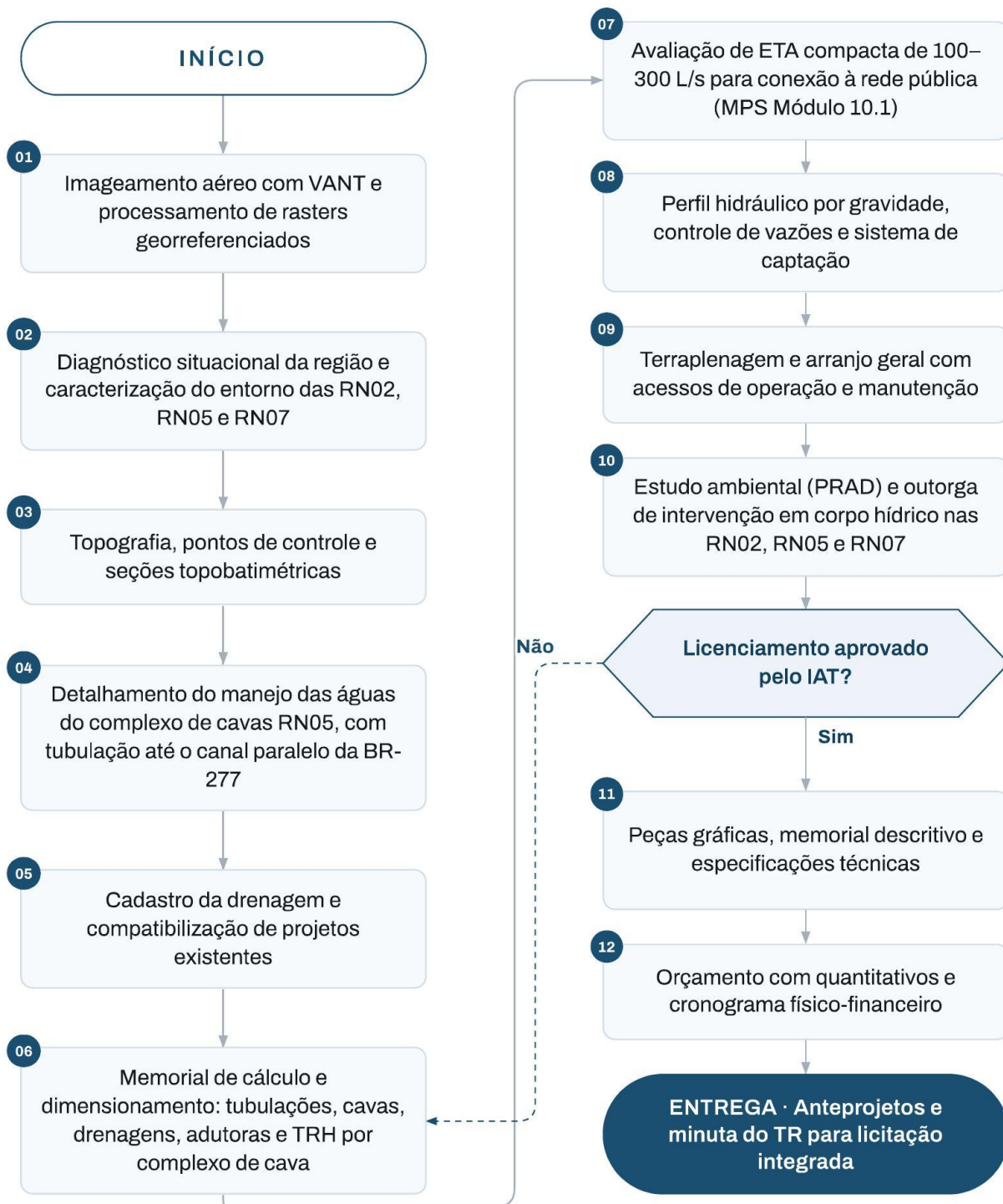
A seguir são apresentados fluxogramas resumindo as principais etapas que serão desenvolvidas em cada Produto.

FIGURA 8 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 01

PRODUTO 01

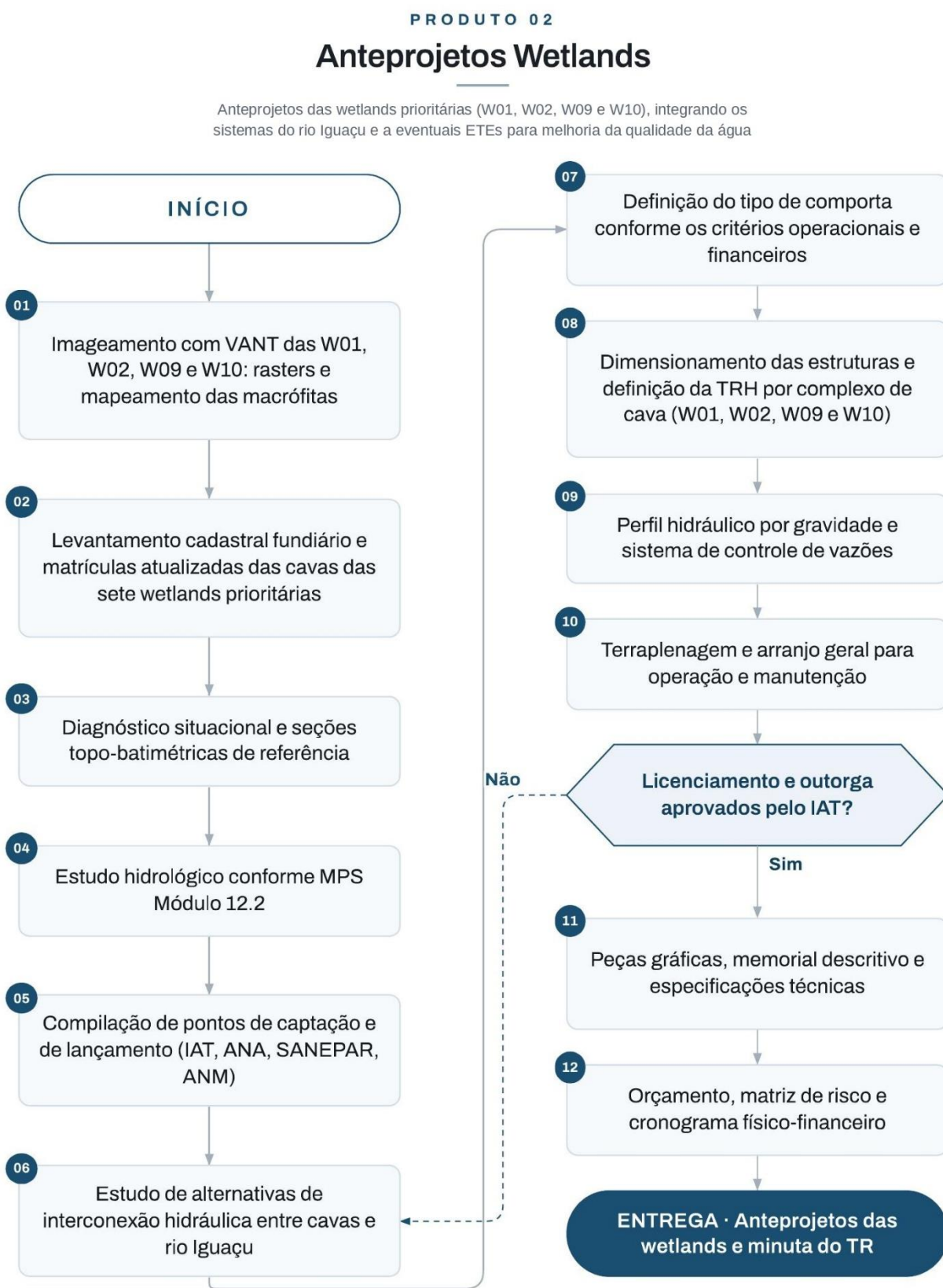
Anteprojetos Reservas Naturais

Anteprojetos, orçamentos, matriz de risco e minuta de TR para a implantação dos complexos de cavas RN02, RN05 e RN07, com foco na segurança hídrica e resiliência do SAA Iguaçu



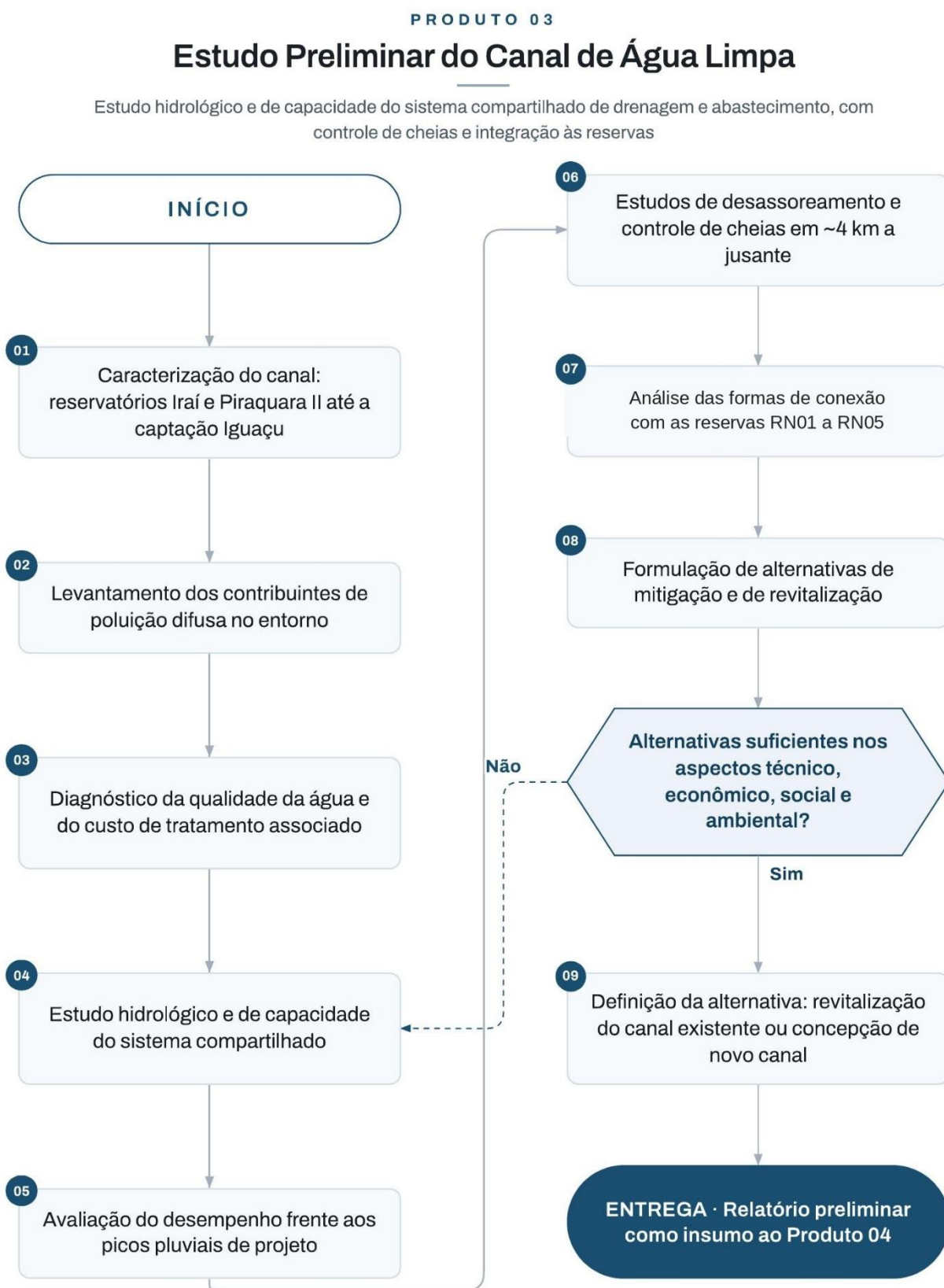
INTERFACES P02, P03, P04, P07, P09

FIGURA 9 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 02



INTERFACES P01, P03, P04, P07, P08

FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 03



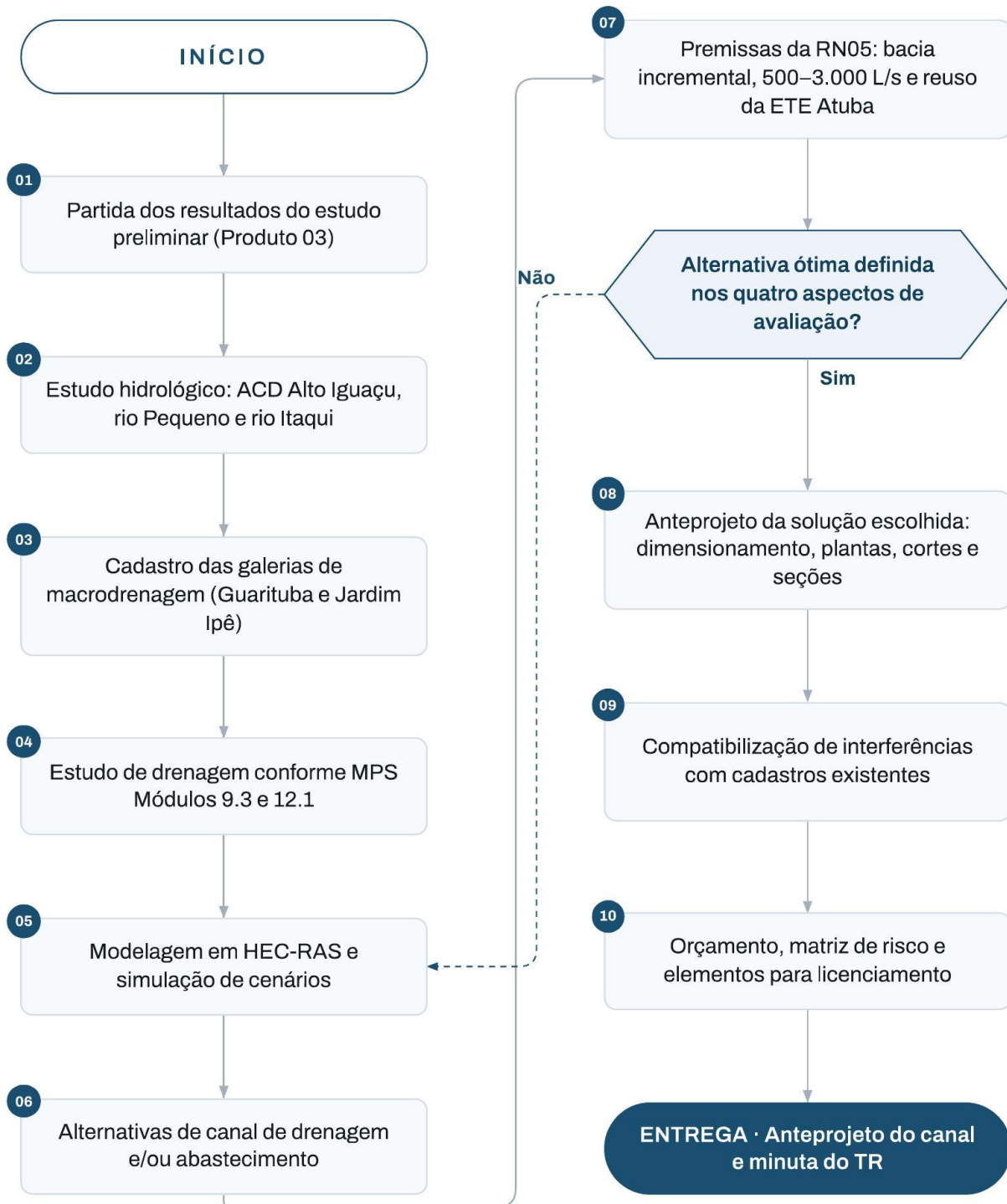
INTERFACES P01, P02, P04, P09

FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 04

PRODUTO 04

Alternativas e Anteprojeto do Canal de Água Limpa

Seleção da melhor alternativa e anteprojeto das infraestruturas de drenagem e abastecimento, compatibilizados com as Reservas Hídricas



INTERFACES P01, P03, P09, P12

FIGURA 12 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 05

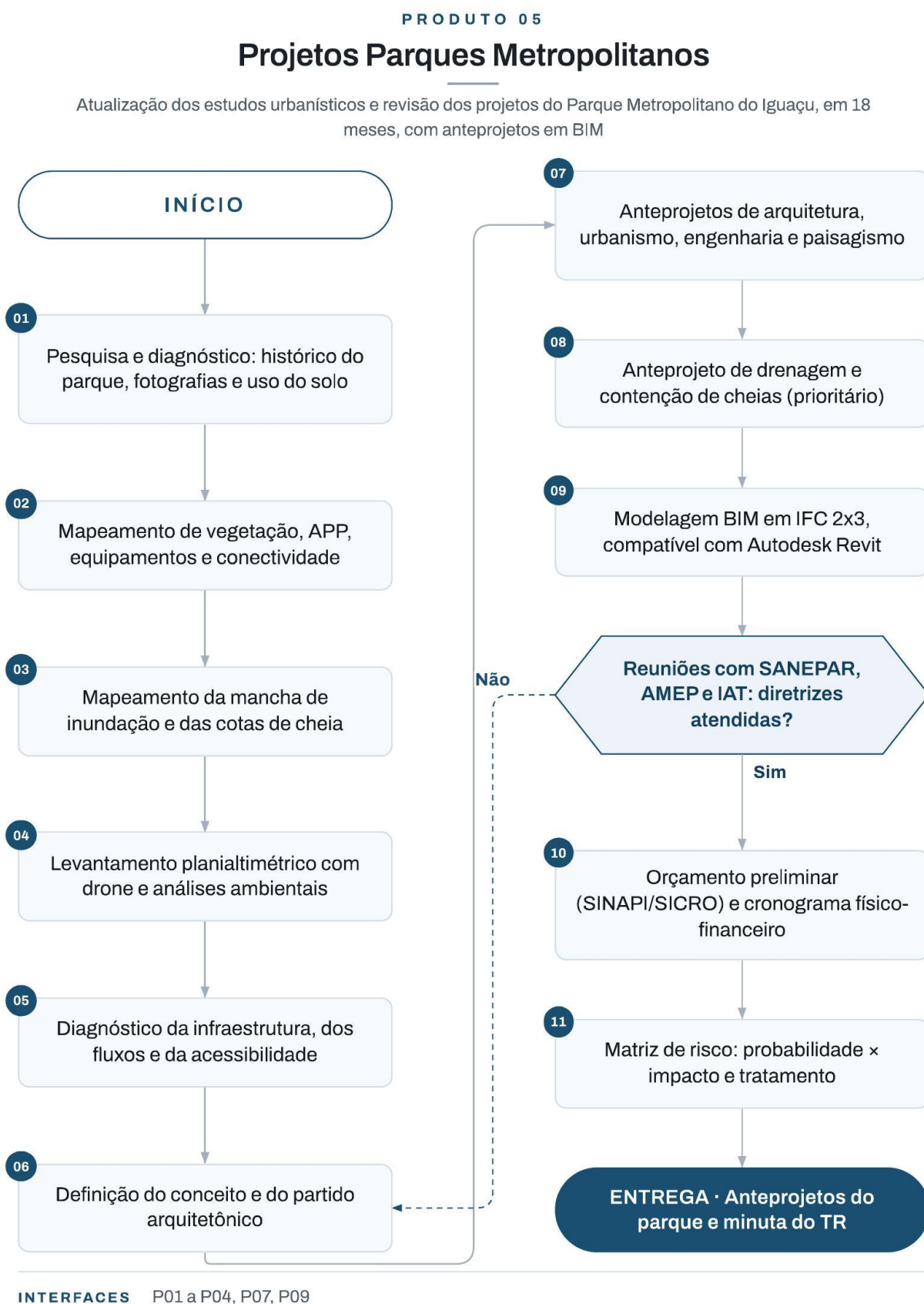


FIGURA 13 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 06

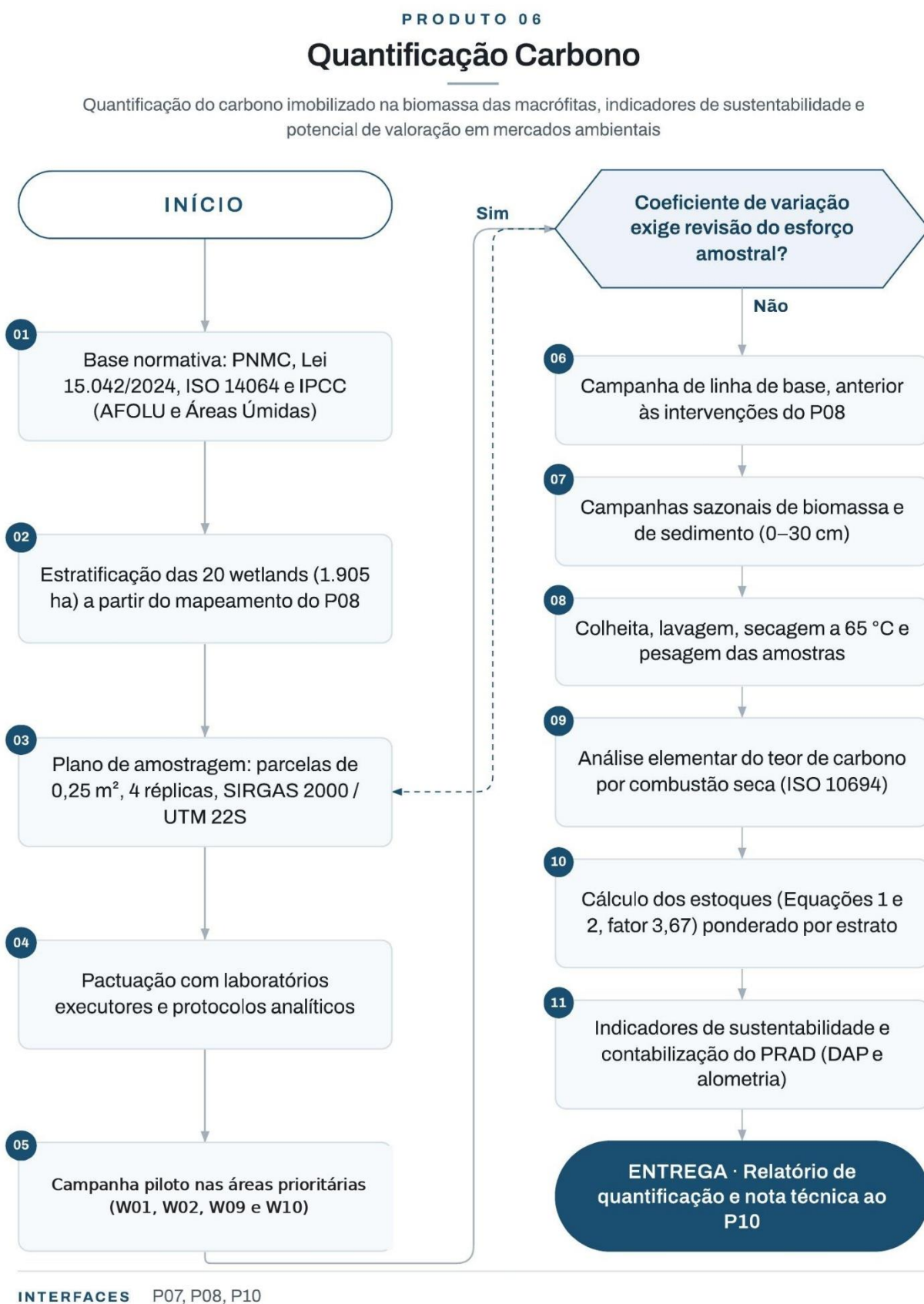
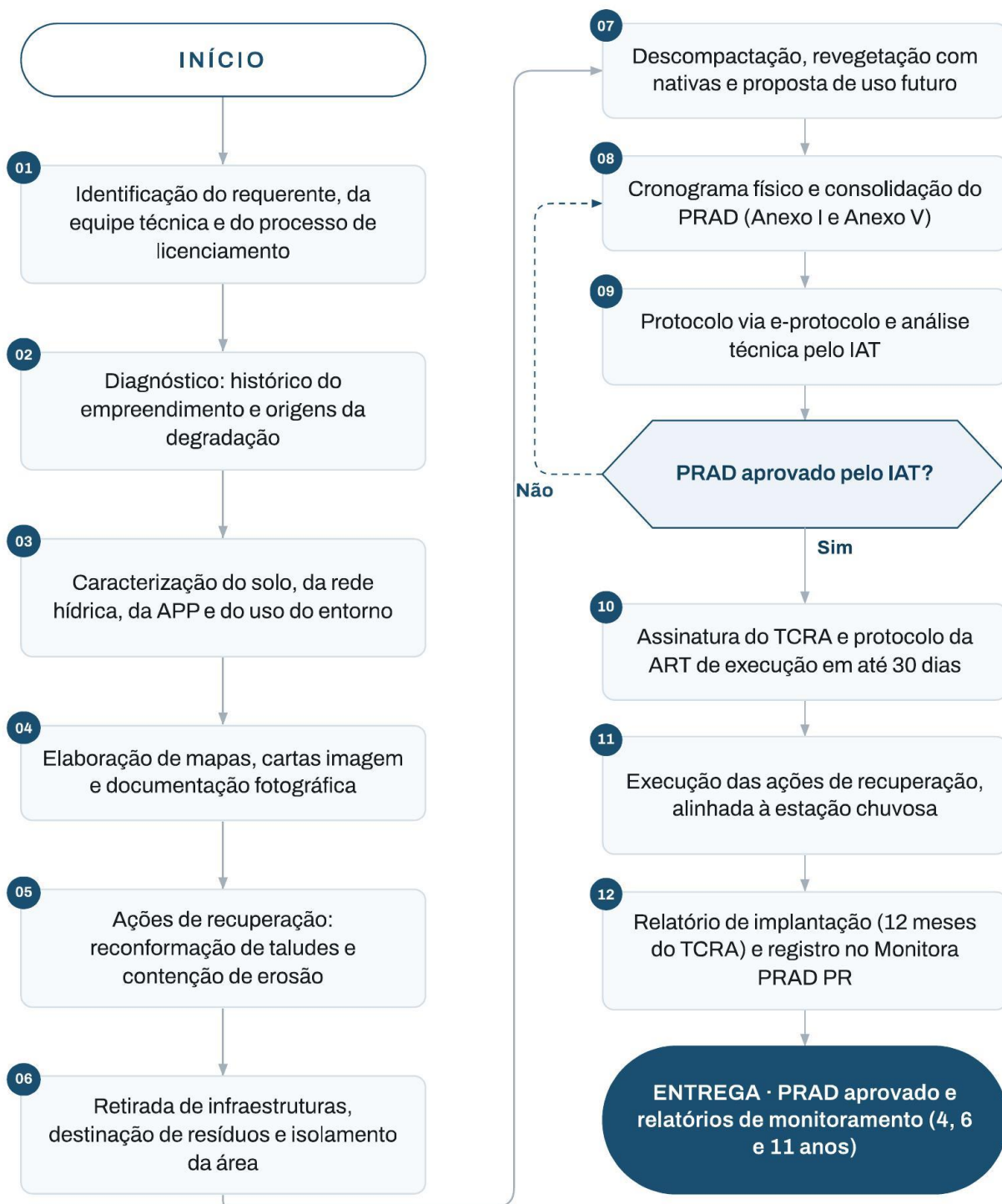


FIGURA 14 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 07

PRODUTO 07

Projetos de Restauração (PRAD)

PRAD das cavas desativadas em APP, conforme IN IAT nº 43/2025 e Portaria IAT nº 17/2025, entre os meses 9 e 20 do projeto



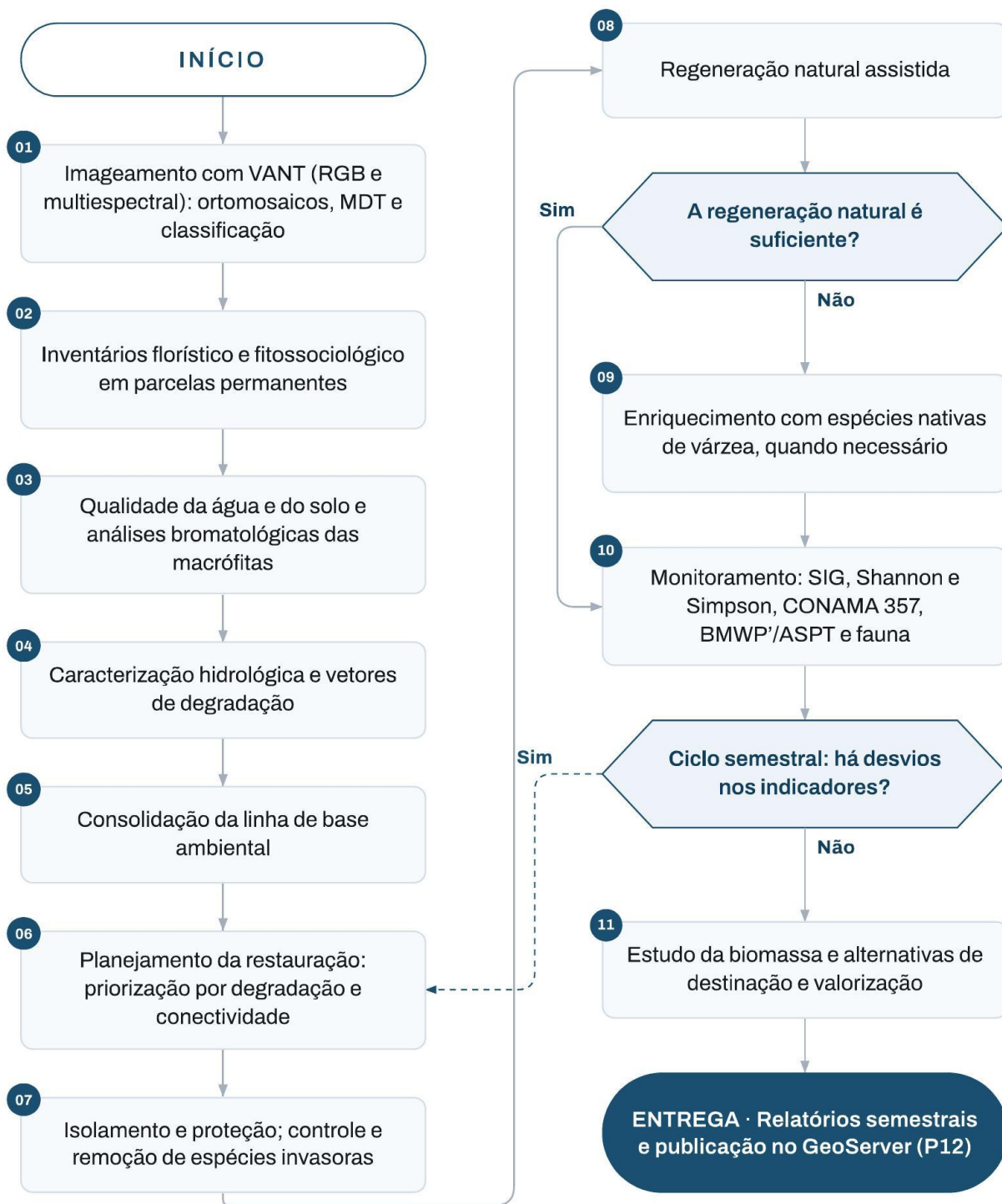
INTERFACES P01, P02, P06, P10

FIGURA 15 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 08

PRODUTO 08

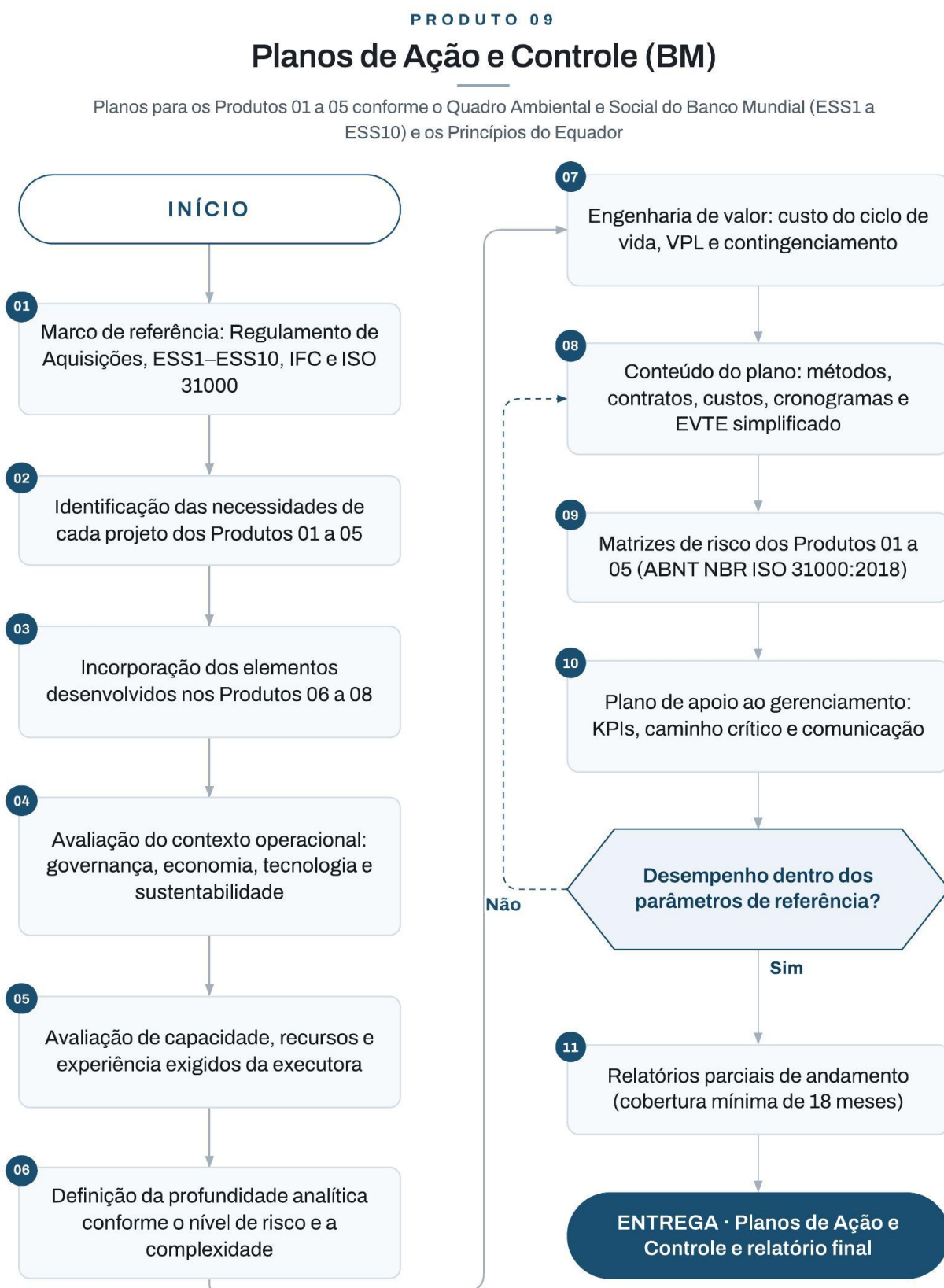
Gestão Adaptativa das Wetlands

Manejo adaptativo das áreas W01, W02, W09 e W10, com ajustes contínuos a partir dos indicadores ecológicos e hidrológicos monitorados



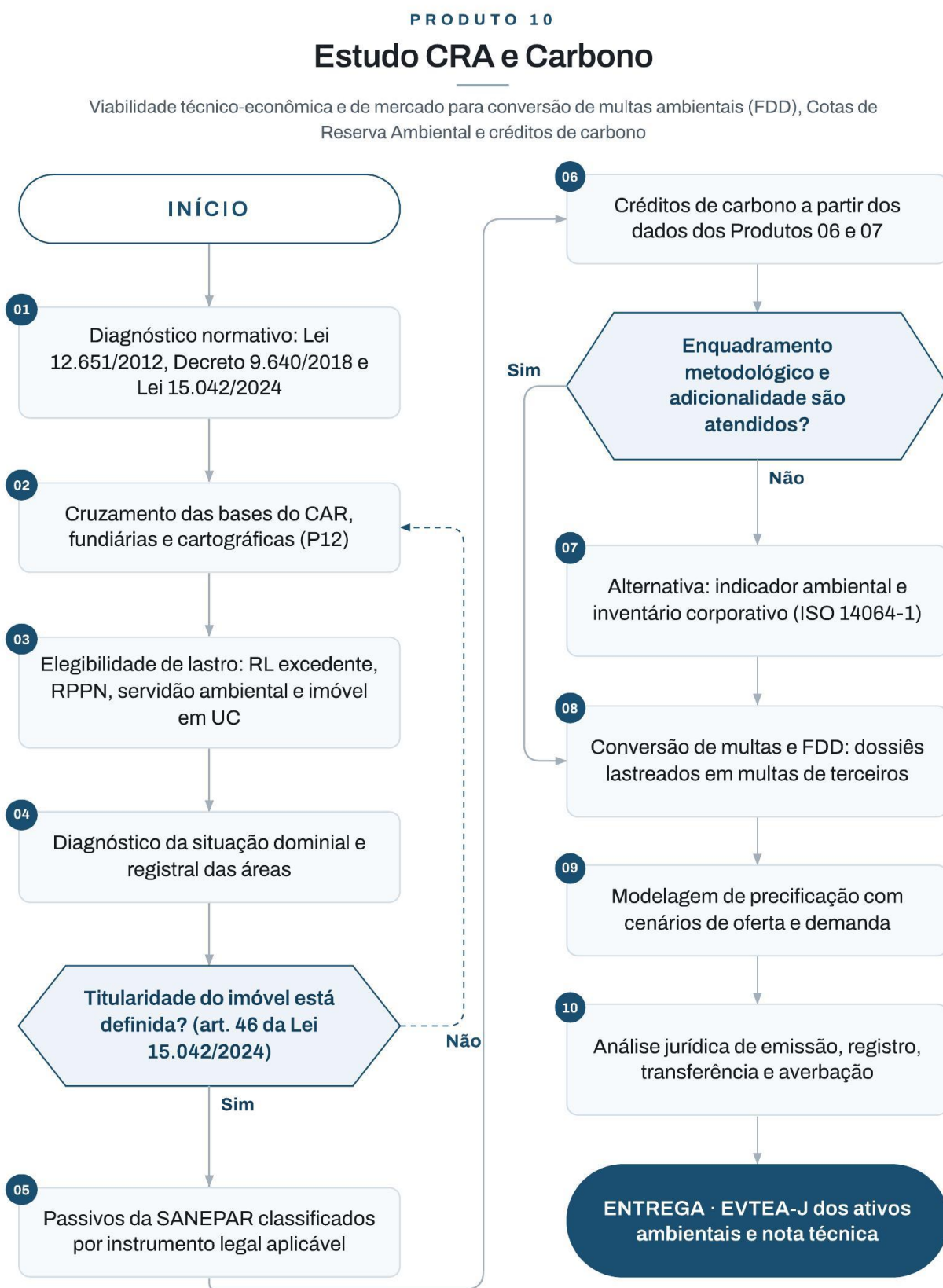
INTERFACES P02, P06, P12

FIGURA 16 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 09



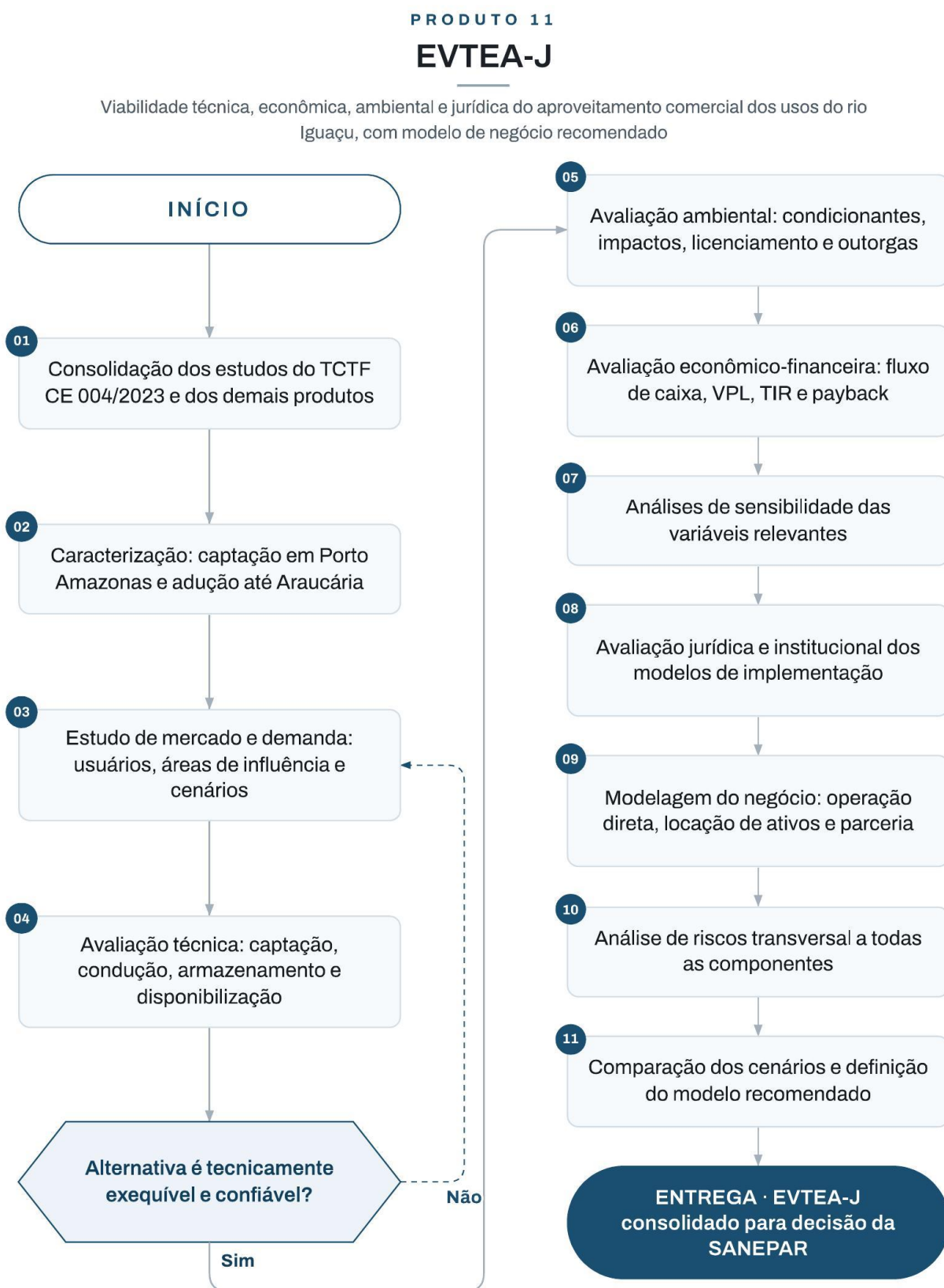
INTERFACES P01 a P08, P10, P11

FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 10



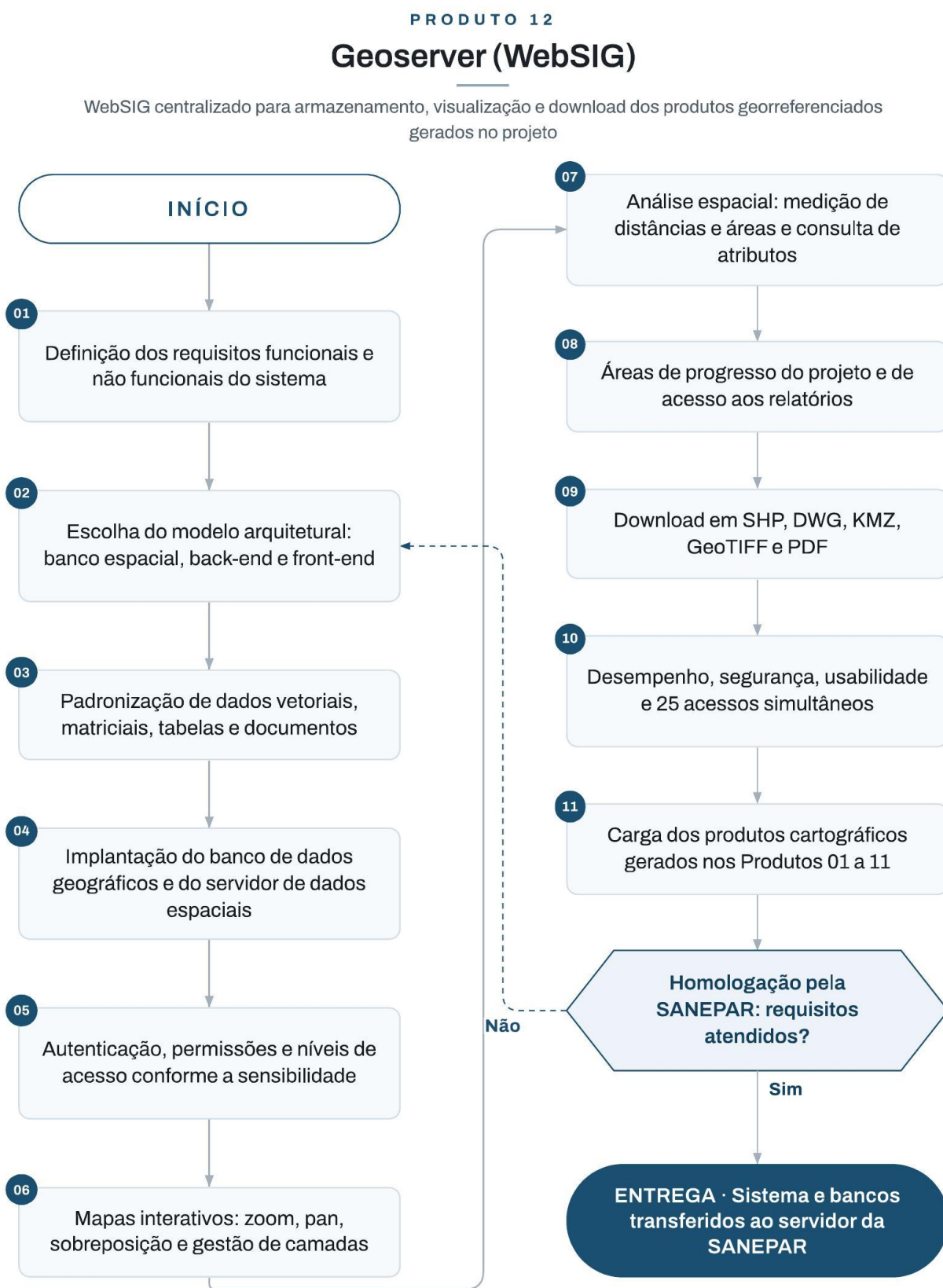
INTERFACES P06, P07, P09, P11, P12

FIGURA 18 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 11



INTERFACES P01 a P04, P09, P10

FIGURA 19 – FLUXOGRAMA DO PRODUTO 12



INTERFACES P01 a P11

6 ATUALIZAÇÃO DE CRONOGRAMA E PRODUTOS

O status resumido de andamento dos produtos é apresentado no QUADRO 11. O resumo das reuniões técnicas realizadas é apresentado no QUADRO 12. Considerando a evolução das atividades, apresenta-se uma atualização do cronograma físico no QUADRO 13. O cronograma físico-financeiro completo é apresentado no QUADRO 14, onde o valor de cada Produto foi distribuído da seguinte forma: 5% do valor global no momento inicial de mobilização e o saldo excedente dividido linearmente nos meses de execução das atividades.

QUADRO 11 – STATUS RESUMIDO DOS PRODUTOS.

PRODUTO	TÍTULO	STATUS DE ANDAMENTO
PRODUTO 1	Anteprojetos Reservas Naturais	Em elaboração
PRODUTO 2	Anteprojetos <i>Wetlands</i>	Em elaboração
PRODUTO 3	Estudo Preliminar do Canal de Água Limpa	Em elaboração
PRODUTO 4	Alternativas e Anteprojeto do Canal de Água Limpa	Em elaboração
PRODUTO 5	Projetos Parques Metropolitanos	Em elaboração
PRODUTO 6	Quantificação Carbono	Aguardando início
PRODUTO 7	Projetos de Restauração (PRAD)	Aguardando início
PRODUTO 8	Gestão Adaptativa das <i>Wetlands</i>	Aguardando início
PRODUTO 9	Planos de Ação e Controle (BM)	Aguardando início
PRODUTO 10	Estudo CRA e Carbono	Aguardando início
PRODUTO 11	EVTEA-J	Aguardando início
PRODUTO 12	Geoserver (WebSIG)	Aguardando início

QUADRO 12 – RESUMO DAS REUNIÕES TÉCNICAS REALIZADAS.

TÍTULO	DATA	ENTIDADES PARTICIPANTES	RESUMO DOS TRABALHOS
1ª Reunião Técnica	27/06/2026	UNILIVRE e SANEPAR	Instruções iniciais para a condução do projeto e elaboração do Relatório de Mobilização.

QUADRO 13 – CRONOGRAMA FÍSICO DOS PRODUTOS.

Produtos	Relatórios Mensais																																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Anteprojetos Reservas Naturais (P1)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
Anteprojetos Wetlands (P2)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Estudo Preliminar do Canal de Água Limpa (P3)	0	1	2	3	4	5	6	7																													
Alternativas e Anteprojeto do Canal de Água Limpa (P4)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Projetos Parques Metropolitanos (P5)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																		
Quantificação Carbono (P6)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Projetos de Restauração (PRAD) (P7)	0								8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19																	
Gestão Adaptativa das Wetlands (P8)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Planos de Ação e Controle (BM) (P9)	0								8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					
Estudo CRA e Carbono (P10)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
EVTEA-J (P11)	0								8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
Geoserver (WebSIG) (P12)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	

QUADRO 14 – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO.

PRODUTO	VALOR TOTAL R\$	PRAZO/ MESES	R00	R01	R02	R03	R04	R05	R06	R07	R08	R09	R10	R11
Produto 01 Anteprojetos Infraestrutura	740.164,00	12	37.008,20	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25	63.923,25
Produto 02 Anteprojetos Wetlands	420.356,00	12	21.017,80	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47	36.303,47
Produto 03 Estudo Preliminar Canal de Água Limpa	277.210,00	7	13.860,50	43.891,58	43.891,58	43.891,58	43.891,58	43.891,58	43.891,58					
Produto 04 Alternativas e Anteprojetos Canal de Água Limpa	335.324,00	6	16.766,20						63.711,56	63.711,56	63.711,56	63.711,56	63.711,56	
Produto 05 Projetos Parques Metropolitanos	344.242,00	18	17.212,10	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05
Produto 06 Quantificação Carbono	335.160,00	28	16.758,00								11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67
Produto 07 Projetos de Restauração (PRAD)	335.160,00	12	16.758,00								28.945,64	28.945,64	28.945,64	28.945,64
Produto 08 Gestão Adaptativa Wetlands	938.448,00	28	46.922,40								33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47
Produto 09 Planos de Ação e Controle	1.204.640,00	24	60.232,00								49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87
Produto 10 Estudo CRA e Carbono	268.128,00	24	13.406,40											
Produto 11 EVTEA-J	366.358,00	28	18.317,90								12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37
Produto 12 GeoServer (WebSIG)	402.192,00	32	20.109,60				12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24
Coordenação	314.636,00	35	15.731,80	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30
DOA	773.982,00	35	38.699,10	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97
Valor Total do Projeto	7.056.000,00	36	352.800,00	193.772,63	193.772,63	193.772,63	206.097,87	206.097,87	269.809,43	225.917,85	362.322,86	362.322,86	362.322,86	298.611,30

PRODUTO	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23
Produto 01 Anteprojetos Infraestrutura												
Produto 02 Anteprojetos Wetlands												
Produto 03 Estudo Preliminar Canal de Água Limpa												
Produto 04 Alternativas e Anteprojetos Canal de Água Limpa												
Produto 05 Projetos Parques Metropolitanos	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05	19.237,05						
Produto 06 Quantificação Carbono	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67
Produto 07 Projetos de Restauração (PRAD)	28.945,64	28.945,64	28.945,64	28.945,64	28.945,64	28.945,64	28.945,64					
Produto 08 Gestão Adaptativa Wetlands	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47
Produto 09 Planos de Ação e Controle	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87
Produto 10 Estudo CRA e Carbono	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85
Produto 11 EVTEA-J	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37
Produto 12 GeoServer (WebSIG)	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24
Coordenação	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30
DOA	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97
Valor Total do Projeto	209.459,42	209.459,42	209.459,42	209.459,42	209.459,42	209.459,42	190.222,37	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74

PRODUTO	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33	R34	R35
Produto 01 Anteprojetos Infraestrutura												
Produto 02 Anteprojetos Wetlands												
Produto 03 Estudo Preliminar Canal de Água Limpa												
Produto 04 Alternativas e Anteprojetos Canal de Água Limpa												
Produto 05 Projetos Parques Metropolitanos												
Produto 06 Quantificação Carbono	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	11.792,67	
Produto 07 Projetos de Restauração (PRAD)												
Produto 08 Gestão Adaptativa Wetlands	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	33.019,47	
Produto 09 Planos de Ação e Controle	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87	49.756,87					
Produto 10 Estudo CRA e Carbono	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	11.074,85	
Produto 11 EVTEA-J	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	12.890,37	
Produto 12 GeoServer (WebSIG)	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	12.325,24	
Coordenação	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	8.791,30	
DOA	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	21.625,97	
Valor Total do Projeto	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74	161.276,74	111.519,87	111.519,87	111.519,87	111.519,87	

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente **Relatório de Mobilização** apresenta as etapas metodológicas previstas para os 12 Produtos inseridos no projeto denominado “**Plano de Gestão das Reservas Hídricas do Iguaçu e Ações de Recuperação e Conservação Ambiental do Alto Iguaçu – Projeto Reservas Hídricas do Iguaçu**”, referente ao Termo de Cooperação Técnica, Científica e Financeira (TCTF) denominado **CE 05/2026-GHID**, celebrado entre a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e a Universidade Livre do Meio Ambiente (UNILIVRE).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14064-1**: gases de efeito estufa – parte 1: especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 31000**: gestão de riscos – diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BANCO MUNDIAL. **Regulamento de Aquisições para Mutuários de Operações de Financiamento de Projetos de Investimento (IPF)**. Washington, DC: Banco Mundial, 2016.

BANSAL, S. et al. Practical guide to measuring wetland carbon pools and fluxes. **Wetlands**, v. 43, n. 8, art. 105, 2023. DOI: 10.1007/s13157-023-01722-2.

BOISCLAIR, C.; JAMEUS, B. *The Global Economic Value of the Climate Regulation of Inland Wetland Ecosystems. Navigating Climate Economics: Perspectives for a Sustainable Future*. 2024.

BRASIL. **Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente e estabelece o processo administrativo federal para apuração destas infrações. Brasília, DF: Presidência da República, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 9.179, de 23 de outubro de 2017**. Altera o Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008, para dispor sobre a conversão de multas. Brasília, DF: Presidência da República, 2017.

BRASIL. **Decreto nº 9.640, de 27 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre a Cota de Reserva Ambiental. Brasília, DF: Presidência da República, 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.760, de 11 de abril de 2019**. Altera o Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008, para dispor sobre a conversão de multas ambientais. Brasília, DF: Presidência da República, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024**. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE). Brasília, DF: Presidência da República, 2024.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF: Presidência da República, 1981.

BRASIL. **Lei nº 9.008, de 21 de março de 1995**. Cria, na estrutura organizacional do Ministério da Justiça, o Conselho Federal de que trata o art. 13 da Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Brasília, DF: Presidência da República, 1995.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Brasília, DF: Presidência da República, 1998.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Ação Declaratória de Constitucionalidade nº 42 e Ações Diretas de Inconstitucionalidade nº 4.901, 4.902, 4.903 e 4.937**. Relator: Min. Luiz Fux. Brasília, DF: STF, 2018b.

BUTT, M. A.; ZAFAR, M.; AHMED, M.; SHAHEEN, S.; SULTANA, S. *Importance of biodiversity in wetlands*. In: BUTT, M. A. et al. *Wetland Plants: A Source of Nutrition and Ethno-medicines*. Cham: Springer, 2021. p. 55–74. DOI: 10.1007/978-3-030-69258-2_4.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977.

CONVENTION ON WETLANDS. *Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People*. Gland, Switzerland: Secretariat of the Convention on Wetlands, 2018. DOI: 10.69556/GWO-2018-eng.

EQUATOR PRINCIPLES ASSOCIATION. **Os Princípios do Equador (EP4)**. Londres: Equator Principles Association, 2020.

ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. *Typha domingensis* Pers. subject to interactions among water level and fire event in a tropical lagoon. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 3, p. 227-234, 2008.

GAO, C.; KNORR, K-H.; CHEN, H.; HE, Y. *Editorial: Disturbance, resilience, and restoration of wetlands*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 11, 1166223, 2023. DOI: 10.3389/fevo.2023.1166223.

HOWARD, J. et al. (ed.). **Coastal blue carbon**: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Arlington: Conservation International; IOC-UNESCO; IUCN, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução do Presidente nº 1, de 25 de fevereiro de 2005**. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro e adota o SIRGAS 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC guidelines for**

national greenhouse gas inventories: volume 4 – agriculture, forestry and other land use. Hayama: IGES, 2006.

INTERNATIONAL FINANCE CORPORATION. **Performance standards on environmental and social sustainability.** Washington, DC: IFC, 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10694:** soil quality – determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis). Genebra: ISO, 1995.

KAYRANLI, B. et al. Carbon storage and fluxes within freshwater wetlands: a critical review. **Wetlands**, v. 30, n. 1, p. 111-124, 2010.

LENHART, C. et al. *Design and hydrologic performance of a tile drainage treatment wetland in Minnesota, USA.* Water, Basel, v. 8, n. 12, 549, 2016. DOI: 10.3390/w8120549.

MELI, P.; HOLL, K. D.; REY BENAYAS, J. M.; JONES, H. P.; JONES, P. C.; MONTOYA, D.; MORENO-MATEOS, D. *A global review of past land use, climate, and active vs. passive restoration effects on forest recovery.* PLoS ONE, v. 12, n. 2, e0171368, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0171368.

MITSCH, W. J. et al. Wetlands, carbon, and climate change. **Landscape Ecology**, v. 28, p. 583-597, 2013.

PARANÁ. Instituto Água e Terra (IAT). Relatório da qualidade das águas da Bacia do Iguaçu (Baixo, Médio, Alto Iguaçu e Ribeira): período 2016 a 2023. Curitiba: Instituto Água e Terra, 2023.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. **Instrução Normativa nº 43**, de 19 de maio de 2025. Estabelece definições, critérios, diretrizes e procedimentos, para o licenciamento ambiental de empreendimentos minerários. Curitiba: IAT, 2025. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2025-05/instrucao_normativa_43-2025_-_republicacao_-_empreendimentos_minerarios_-_23.585.771-5.pdf. Acesso em: 11 ago. 2026.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. **Portaria nº 17**, de 15 de janeiro de 2025. Estabelece procedimentos para elaboração, análise, aprovação, execução e monitoramento de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas ou Alteradas (PRADs) em ecossistemas terrestres. Curitiba: IAT, 2025. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2025-06/portaria17de2025completa.pdf. Acesso em: 11 ago. 2026.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton:** aspectos ecológicos e metodológicos. São Carlos: RiMa, 2003.

PRASANYA, J.; KANMANI, S.; KUMAR, P. S. *A review of the wetland's restoration*

mechanisms and its economic and social benefits. Water Practice & Technology, v. 19, n. 11, p. 4355–4377, 2024. DOI: 10.2166/wpt.2024.241.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.

RATUCHNE, L. C. **Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2010.

SANQUETTA, C. R. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. **As florestas e o carbono**. Curitiba: UFPR, 2002. p. 119-140.

SCHMITZ, O. J. *Restoration of ailing wetlands. PLoS Biology*, v. 10, n. 1, e1001248, 2012. DOI: 10.1371/journal.pbio.1001248.

THE NATURE CONSERVANCY. *Saving Wetland Wonders: Protecting New York's Wetlands. The Nature Conservancy*, 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). “*Wetlands and Biodiversity*” *is the theme for World Wetlands Day 2020*. Nairobi: UNEP, 2020.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). *Strengthening synergies: climate change mitigation benefits from achieving global biodiversity targets. Cambridge: United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre*, 2022.

VERRA. **VM0033**: methodology for tidal wetland and seagrass restoration, version 2.1. Washington, DC: Verra, 2023.

WORLD BANK. **Environmental and social framework**. Washington, DC: World Bank, 2017.

XU, Jiaxing; YIN, Pengcheng; HU, Wenmin. *Assessing the ecological regime and spatial spillover effects of a reclaimed mining subsided lake: a case study of the Pan'an Lake wetland in Xuzhou*. PLOS ONE, v. 15, n. 8, e0238243, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0238243.