



Avaliação da Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira

**Estudo, Diagnóstico e Alternativas de
Melhoria Ambiental na Lagoa das Docas,
em Florianópolis/SC**

Sumário

1.	APRESENTAÇÃO.....	5
1.1.	DADOS DO EMPREENDEDOR.....	7
1.2.	DADOS DA EMPRESA CONSULTORA.....	7
1.3.	DADOS DA EQUIPE TÉCNICA.....	9
2.	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
3.	ALTERNATIVAS PROPOSTAS	13
4.	ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA	26
4.1.	CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES SANITÁRIOS	26
4.1.1.	Ampliação e melhoria da rede coletora de esgoto	26
4.1.2.	Implantação de soluções descentralizadas de tratamento de esgoto	29
4.2.	MITIGAÇÃO DO ASSOREAMENTO E RECUPERAÇÃO HIDROSEDIMENTAR	32
4.3.	MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA	34
4.3.1.	Recuperação e Manutenção da Rede de Microdrenagem.....	35
4.3.2.	Implantação de Estruturas de Retenção e Infiltração	36
4.3.3.	Gestão de Resíduos Sólidos.....	37
4.4.	RESTAURAÇÃO DA MATA CICLIAR, MANGUEZAIS E APPS.....	39
4.4.1.	Recomposição da Vegetação Ciliar e do Manguezal	39
4.4.2.	Controle do Uso do Solo e Regularização de Ocupações em APPs	41
4.5.	ORDENAMENTO TERRITORIAL, FISCALIZAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	42
4.5.1.	Delimitação de Faixa de Proteção	42
4.5.2.	Fiscalização do Uso e Ocupação do Solo	44
4.5.3.	Programa Comunitário “EcoDocas”	45
4.5.4.	Comunicação Social e Campanhas de Sensibilização	46
4.6.	AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE	47
4.6.1.	Metodologia da Matriz de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira	52
5.	CONCLUSÕES	58
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
	ANEXOS.....	61

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da área de estudo na região da Lagoa das Docas.	10
Figura 2. Porções norte e sul da Lagoa das Docas sobre ortomosaico elaborado por PROSUL (2024).	12
Figura 3. Distribuição da rede de esgoto e classificação de imóveis quanto à adequação das inspeções realizadas.	14
Figura 4. Pontos de possível lançamento de esgoto identificados em campo.	16
Figura 5. Pontos de monitoramento de água superficial propostos para a Lagoa das Docas.	18
Figura 6. Registro de tubulação exposta e colapsada.	21
Figura 7. Ponto de extravasamento de tubulação de drenagem pluvial ou sanitária danificada e parcialmente afogada em área de manguezal.	21
Figura 8. Ocupações às margens do Rio Sanga dos Bois.	22
Figura 9. Ocupações às margens da Lagoa.	22

Lista de Quadros

Quadro 1. Dados do órgão contratante, Prefeitura Municipal de Florianópolis.....	7
Quadro 2. Dados da empresa de consultoria ambiental.....	8
Quadro 3. Custo preliminar das alternativas propostas.....	49
Quadro 4. Resumo do custo preliminar das alternativas propostas.....	52
Quadro 5. Intervalo considerados para cada classe.....	54
Quadro 6. Escala de Viabilidade Aplicada à Avaliação das Alternativas.	54
Quadro 7. Matriz de classificação das Medidas Propostas para a Recuperação da Lagoa das Docas.....	55

1. APRESENTAÇÃO

A Lagoa das Docas, localizada no norte da ilha de Santa Catarina, é um corpo hídrico dinâmico, que recebe influência de cursos d'água e da água do mar, sendo classificada, portanto, como uma laguna. A laguna faz parte do sistema lagunar-praial de Ponta das Canas, situado entre as praias de Cachoeira do Bom Jesus e Canasvieiras. Sua formação ocorreu de forma natural pela deposição sedimentar recente associada à dinâmica costeira. Neste documento, a referência ao corpo hídrico em análise será realizada por “laguna” ou “Lagoa das Docas”.

O desenvolvimento da laguna, associado a episódios de alargamento e adelgaçamento da faixa de areia, afetam sobremaneira o uso e ocupação do solo e motivam a intervenção antrópica sobre os recursos hídricos na área. A realização de dragagens, abertura de canais, remobilização de sedimentos e combate ao avanço natural dos manguezais são exemplos de interferências (CARDOSO, 2017) ocorridas na área, que sofre influência das marés e correntes oceânicas formando cordões arenosos que isolam a massa d'água da Lagoa das Docas.

Além da dinâmica oceânica, desaguam na laguna cursos d'água e canais de drenagem, adicionando a contribuição sedimentar da área continental, bem como contaminação por esgotos domésticos provenientes de lançamento direto ou de sistemas sépticos mal projetados e/ou executados (ARAÚJO FILHO, 2008). Assim como grande parte do município de Florianópolis, o crescimento urbano e a ocupação do solo no distrito da Cachoeira do Bom Jesus ocorreram sem um devido planejamento urbano, resultando em construções edificadas sem a necessária infraestrutura, como rede coletora de esgotos e sistema de abastecimento de água, o que sobrecarregou qualitativa e quantitativamente os corpos d'água locais.

A degradação da Lagoa das Docas impulsionou ao longo dos anos a implementação do saneamento básico nos bairros Cachoeira do Bom Jesus, Lagoinha do Norte e Ponta das Canas. Assim, foi estabelecida a rede de coleta de esgoto sanitário pública operada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), havendo também na região estações elevatórias e redes de micro e macrodrenagem. Contudo, essas ações ainda podem ser consideradas insuficientes, tendo em vista que o acompanhamento periódico da qualidade das águas da Lagoa das Docas apresenta resultados por vezes desfavoráveis, estando o manancial a ser diagnosticado e estudado em diferentes graus de antropização.

Dessa forma, esse documento faz parte do **Estudo, Diagnóstico e Alternativas de Melhoria Ambiental na Lagoa das Docas, em Florianópolis**, que tem o objetivo de estabelecer o diagnóstico ambiental atual da Lagoa das Docas e avaliar ações para mitigar os impactos ambientais negativos causados pela urbanização e pelo conseqüente despejo de efluentes sanitários na laguna.

Em consonância com o Edital de Pregão Eletrônico Nº 427/SMLCP/SULIC/2023, o Contrato Nº 407/FLORAM/2024 e a Ordem de Serviço 001 - 407/2024, o estudo está dividido em quatro etapas, como segue:

- Etapa 1 - Diagnóstico da Situação Atual: estudo de caracterização ambiental da área, compreendendo a delimitação da bacia hidrográfica, estudos hidrográficos e hidrogeológicos e a verificação da qualidade da água e caracterização da vegetação na área;
- Etapa 2 - Identificação de Alternativas de Recuperação: estudo de possíveis soluções para a melhoria e recuperação da qualidade da água superficial/subterrânea na Lagoa das Docas;
- Etapa 3 - Avaliação da Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira: análise das alternativas propostas a fim de definir a melhor solução, considerando aspectos físicos, sanitários, ambientais, urbanísticos e de infraestrutura e econômico-sociais;
- Etapa 4 - Relatório Consolidado Final: integração dos documentos apresentados nas etapas anteriores e considerações finais.

Este documento refere-se à **Etapa 3 - Avaliação da Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira**, considerando as possíveis soluções para recuperação da qualidade da água da Lagoa das Docas identificadas na etapa 2 de Identificação de Alternativas de Recuperação.

1.1. DADOS DO EMPREENDEDOR

A Prefeitura Municipal de Florianópolis (A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, a qual compõe a estrutura organizacional da administração pública direta, sendo a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM) órgão vinculado a esta Secretaria, é a responsável por coordenar e gerir os processos e políticas relacionadas ao meio ambiente e temas associados.

Quadro 1) é o órgão de poder executivo responsável pela administração pública do município de Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, e que conta atualmente como chefe do Poder Executivo, o Prefeito Topázio Silveira Neto.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, a qual compõe a estrutura organizacional da administração pública direta, sendo a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLORAM) órgão vinculado a esta Secretaria, é a responsável por coordenar e gerir os processos e políticas relacionadas ao meio ambiente e temas associados.

Quadro 1. Dados do órgão contratante, Prefeitura Municipal de Florianópolis.

	
Identificação	Prefeitura Municipal de Florianópolis
Endereço	Avenida Prefeito Osmar Cunha, 77, Centro, Florianópolis/SC – CEP 88.015-100
Prefeito	Topázio Silveira Neto
Secretaria	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimentos Sustentável (SMMADS)
Secretário	Alexandre Waltrick Rates
Órgão Contratante	Fundação Municipal do Meio Ambiente (FLORAM)
Presidente	Alexandre Waltrick Rates
Fiscal de Contrato/ Contato	Luca Bonaspetti Caprara
	luca.smma@pmf.sc.gov.br
	Victor Ybarzo Fechine
	victor.smma@pmf.sc.gov.br

1.2. DADOS DA EMPRESA CONSULTORA

A empresa CARUSO, inscrita no CNPJ sob o nº 02.550.302/0001-69, no CTF/AIDA nº 3.917/98, no CREA/SC nº 048.059-8, no CREA 3ª Região (SC e RS) e CRBio nº 030458-03/2007, é representada por seu sócio-diretor, geólogo Francisco Caruso Gomes Júnior, inscrito no CPF/MF sob o nº 543.640.517-72 e com registro no CREA/SC nº 26.850-0.

A empresa se dedica à prestação de serviços e consultoria nas áreas de meio ambiente, oceanografia, biologia, geologia, engenharia e mineração. O objetivo maior da empresa tem sido atender à crescente demanda de empreendimentos públicos e privados, entre as quais destacam-se obras costeiras

(portos, molhes e emissários submarinos), empreendimentos turísticos (condomínios e marinas), industriais (plantas fabris e aterros industriais) e de energia (linhas de transmissão, subestações e usinas), atividades econômicas consideradas essenciais para o desenvolvimento nacional (Quadro 2).

Quadro 2. Dados da empresa de consultoria ambiental.

 Soluções Ambientais & Tecnológicas	
Nome ou Razão Social:	CARUSO Soluções Ambientais & Tecnológicas
CNPJ:	02.550.302/0001-69
CTF/Ibama:	35.432
Endereço:	Rua Dom Jaime Câmara, no 170 – 12º andar, Centro. CEP: 88.015-120 – Florianópolis/SC.
Telefone:	(48) 3223-4620
E-mail:	contato@carusojrea.com.br
Representante legal:	Dr. Francisco Caruso Gomes Júnior
Gerente do projeto	Jamerson Rodrigo dos Prazeres Campos
E-mail:	rodrigo@carusojrea.com.br
CPF:	886.619.972-91
CTF (IBAMA)	2664893
Telefones:	(48) 3223-4620 / (48) 99138-4033

1.3. DADOS DA EQUIPE TÉCNICA

Profissional	Formação/Função	Registro no Conselho	CTF Ibama	Assinatura
Francisco Caruso Gomes Jr.	Geólogo Dr. / Coordenação Geral	CREA/SC 026850-0 CREA/BA 28247	163.516	
Carolina Claudino dos Santos	Bióloga, MBA em Auditoria, Gestão e Perícia Ambiental / Diretora Técnica	CRBio 63.918/03-D	2.664.893	
Jamerson Rodrigo dos Prazeres Campos	Engenheiro Florestal, Dr. em Biodiversidade e Biotecnologia / Gerente de Projeto	CREA-PA nº 150678802-5	5256987	
Ana Carolina Massulini Acosta	Geóloga, Mestra em Geologia / Coordenação do projeto	CREA-SC 186181-5	8344399	
Giulia Micheluzzi	Engenheira Sanitarista e Ambiental / Elaboração do documento	-	8772779	
Tauane Ingrid Menezes Ribeiro	Bióloga / Elaboração do documento	-	7797882	

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada em Ponta das Canas, situada no Distrito Administrativo Cachoeira do Bom Jesus, região norte da Ilha de Santa Catarina, a cerca de 30km do centro de Florianópolis. O limite oeste é constituído pelas praias da Cachoeira do Bom Jesus e de Ponta das Canas, enquanto o limite leste é representado pelo Morro da Cachoeira, que se estende longitudinalmente entre os bairros Ponta das Canas e Cachoeira do Bom Jesus a oeste e Praia Brava e Ingleses na porção leste (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo na região da Lagoa das Docas.

A área engloba o rio Sanga dos Bois (também conhecido como rio Tomé ou rio Thomé), bem como demais canais de drenagem, ao longo de seus percursos até o deságue na laguna, que é conhecida como Lagoa das Docas e também como Lagoa das Gaivotas ou Lagoa de Ponta das Canas. A laguna apresenta uma porção norte, de formação mais recente, interligada a uma porção sul, mais ampla e consolidada, pela interface entre um canal fluvial e a variação do nível do mar na faixa arenosa.

O corpo lagunar de Ponta das Canas, apresenta uma área de aproximadamente 0,18 km², constituindo um importante ecossistema costeiro cujo processo de formação encontra-se associado ao desenvolvimento de um esporão arenoso com orientação N - S, paralelo à praia, culminando no confinamento de um corpo d'água entre a planície costeira e a linha de costa (Figura 2).



Figura 2. Porções norte e sul da Lagoa das Docas sobre ortomosaico elaborado por PROSUL (2024).

3. ALTERNATIVAS PROPOSTAS

As alternativas propostas para a recuperação ambiental da Lagoa das Docas foram estruturadas a partir do diagnóstico ambiental realizado, apresentado na etapa de Identificação de Alternativas de Recuperação, e visam mitigar os principais vetores de degradação identificados no sistema lagunar. As ações foram organizadas em cinco grandes eixos temáticos: controle da contaminação por efluentes sanitários; mitigação do assoreamento e recuperação hidrossedimentar; melhoria da infraestrutura de drenagem urbana; restauração da mata ciliar, manguezais e áreas de preservação permanente (APPs); e fortalecimento do ordenamento territorial, fiscalização e educação ambiental. Cada uma dessas frentes foi concebida de forma integrada, considerando a complexidade ecológica da laguna, os processos hidrológicos e sedimentares, e as dinâmicas socioambientais do território.

Entre as alternativas, a primeira abordagem refere-se ao enfrentamento da poluição causada por efluentes sanitários, considerada a principal responsável pela deterioração da qualidade da água da laguna. A bacia hidrográfica da Lagoa das Docas apresenta elevada carga orgânica, proveniente principalmente do lançamento irregular de esgoto doméstico, resultado da cobertura parcial da rede pública e da existência de ligações clandestinas, muitas vezes conectadas diretamente à rede de drenagem pluvial.

A insuficiência da infraestrutura sanitária é agravada por um cenário urbano consolidado, no qual bairros densamente ocupados, como Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas, ainda apresentam significativa parcela de imóveis sem ligação à rede de esgoto operada pela CASAN (Figura 3). A ausência de soluções adequadas de coleta e tratamento resulta em escoamento de efluentes para os cursos d'água afluentes e, diretamente, para a laguna, comprometendo sua balneabilidade e as funções ecológicas dos ecossistemas aquáticos associados.

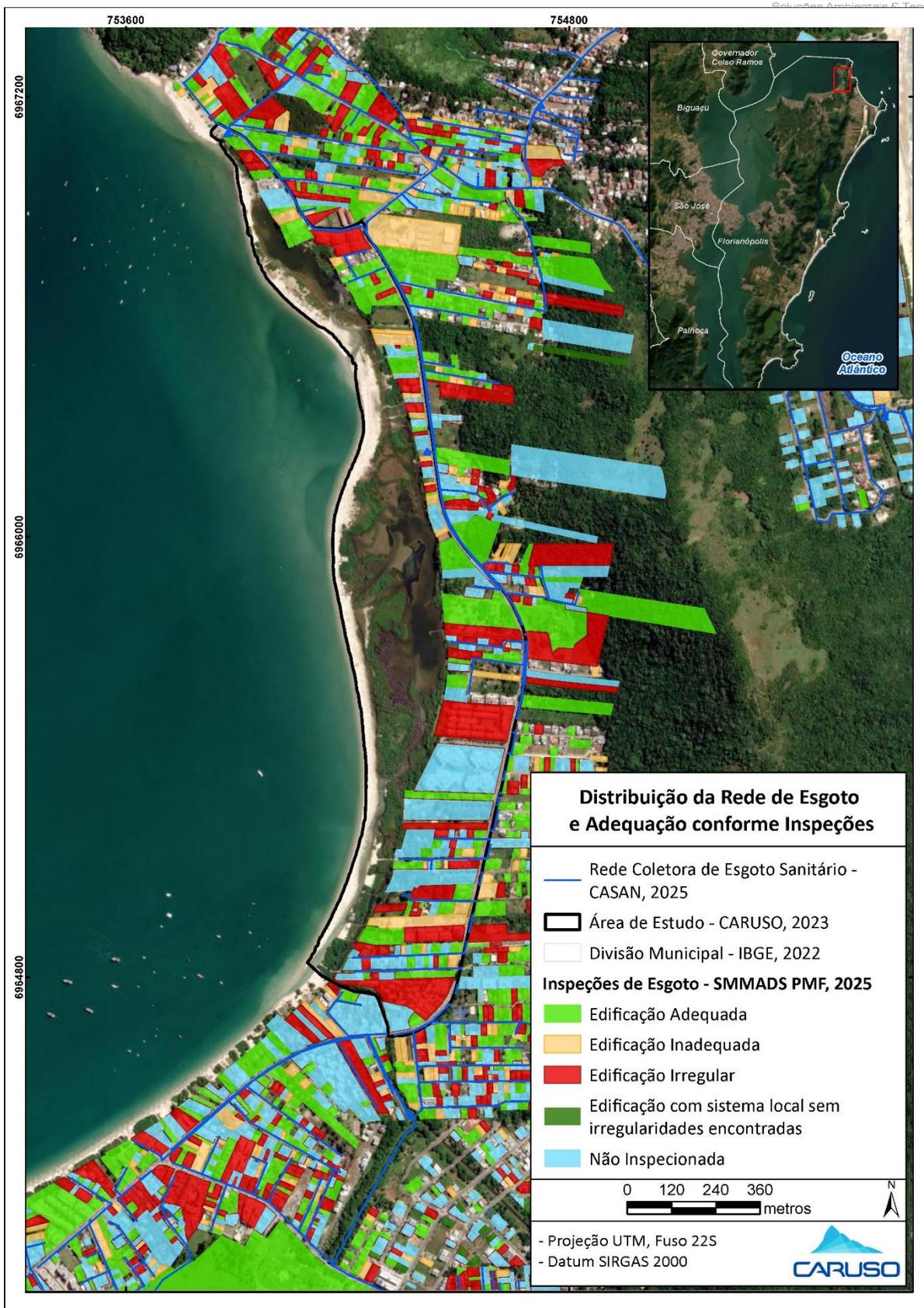


Figura 3. Distribuição da rede de esgoto e classificação de imóveis quanto à adequação das inspeções realizadas.

Inspecções realizadas pela administração municipal demonstraram que mais da metade das edificações inspecionadas apresentavam inconformidades sanitárias, com ausência de sistemas de pré-tratamento ou lançamentos irregulares. Além disso, foram identificados múltiplos pontos de extravasamento e descarga de efluentes na rede pluvial (Figura 4), caracterizados por escoamento contínuo de líquidos escuros com odor característico de esgoto, indicativos da existência de conexões cruzadas e da sobrecarga no sistema de drenagem urbana.

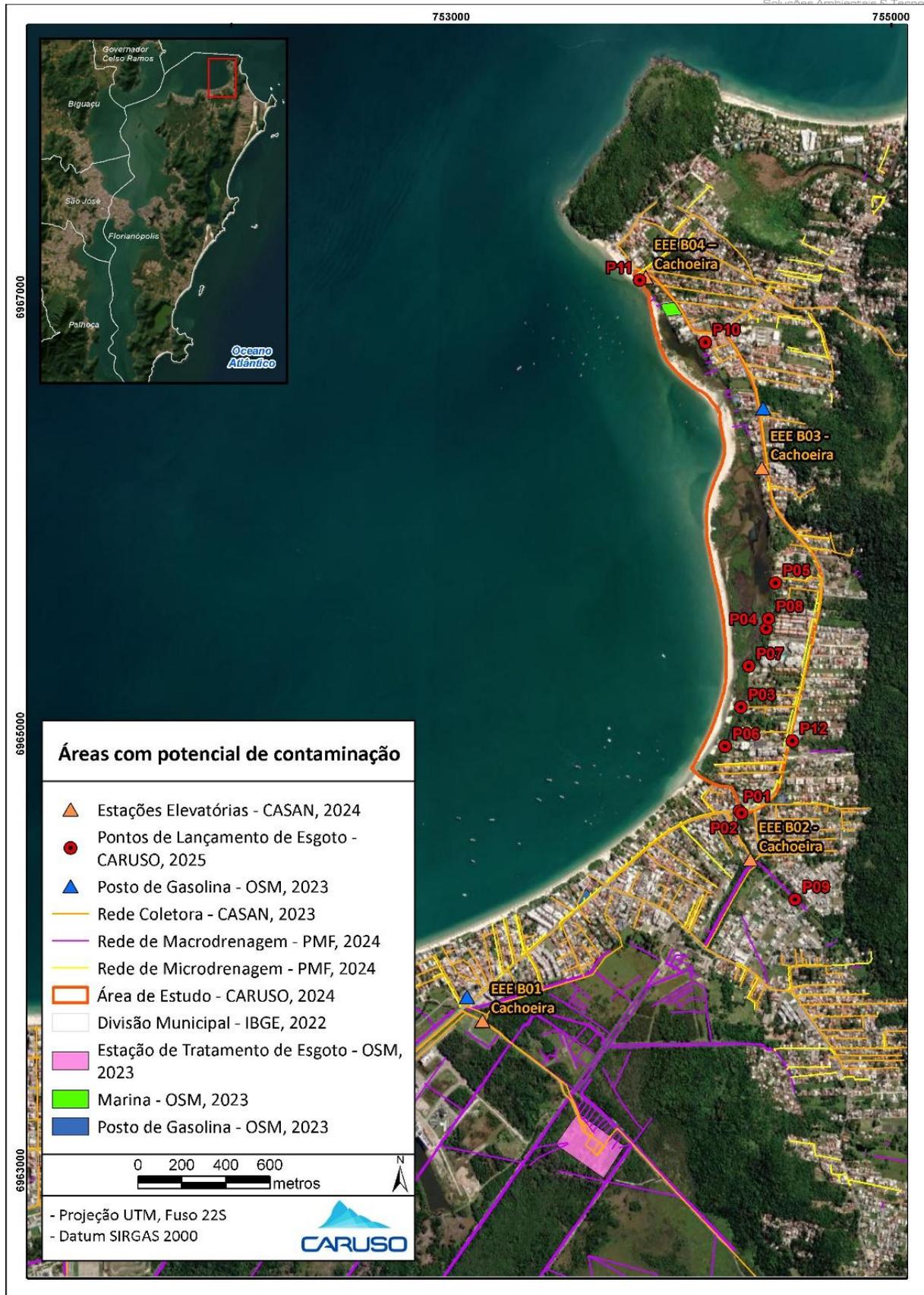


Figura 4. Pontos de possível lançamento de esgoto identificados em campo.

Para reverter esse quadro, propõe-se a ampliação e requalificação da rede pública de esgotamento sanitário, priorizando áreas com maior densidade populacional e maior proximidade com a laguna. A adequação da capacidade de tratamento da Estação de Tratamento de Esgoto de Canasvieiras e a possibilidade de implantação de uma nova unidade descentralizada são medidas essenciais para garantir que o sistema público suporte o acréscimo da carga gerada com as novas ligações previstas.

Como medida complementar e de aplicação estratégica, são recomendadas soluções descentralizadas de tratamento de esgoto, especialmente em locais de difícil acesso ou baixa densidade, onde a implantação da rede convencional não é viável a curto prazo. Tecnologias como biodigestores, filtros anaeróbios e wetlands construídas são alternativas eficientes, ambientalmente adequadas e adaptáveis às condições locais, capazes de reduzir significativamente o aporte de matéria orgânica e patógenos.

O sucesso dessas medidas depende diretamente da regularização das conexões domiciliares e da intensificação da fiscalização sanitária. A continuidade e o fortalecimento de programas já existentes de vistoria técnica e conscientização da população são fundamentais para garantir que todas as edificações estejam adequadamente conectadas à rede pública ou disponham de sistemas próprios com eficiência comprovada. A instalação de dispositivos de pré-tratamento, como caixas de gordura, também deve ser exigida e verificada periodicamente.

Por fim, para garantir a efetividade das ações, é proposto o estabelecimento de um programa permanente de monitoramento da qualidade da água, com pontos de coleta distribuídos ao longo da laguna e de seus principais afluentes (Figura 5). Os parâmetros analisados devem incluir indicadores microbiológicos, físico-químicos e ecológicos, possibilitando a avaliação contínua do desempenho das intervenções e a adoção de medidas corretivas sempre que necessário. A frequência das coletas deve contemplar variações sazonais e períodos de maior ocupação turística, assegurando um diagnóstico representativo das condições ambientais ao longo do tempo.

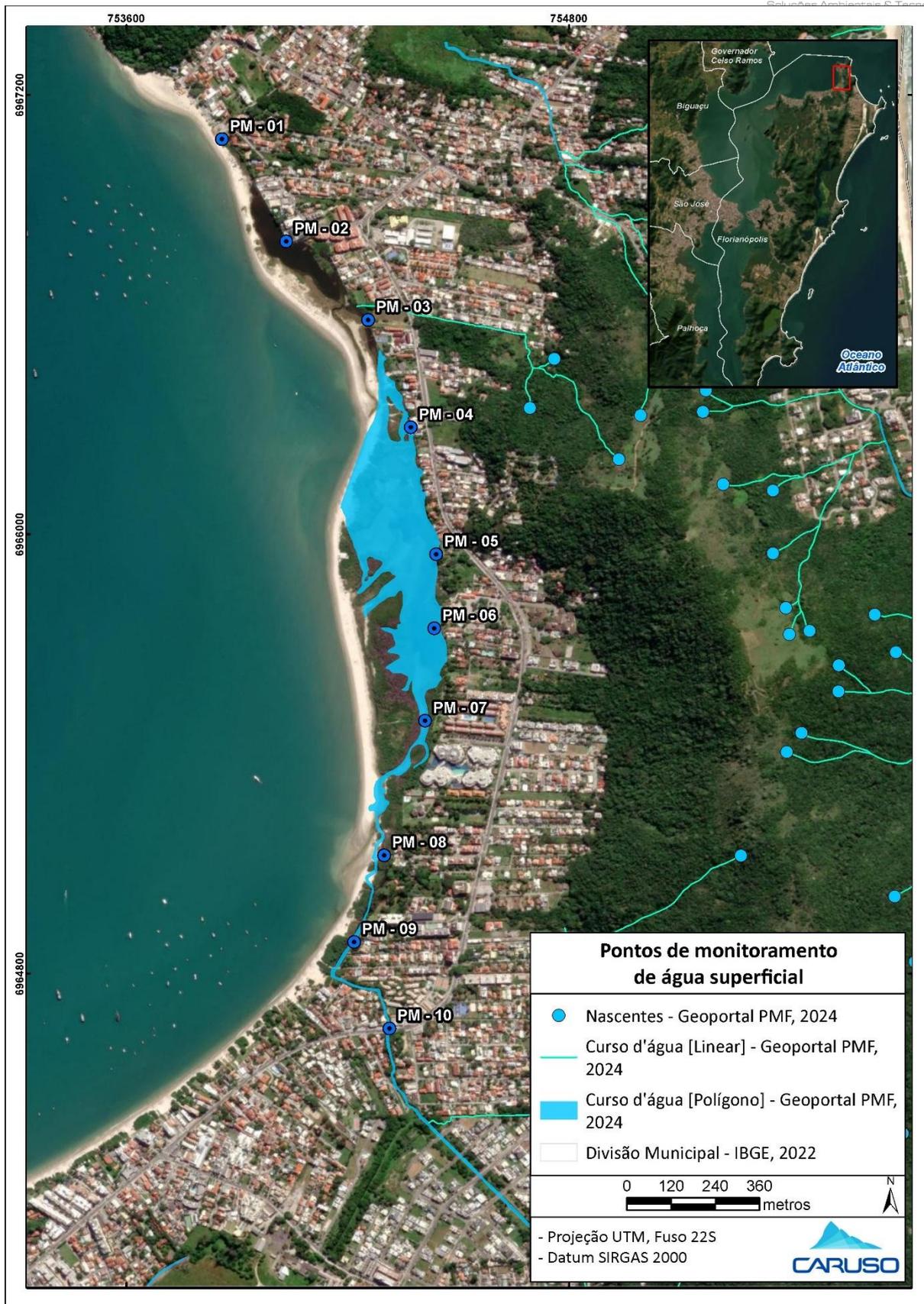


Figura 5. Pontos de monitoramento de água superficial propostos para a Lagoa das Docas.

Traz-se, como segunda medida proposta para a recuperação da Lagoa das Docas, a mitigação do assoreamento e a recuperação hidrossedimentar do sistema lagunar. Essa alternativa tem por objetivo restaurar a capacidade de armazenamento hídrico da laguna, assegurar sua conectividade interna e com o mar, e estabilizar os processos sedimentares que vêm sendo alterados por pressões antrópicas e dinâmicas naturais da região costeira.

O assoreamento observado decorre da intensa deposição de sedimentos nos trechos inferiores dos cursos d'água e no leito da laguna, em especial na foz do rio Sanga dos Bois. Esse processo é impulsionado pela erosão de encostas e margens desprovidas de vegetação, pela ocupação urbana irregular em áreas de preservação permanente e pela deficiência estrutural do sistema de drenagem urbana. Como agravante, a interrupção periódica da ligação da laguna com o mar, causada pelo avanço do cordão arenoso, compromete a renovação hídrica e intensifica a deposição de sedimentos e matéria orgânica em suspensão.

As ações propostas para enfrentar esse cenário contemplam tanto medidas corretivas quanto preventivas. Entre as medidas corretivas, destaca-se a dragagem seletiva em pontos críticos da laguna e de seus tributários, com remoção de sedimentos em trechos com profundidade insuficiente ou obstruções hidráulicas relevantes. Essas intervenções devem ser tecnicamente orientadas, buscando minimizar impactos ambientais, e devem observar os critérios definidos em plano de dragagem específico, sujeito ao devido licenciamento ambiental.

Como medidas preventivas, propõe-se a revegetação das áreas de preservação permanente nas margens da laguna e ao longo dos cursos d'água afluentes, utilizando espécies nativas adaptadas à região, com vistas à estabilização dos solos, interceptação do escoamento superficial e retenção de sedimentos. Essa recomposição vegetal também contribui para o equilíbrio ecológico do sistema, aumentando a biodiversidade e atenuando os efeitos de eventos hidrometeorológicos extremos.

Adicionalmente, recomenda-se a implantação de práticas conservacionistas na bacia hidrográfica, como a construção de bacias de contenção, barreiras vegetadas e estruturas de bioengenharia em pontos vulneráveis à erosão. Tais ações visam reduzir a energia do escoamento superficial e promover a retenção de partículas sólidas antes de atingirem os corpos hídricos.

A proposta contempla, ainda, a avaliação e eventual reconfiguração da barra de conexão com o mar, assegurando a renovação periódica da água lagunar e o equilíbrio da dinâmica costeira. Essa reabertura, quando tecnicamente viável, deve ser executada de forma controlada, respeitando os regimes de maré e os processos de transporte sedimentar da região.

Para acompanhar a efetividade das intervenções, é necessário implementar um programa específico de monitoramento hidrossedimentar. A medição periódica de parâmetros como turbidez, sólidos suspensos, profundidade e nutrientes permitirá verificar a redução do aporte de sedimentos e a melhora das condições físicas da laguna. Além disso, o monitoramento da vegetação restaurada fornecerá subsídios para a manutenção adaptativa das áreas revegetadas, incluindo a reposição de mudas e o controle de espécies invasoras.

A dragagem, quando realizada com embasamento técnico, permite ganhos ambientais expressivos e imediatos, como o aumento da profundidade, a reativação dos fluxos internos da laguna e a eliminação de pontos de acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Entretanto, sua eficácia a longo prazo depende da implementação simultânea das ações de contenção de sedimentos na bacia hidrográfica, especialmente nas margens do rio Sanga dos Bois.

Como terceira frente de recuperação ambiental proposta para a Lagoa das Docas, destaca-se a melhoria da infraestrutura de drenagem urbana. Esta medida busca corrigir deficiências históricas no sistema de escoamento pluvial da bacia hidrográfica, cuja condição atual tem contribuído significativamente para os processos de assoreamento, contaminação hídrica, alagamentos frequentes e degradação da qualidade ambiental do entorno da laguna.

O sistema de drenagem da região encontra-se, em grande parte, deteriorado, subdimensionado ou operando de forma inadequada. Vistorias técnicas apontaram a existência de galerias pluviais rompidas (Figura 6), bocas de lobo entupidas, dispositivos afogados em áreas de manguezal (Figura 7) e trechos em que o escoamento pluvial ocorre em rede mista com efluentes sanitários, em decorrência de ligações clandestinas. Essa condição favorece o aporte de cargas poluentes difusas aos corpos hídricos e compromete a eficiência hidráulica do sistema, elevando os riscos de alagamentos em áreas urbanizadas.



Figura 6. Registro de tubulação exposta e colapsada.



Figura 7. Ponto de extravasamento de tubulação de drenagem pluvial ou sanitária danificada e parcialmente afogada em área de manguezal.

As ações propostas contemplam, inicialmente, a regularização das ligações de esgoto que indevidamente conectam-se à rede de drenagem pluvial. Trata-se de uma medida emergencial e estruturante, cuja implementação deve ser coordenada com as ações de controle da poluição sanitária. A eliminação dessas conexões irregulares reduzirá diretamente a carga de contaminantes lançada na laguna e melhorará o desempenho do sistema de drenagem.

Além disso, propõe-se a recuperação e a manutenção da rede de microdrenagem, por meio da substituição de tubulações danificadas, da requalificação de elementos superficiais como sarjetas e bocas de lobo, e da implementação de ações preventivas de desobstrução e limpeza periódica. Pontos críticos identificados ao longo do diagnóstico devem ser tratados com prioridade, especialmente aqueles localizados próximos à margem da lagoa e nos trechos finais do rio Sanga dos Bois.

Paralelamente, são previstas medidas de macrodrenagem voltadas à regularização hidráulica dos cursos d'água da bacia. Isso inclui intervenções pontuais nos leitos do rio e dos canais afluentes, com desassoreamento controlado e adequações geométricas capazes de restabelecer a capacidade de escoamento e evitar transbordamentos. Essas ações devem ser precedidas de estudos hidrológicos e hidráulicos que subsidiem o dimensionamento técnico das obras.

Como forma de aumentar a resiliência do sistema urbano às chuvas intensas, propõe-se a implantação de estruturas de retenção e infiltração distribuídas ao longo da bacia. Dispositivos como jardins de chuva, valetas de infiltração, trincheiras drenantes e poços de infiltração podem ser integrados ao espaço urbano, promovendo a redução de picos de vazão, a melhoria da qualidade das águas pluviais e a recarga dos

aquíferos. Essas soluções, baseadas na natureza, também contribuem para o aumento da permeabilidade do solo urbano e para a valorização paisagística das áreas públicas.

Outro eixo fundamental da proposta diz respeito à gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos. A presença de lixo em vias públicas e dispositivos de drenagem representa um fator agravante da obstrução do sistema e da poluição da laguna. Para isso, recomenda-se a instalação de dispositivos retentores em pontos estratégicos da rede, a criação de ecopontos para descarte controlado de resíduos volumosos e a realização de campanhas contínuas de educação ambiental sobre o descarte adequado de resíduos.

A efetividade das ações de melhoria da drenagem urbana será acompanhada por um plano de monitoramento integrado, contemplando a avaliação da funcionalidade dos dispositivos implantados, a frequência de manutenção e a medição de parâmetros de qualidade da água em pontos de descarga das galerias. Esses dados permitirão ajustes operacionais e apoiarão a gestão adaptativa do sistema.

Dando continuidade ao desenvolvimento das alternativas propostas para a recuperação ambiental da Lagoa das Docas, apresenta-se, como quarta medida, a restauração da mata ciliar, dos manguezais e das APPs que compõem o entorno da laguna e seus cursos d'água afluentes. Essa alternativa visa reconstituir a vegetação nativa em setores sensíveis, assegurar a estabilidade das margens, recuperar funções ecossistêmicas comprometidas e reforçar os processos naturais de filtragem, retenção de sedimentos e regulação hidrológica.

O diagnóstico ambiental identificou uma situação crítica de degradação nas APPs associadas ao rio Sanga dos Bois e aos demais canais de drenagem que deságuam na laguna. Muitas dessas áreas encontram-se ocupadas por edificações (Figura 8 e Figura 9), impermeabilizadas ou com cobertura vegetal substituída por gramíneas exóticas e vegetação oportunista, incapaz de exercer as funções ecológicas esperadas. Em diversos trechos, foram observadas margens instáveis, assoreamento ativo e perda de biodiversidade.



Figura 8. Ocupações às margens do Rio Sanga dos Bois.



Figura 9. Ocupações às margens da Lagoa.

A vegetação ciliar e os manguezais são reconhecidos como componentes fundamentais para a saúde ecológica de sistemas lagunares. Suas raízes contribuem para a estabilização física do solo, enquanto a copa das árvores atua na regulação microclimática e na proteção da lâmina d'água contra a incidência direta de luz solar, prevenindo o crescimento excessivo de algas. Além disso, essas formações vegetais funcionam como barreiras naturais, capazes de interceptar e reter sedimentos, nutrientes e poluentes transportados pelo escoamento superficial.

Com base nesse entendimento, propõe-se a elaboração e execução de um plano técnico de recuperação ecológica das APPs, com aplicação diferenciada conforme o grau de degradação observado. Em áreas com potencial de regeneração natural, recomenda-se a condução da regeneração assistida, com controle de espécies invasoras, isolamento das margens e estímulo à sucessão ecológica. Já nos trechos mais degradados, deve-se adotar o plantio ativo de espécies nativas, selecionadas de acordo com as tipologias vegetais características da região, como restinga e manguezal.

O plano deve seguir as diretrizes técnicas da Resolução CONAMA nº 429/2011 e da Instrução Normativa IBAMA nº 14/2024, que orientam a recuperação de APPs em contextos urbanos e costeiros. A definição das espécies a serem utilizadas deverá considerar sua adaptabilidade às condições edáficas e hidrológicas locais, bem como sua capacidade de contribuir com a função ecológica desejada. Nos manguezais, por exemplo, será necessário assegurar a manutenção da hidrodinâmica e da salinidade adequada, garantindo a sobrevivência e o desenvolvimento das espécies típicas como *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*.

Além da recomposição da vegetação, é imprescindível o controle do uso do solo em áreas legalmente protegidas. Ocupações irregulares em APPs devem ser objeto de levantamento georreferenciado e de ações de regularização fundiária, desocupação ou readequação, conforme o caso. A implantação de passarelas suspensas, recuos e redirecionamento de acessos pode ser empregada como forma de compatibilizar o uso público com a preservação ambiental, respeitando os critérios de baixo impacto estabelecidos na legislação vigente.

Para avaliar a efetividade das ações, propõe-se o monitoramento contínuo das áreas em recuperação, com indicadores como taxa de sobrevivência de mudas, percentual de cobertura do solo, grau de regeneração natural e presença de espécies bioindicadoras da fauna e flora locais. A observação do retorno de espécies características da mata ciliar e dos manguezais será um indicativo da restauração funcional dos habitats.

A recomposição das APPs não apenas contribui para a contenção do assoreamento e da poluição, como também oferece benefícios socioambientais adicionais, como a valorização paisagística, o aumento da

biodiversidade e a criação de áreas verdes urbanas integradas ao tecido social. Ademais, o cumprimento da legislação ambiental associada à proteção dessas áreas representa um compromisso institucional com a gestão sustentável do território.

Como quinta e última medida integrante do conjunto de alternativas propostas para a recuperação da Lagoa das Docas, apresenta-se o eixo voltado ao ordenamento territorial, à fiscalização e à educação ambiental. Esta frente transversal busca assegurar a sustentabilidade das ações técnicas propostas, atuando sobre as causas estruturais da degradação ambiental, como a ocupação irregular do solo, a ausência de controle urbano efetivo e a fragilidade da consciência coletiva em relação à proteção dos ecossistemas costeiros e lagunares.

A ocupação urbana desordenada em áreas ambientalmente sensíveis é um dos principais vetores de pressão sobre a laguna e seus afluentes. O diagnóstico evidenciou que extensas porções de APPs encontram-se ocupadas por edificações, acessos, estruturas de lazer e pavimentações irregulares, em desacordo com a legislação ambiental vigente. Essas ocupações comprometem as funções ecológicas das APPs, interrompem a regeneração natural da vegetação nativa e intensificam os processos de assoreamento, poluição e perda de habitat.

A efetivação do ordenamento territorial proposto requer, como etapa inicial, a delimitação técnica de uma faixa contínua de proteção no entorno da laguna e dos cursos d'água afluentes. Essa faixa poderá ser formalizada como uma Zona de Interesse de Proteção, conforme previsto no Plano Diretor de Florianópolis, ou convertida em Parque Linear de uso público controlado, compatibilizando a preservação ambiental com atividades educativas e recreativas de baixo impacto. A consolidação jurídica e institucional dessa faixa é fundamental para garantir sua função ecológica e evitar novas ocupações indevidas.

Além da delimitação física, é necessário fortalecer os mecanismos de fiscalização ambiental, com foco na identificação de obras irregulares, ocupações recentes e fontes de poluição difusa. Para tanto, recomenda-se a atuação integrada entre os órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, urbanismo, habitação e infraestrutura, com apoio em ferramentas de georreferenciamento, denúncias qualificadas e vistorias sistemáticas. A atuação fiscalizatória deve ser articulada com ações de regularização fundiária e requalificação de áreas degradadas.

Em complemento às ações de controle, propõe-se a implantação de um programa permanente de educação ambiental, estruturado sob o título "Programa EcoDocas", com foco na sensibilização da população residente, estudantes, comerciantes e visitantes. Este programa deverá ser desenvolvido por meio de oficinas

temáticas, mutirões ecológicos, trilhas interpretativas e ações formativas em escolas públicas do entorno, promovendo a valorização do território e o engajamento comunitário na conservação da laguna.

A incorporação da temática da Lagoa das Docas no currículo das instituições de ensino da região, por meio da iniciativa “Sala de Aula Aberta”, é outro componente estratégico da proposta. A utilização do território como espaço didático permitirá integrar a educação formal aos desafios ambientais locais, despertando nos estudantes o senso de pertencimento, responsabilidade e participação ativa na proteção dos recursos naturais.

Adicionalmente, campanhas permanentes de comunicação social devem ser implementadas para difundir informações sobre a importância ecológica da laguna, as condutas permitidas e vedadas em áreas protegidas, e os benefícios decorrentes da recuperação ambiental. Sinalizações educativas, materiais audiovisuais e eventos públicos são instrumentos fundamentais para ampliar o alcance das ações e consolidar uma narrativa coletiva de valorização da Lagoa das Docas.

O eixo de ordenamento territorial, fiscalização e educação ambiental configura-se como elemento indispensável para consolidar a recuperação ambiental da Lagoa das Docas, promovendo não apenas a reversão dos passivos existentes, mas também a transformação da relação da sociedade com esse território, a partir de uma lógica de corresponsabilidade, conhecimento e cuidado compartilhado.

Assim, a partir das alternativas propostas, será realizada uma análise de viabilidade técnica e econômico-financeira, apresentada no item 4, com o objetivo de identificar as soluções mais adequadas quanto à eficácia ambiental, exequibilidade técnica e custo envolvido.

4. ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICO-FINANCEIRA

A análise de viabilidade técnica e econômico-financeira tem como objetivo identificar a solução mais adequada entre as alternativas propostas para a recuperação da Lagoa das Docas. Essa avaliação considera de forma integrada critérios físicos, sanitários, ambientais, urbanísticos, de infraestrutura e econômico-sociais, de modo a assegurar a efetividade, exequibilidade e sustentabilidade das intervenções.

Serão analisadas, para cada uma das alternativas propostas, aspectos como topografia, estabilidade do solo, disponibilidade de espaço, eficiência das soluções, impactos ambientais potenciais, custos de implantação e manutenção, além da interação das medidas com o meio urbano e as comunidades do entorno. A partir dessa abordagem, busca-se indicar a alternativa mais eficiente e viável para aplicação no contexto específico da área de estudo.

4.1. CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES SANITÁRIOS

O controle da contaminação por efluentes sanitários constitui uma medida central para a recuperação ambiental da Lagoa das Docas, tendo em vista que os lançamentos irregulares de esgoto doméstico representam a principal fonte de degradação da qualidade da água na região. A área de estudo apresenta cobertura parcial da rede pública de esgotamento sanitário, com trechos já atendidos pela infraestrutura existente, mas ainda com significativa quantidade de imóveis não interligados, o que favorece a ocorrência de ligações clandestinas e o uso de soluções individuais inadequadas.

Neste contexto, foram analisadas duas abordagens complementares para o enfrentamento do problema: a ampliação e melhoria da rede coletora de esgoto, priorizando a conexão de imóveis à infraestrutura já implantada, e a implantação de soluções descentralizadas de tratamento, voltadas a locais onde a rede pública não é acessível.

4.1.1. Ampliação e melhoria da rede coletora de esgoto

A ampliação e a melhoria da rede coletora de esgoto consistem em uma das principais ações estruturantes para o controle da contaminação por efluentes sanitários na área de influência da Lagoa das Docas. A viabilidade técnica dessa intervenção é alta, considerando a existência de rede parcial já implantada e a disponibilidade de espaço urbano para sua expansão. Os bairros de Cachoeira do Bom Jesus, Canasvieiras e Ponta das Canas concentram alguns dos setores ainda não conectados de maneira integral à rede, configurando áreas prioritárias para atuação.

Na área de estudo do presente projeto, observa-se que a rede coletora já se encontra implantada em grande parte do território, com possibilidade efetiva de conexão na maioria dos trechos urbanos, conforme apresentada na Figura 3. No entanto, verifica-se que um número significativo de imóveis ainda não realizou a ligação entre as edificações e a rede pública disponível nas vias, permanecendo com soluções individuais precárias ou com lançamentos irregulares. Esse quadro contribui diretamente para os elevados índices de contaminação por esgoto observados na laguna. Assim, ações de mobilização e incentivo à interligação, como as previstas no programa “Floripa Se Liga na Rede”, mostram-se essenciais para aumentar a adesão dos moradores e garantir o pleno funcionamento do sistema já instalado.

Do ponto de vista físico, a região apresenta características favoráveis à execução da intervenção. A topografia plana facilita a implantação de redes por gravidade, dispensando, em grande parte, a necessidade de estações elevatórias, o que reduz custos e simplifica a operação e manutenção. O solo, composto majoritariamente por areia, confere alta capacidade de infiltração, o que favorece a escavação e a instalação de tubulações. No entanto, o lençol freático raso exige cuidados técnicos específicos, como o uso de contenções adequadas e sistemas de rebaixamento temporário, especialmente em trechos mais profundos.

Do ponto de vista sanitário e ambiental, a ampliação das ligações domiciliares e da cobertura da rede coletora tende a reduzir substancialmente os lançamentos de efluentes brutos no solo e nos corpos d’água superficiais e subterrâneos, contribuindo diretamente para a melhoria da qualidade da água da laguna e para a preservação da saúde pública. A medida também mitiga a vulnerabilidade do meio receptor, que hoje opera sob constante pressão, especialmente em períodos de alta temporada e ocupação intensificada. Ao evitar o aporte contínuo de matéria orgânica, nutrientes e coliformes termotolerantes, a intervenção aumenta a resiliência da laguna e reduz o risco de degradação dos sedimentos.

No que se refere aos aspectos urbanísticos e de infraestrutura, a intervenção apresenta boa compatibilidade com o meio urbano existente, uma vez que a rede de esgoto já se encontra parcialmente implantada e há espaço técnico suficiente para sua ampliação nas faixas de domínio público. Além disso, trata-se de uma solução compatível com o tecido urbano consolidado, sem comprometer a integração paisagística ou exigir grandes remoções ou intervenções em áreas sensíveis.

Em termos econômico-sociais, a presente alternativa apresenta impactos econômicos e sociais relevantes, tanto no curto quanto no longo prazo. Do ponto de vista econômico, os custos de implantação incluem a expansão da infraestrutura física da rede coletora, os serviços de escavação, a instalação de tubulações, a realização de ligações domiciliares e eventuais adequações operacionais na Estação de Tratamento de Esgoto de Canasvieiras (ETE Canasvieiras). Esta última poderá demandar ampliação da

capacidade instalada ou a implementação de tecnologias complementares, de modo a absorver o acréscimo de carga afluyente decorrente da nova demanda sanitária.

Além dos investimentos iniciais, estimam-se custos recorrentes relacionados à operação e manutenção da rede, incluindo ações de fiscalização, manutenção preventiva, detecção de irregularidades e realização de campanhas de conscientização. Entretanto, esses custos tendem a ser compensados pela redução de gastos com saúde pública, em função da mitigação de doenças de veiculação hídrica nas comunidades locais, como gastroenterites, hepatites e dermatoses, especialmente entre populações socialmente vulneráveis (OPAS, 2020). Ainda no plano econômico, é esperada uma valorização significativa dos imóveis atendidos pela rede de esgoto, sobretudo em áreas com perfil turístico e de veraneio, como Ponta das Canas e Cachoeira do Bom Jesus, fortalecendo o mercado imobiliário local e ampliando as receitas municipais por meio da arrecadação de tributos.

Socialmente, a intervenção contribui para a universalização do acesso ao saneamento básico, reconhecido como direito humano essencial pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2010). A ampliação da cobertura da rede reduz desigualdades socioespaciais no fornecimento do serviço, garantindo melhores condições sanitárias em áreas ainda parcialmente atendidas, frequentemente caracterizadas por ocupação desordenada ou adensamento populacional. Nesse sentido, a medida tem o potencial de promover a equidade territorial e de ampliar a percepção de justiça ambiental.

Adicionalmente, a execução da obra poderá gerar postos de trabalho temporários, dinamizando a economia local durante o período de implantação. No entanto, destaca-se a necessidade de prever mecanismos de subsídio ou apoio técnico para famílias de baixa renda, de forma a garantir a efetiva conexão dos imóveis à rede disponível, uma vez que os custos individuais de ligação podem representar um obstáculo à adesão voluntária. A experiência do programa “Floripa Se Liga na Rede” evidencia a importância das ações de mobilização comunitária e educação ambiental como estratégias de baixo custo e alto impacto, contribuindo para aumentar a eficiência e a sustentabilidade da solução proposta.

Considerando a relação entre custos e benefícios, a alternativa de ampliação da rede coletora de esgoto apresenta alta viabilidade econômica e forte impacto social positivo. A medida gera benefícios sanitários diretos à população residente, valoriza o território e contribui para a recuperação ambiental da laguna, justificando sua priorização entre as estratégias de controle da contaminação por efluentes domésticos.

Considerando a análise integrada dos aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos, a ampliação e melhoria da rede coletora de esgoto se destaca como uma das alternativas de maior viabilidade dentro do conjunto de ações propostas. Sua implementação, especialmente nos setores com rede disponível e

alta densidade habitacional, apresenta elevado potencial de retorno ambiental com custos proporcionais ao impacto gerado, justificando sua priorização no plano de recuperação da Lagoa das Docas.

4.1.2. Implantação de soluções descentralizadas de tratamento de esgoto

A implantação de soluções descentralizadas de tratamento de esgoto constitui uma alternativa viável para atendimento a residências e comunidades não conectadas à rede coletora existente, especialmente em áreas onde a implantação da infraestrutura convencional apresenta limitações técnicas ou econômicas. Essas soluções compreendem tanto sistemas individuais, instalados diretamente nas residências, quanto sistemas coletivos, voltados a pequenos agrupamentos urbanos. Em ambos os casos, a eficiência do tratamento está condicionada à adequada implantação, dimensionamento e manutenção periódica.

As opções individuais/unifamiliares previstas incluem os sistemas do tipo fossa séptica associada a filtro anaeróbio e sumidouro, fossa séptica com filtro anaeróbio e vala de infiltração, além dos biodigestores. Todos esses sistemas apresentam níveis adequados de remoção de carga orgânica e patógenos, desde que operados dentro dos parâmetros técnicos recomendados. Contudo, a adoção desses sistemas na área de estudo apresenta limitações operacionais relevantes. Para sua implantação é necessário que cada residência disponha de espaço físico adequado, condições de acesso para execução e inspeção, e adesão voluntária por parte dos moradores, visto que o sistema será instalado dentro dos limites privados. Ademais, a gestão pública demandará estrutura técnica para visitas periódicas de verificação e orientação, o que representa um desafio logístico e institucional considerável.

Dessa forma, embora os sistemas individuais sejam tecnicamente eficientes, sua aplicabilidade na área de estudo, caracterizada majoritariamente por urbanização consolidada e rede coletora existente, é limitada. Esse tipo de solução tende a ser mais apropriado para residências isoladas, situadas em áreas mais afastadas dos núcleos urbanos e fora da área de cobertura da rede pública.

Já os sistemas coletivos descentralizados se apresentam como uma alternativa intermediária, com maior potencial de aplicação em locais onde não há viabilidade de extensão imediata da rede pública. No entanto, essa situação pouco se aplica à área de estudo, que já conta com uma rede coletora de esgoto amplamente implantada. A adoção de sistemas coletivos exigiria a identificação de áreas disponíveis para a instalação das unidades de tratamento, bem como a implantação de uma nova rede de coleta local, capaz de conduzir os efluentes das residências até o ponto de tratamento. As opções analisadas incluem sistemas do tipo fossa séptica com filtro anaeróbio e sumidouro, bem como fossa séptica associada a wetlands construídas. Ambas as configurações apresentam eficiência comprovada e são compatíveis com vazões domésticas, desde

que projetadas conforme a demanda local e submetidas à manutenção periódica, como a remoção anual de lodo das fossas e a manutenção dos leitos filtrantes, quando necessário.

Entretanto, deve-se destacar que, no caso dos sistemas coletivos, a necessidade de implantação de uma nova rede coletora dedicada para direcionar os efluentes até os pontos de tratamento representaria um custo elevado. Considerando que a área de estudo já é amplamente atendida por uma rede pública de esgotamento sanitário, a duplicação dessa infraestrutura para fins exclusivos de atendimento a sistemas descentralizados pode configurar uma solução economicamente pouco vantajosa, sobretudo quando comparada à priorização da interligação dos imóveis à rede já existente.

Em todos os casos, a execução de projeto técnico é condição indispensável para garantir a eficiência e a durabilidade das soluções implantadas. Será necessário realizar previamente um plano de ação para identificar as áreas de aplicação, estimar as vazões de esgoto doméstico, definir o tipo de sistema mais adequado e, a partir disso, elaborar os projetos executivos de engenharia e operação. Esse planejamento deve considerar, ainda, os critérios físicos do terreno, como a topografia plana, a alta capacidade de infiltração do solo arenoso e a presença de lençol freático raso, que pode limitar a profundidade das estruturas e exigir soluções adaptadas.

Do ponto de vista sanitário e ambiental, os sistemas descentralizados, quando bem dimensionados e mantidos, contribuem para a redução dos impactos sobre as águas superficiais e subterrâneas, apresentando boa performance na remoção de matéria orgânica e coliformes termotolerantes. Ainda assim, a vulnerabilidade do meio receptor e o risco de falhas operacionais, especialmente em sistemas individuais sem fiscalização contínua, devem ser considerados.

Em termos urbanísticos, os sistemas coletivos exigem maior articulação com a ocupação do solo, principalmente para garantir áreas compatíveis com a instalação dos módulos de tratamento, de forma integrada ao espaço urbano e com mínima interferência nas áreas residenciais consolidadas. Já os sistemas individuais dependem da conformação física dos lotes e da viabilidade técnica de instalação no interior das propriedades.

No aspecto econômico-financeiro, os sistemas individuais apresentam custo inicial relativamente baixo, mas demandam estrutura de gestão pública contínua para garantir sua correta instalação, operação e manutenção ao longo do tempo. Já os sistemas coletivos implicam em investimentos iniciais mais elevados, especialmente em função da necessidade de aquisição ou disponibilidade de terreno para instalação, implantação de rede coletora local e construção da infraestrutura de tratamento compartilhada. Por outro lado, ao centralizar o tratamento em um único ponto, esses sistemas podem facilitar as rotinas de manutenção técnica e controle operacional.

Socialmente, a implantação de soluções individuais demanda engajamento e responsabilidade direta por parte dos moradores, uma vez que os sistemas são instalados dentro dos limites das propriedades privadas. Essa exigência pode representar uma barreira significativa em comunidades com menor capacidade econômica, dificultando a adesão voluntária e comprometendo a eficácia coletiva da medida. Além disso, é necessário que os imóveis disponham de espaço físico suficiente para instalação e operação dos sistemas, o que limita sua aplicação em lotes pequenos ou em áreas com alta densidade habitacional.

No caso das soluções descentralizadas coletivas, os custos de implantação são significativamente mais elevados. Essas alternativas exigem, além da infraestrutura de tratamento, a construção de uma rede coletora local e a disponibilidade de áreas específicas para a instalação dos módulos. Em regiões urbanizadas, como é o caso de Ponta das Canas, a aquisição de terrenos ou a destinação de espaços públicos para essa finalidade representa um desafio econômico e institucional. Embora a centralização do tratamento facilite a gestão técnica e reduza o número de pontos críticos de manutenção, o investimento inicial tende a ser menos atrativo quando comparado à simples interligação dos imóveis à rede pública já existente.

Ainda assim, essas soluções podem representar uma resposta viável em áreas onde a extensão da rede pública não é tecnicamente possível ou financeiramente justificável, como em setores isolados ou em ocupações dispersas. Em tais contextos, a intervenção apresenta impacto social positivo ao viabilizar o acesso ao tratamento de esgoto em locais antes desassistidos. No entanto, sua eficácia está diretamente condicionada à gestão pública contínua, ao engajamento da comunidade e à manutenção regular das unidades, sob pena de comprometer os objetivos sanitários e ambientais propostos.

Portanto, sob a perspectiva econômico-sociais, a implantação de soluções descentralizadas de esgoto deve ser considerada uma medida complementar e pontual no conjunto de estratégias de saneamento da região. Sua viabilidade depende da adequação ao contexto físico e social local, da articulação institucional e da disponibilidade de recursos financeiros para garantir sua implantação e operação contínua. Diante da ampla cobertura já existente da rede pública na área de estudo, as soluções descentralizadas devem ser priorizadas apenas em casos específicos, onde sua aplicação represente efetivamente a melhor relação custo-benefício e promova ganhos reais de equidade no acesso ao saneamento.

Diante da análise integrada dos aspectos físicos, ambientais, urbanísticos e econômicos, conclui-se que as soluções descentralizadas podem ser aplicadas de forma complementar à expansão da rede pública, especialmente em situações pontuais de difícil acesso ou dispersão habitacional. Contudo, na área de estudo, onde a rede coletora já atende a maior parte do território urbano, a prioridade deve ser dada à interligação dos imóveis à infraestrutura existente. As soluções descentralizadas devem ser consideradas como alternativa localizada, em consonância com diagnóstico técnico prévio e avaliação de viabilidade específica.

4.2. MITIGAÇÃO DO ASSOREAMENTO E RECUPERAÇÃO HIDROSSEDIMENTAR

A dragagem e/ou o desassoreamento controlado da Lagoa das Docas e do Rio Sanga dos Bois consistem em medidas estruturantes para a mitigação do assoreamento e a recuperação da dinâmica hidrossedimentar do sistema. O acúmulo de sedimentos nas porções internas da laguna e nas áreas de confluência com os afluentes compromete a profundidade, a conectividade hidráulica e a troca de água com o mar, afetando diretamente a qualidade da água, os processos ecológicos e a capacidade de autodepuração do ecossistema.

A viabilidade técnica dessa intervenção depende da elaboração de um plano de ação específico, precedido por ensaios técnicos e levantamentos preliminares. Entre os estudos necessários estão os levantamentos batimétricos, as análises geotécnicas dos sedimentos e a modelagem hidrodinâmica, os quais permitirão identificar os volumes a serem removidos, as áreas críticas de deposição e o comportamento do sistema frente às intervenções. Esses dados são fundamentais para subsidiar a escolha do método mais adequado de dragagem e o dimensionamento da operação, considerando fatores como topografia, tipo de sedimento, estabilidade do solo e influência do lençol freático.

Conforme indicado no Capítulo 3, essa atividade está sujeita a licenciamento ambiental, uma vez que a dragagem é classificada como potencialmente poluidora. Assim, será necessária a elaboração de um plano de dragagem contendo os estudos ambientais exigidos, incluindo a avaliação dos impactos sobre os corpos d'água superficiais, solos e sedimentos, bem como a identificação de áreas de disposição e manejo do material dragado, atendendo aos aspectos sanitários e ambientais requeridos pela legislação vigente. A compatibilização com a vulnerabilidade e a resiliência do meio receptor também deverá ser considerada.

Do ponto de vista operacional, recomenda-se a adoção de uma estratégia em fases. Inicialmente, deve-se realizar a abertura e/ou manutenção de um canal preferencial de escoamento na porção sul da lagoa, com o objetivo de restabelecer a troca de água com o mar. Em seguida, as ações devem se concentrar nas porções internas da laguna, setores norte e sul, promovendo a remoção gradual dos sedimentos acumulados e a recuperação da capacidade hídrica e da circulação interna.

Foram avaliadas diferentes alternativas técnicas de dragagem, incluindo o uso de draga de sucção, draga de recalque e escavadeiras hidráulicas. Cada tecnologia apresenta vantagens específicas a depender das características do local, da acessibilidade, do tipo de sedimento e da profundidade operacional necessária. A escolha do método deverá ser definida com base nos resultados dos ensaios e da modelagem, bem como na viabilidade ambiental e econômica da operação.

Em termos urbanísticos e de infraestrutura, a dragagem pode ser integrada às intervenções de ordenamento do entorno da lagoa, respeitando a ocupação atual e promovendo a compatibilização com estruturas já existentes. A remoção controlada dos sedimentos, associada à manutenção do canal de escoamento, permitirá melhorar o desempenho do sistema hidráulico da bacia e reduzir os riscos de alagamentos em áreas urbanizadas adjacentes.

Do ponto de vista econômico-financeiro, trata-se de uma intervenção de médio a alto custo, especialmente em razão das exigências de licenciamento, dos estudos técnicos prévios e da operação dos equipamentos especializados. No entanto, os benefícios ambientais e operacionais associados, como a melhoria da qualidade da água, o aumento da vida útil da laguna, o restabelecimento da circulação hídrica e a valorização ambiental do entorno, justificam sua priorização.

Apesar dos custos expressivos, os benefícios econômicos e sociais decorrentes da intervenção são múltiplos. Considerando que a dragagem possibilitaria a recuperação da capacidade hidráulica da laguna e de seus afluentes, reduzindo a ocorrência de alagamentos em áreas urbanas adjacentes, o que gera economia em ações de reparo e assistência emergencial. Ao restaurar a conectividade hidrológica com o mar e melhorar a qualidade da água, a medida também favorece o uso sustentável dos recursos hídricos e o retorno de atividades econômicas locais, como a pesca artesanal e o turismo de natureza, impactando positivamente a renda de famílias residentes no entorno (IBGE, 2023).

Socialmente, a intervenção promove ganhos substanciais em saúde pública, a medida contribui diretamente para a melhoria das condições de saúde pública, ao mitigar áreas suscetíveis a alagamentos que funcionam como criadouros de vetores de doenças, especialmente mosquitos transmissores de arboviroses como dengue, zika e chikungunya. Ainda, a dragagem, ao melhorar a circulação e a oxigenação da água, colabora para o aumento da autodepuração da laguna, reduzindo os efeitos cumulativos de poluentes e esgoto, o que tem reflexo direto sobre a qualidade de vida das comunidades ribeirinhas e dos usuários da área para lazer e recreação. Esses benefícios são especialmente relevantes em contextos de vulnerabilidade social, onde a população é mais exposta aos riscos ambientais decorrentes da degradação da qualidade da água (OPAS, 2020).

Outro aspecto econômico-social relevante está relacionado à valorização imobiliária das áreas lindeiras à laguna. Intervenções que resultam em melhoria ambiental e paisagística, como a recuperação da lâmina d'água e a limpeza do espelho da lagoa, tendem a aumentar o valor dos imóveis e a atratividade da região, sobretudo em localidades com vocação turística consolidada, como é o caso de Ponta das Canas. Tal valorização também reflete positivamente na arrecadação municipal, por meio da ampliação da base tributária do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e do incremento na atividade econômica formal (ABES, 2022).

No entanto, é necessário considerar também os possíveis efeitos adversos e as medidas de mitigação social. A disposição final do material dragado deve ser planejada de forma transparente, com participação social e comunicação clara dos riscos e benefícios associados. É fundamental evitar que áreas utilizadas para despejo temporário de sedimentos causem incômodos à população local ou comprometam espaços públicos e ecossistemas sensíveis. Além disso, a realização da dragagem deve ser acompanhada por programas de monitoramento ambiental e de educação socioambiental, que permitam o acompanhamento pela sociedade civil e promovam a apropriação comunitária dos resultados da intervenção.

Assim, sob a ótica econômico-social, a dragagem e recuperação hidrossedimentar da Lagoa das Docas e do Rio Sanga dos Bois constitui uma medida estratégica, com custos elevados, mas com retorno ambiental, social e econômico proporcionalmente expressivo. Sua execução planejada e tecnicamente fundamentada pode representar um divisor de águas no processo de reabilitação ecológica da laguna, promovendo resiliência territorial e bem-estar coletivo.

Diante da análise integrada dos aspectos físicos, ambientais, urbanísticos e econômicos, conclui-se que a dragagem controlada da Lagoa das Docas e do Rio Sanga dos Bois é tecnicamente viável e ambientalmente justificável, desde que conduzida com base em estudos técnicos robustos, planejamento em fases e cumprimento das exigências legais. Sua execução deve ser acompanhada por ações de monitoramento contínuo, garantindo a eficácia da intervenção e a prevenção de novos processos de assoreamento.

4.3. MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA

A melhoria da infraestrutura de drenagem urbana na bacia da Lagoa das Docas é essencial para o controle dos alagamentos, da poluição difusa e do assoreamento dos corpos hídricos. A atuação integrada sobre os sistemas de microdrenagem e o manejo adequado das águas pluviais visa aumentar a eficiência do escoamento, reduzir a sobrecarga sobre as redes existentes e minimizar os impactos ambientais causados pelo escoamento superficial não controlado.

Para isso, foram analisadas três frentes de atuação: a recuperação e manutenção da rede de microdrenagem, a implantação de estruturas de retenção e infiltração, e a gestão dos resíduos sólidos associados à drenagem.

4.3.1. Recuperação e Manutenção da Rede de Microdrenagem

A recuperação e a manutenção da rede de microdrenagem nos bairros Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas são essenciais para a melhoria da infraestrutura de drenagem urbana na área da Lagoa das Docas. O sistema atual apresenta deficiências operacionais associadas a tubulações danificadas, obstruções, elementos superficiais deteriorados e ausência de estrutura adequada em alguns trechos, o que contribui diretamente para alagamentos, assoreamento dos corpos hídricos e degradação ambiental da laguna.

Do ponto de vista físico, a topografia predominantemente plana da região favorece o escoamento superficial quando associado a sistemas de microdrenagem bem dimensionados. Contudo, a elevada capacidade de infiltração do solo arenoso, combinada ao lençol freático raso, exige soluções técnicas compatíveis, especialmente quanto à profundidade das galerias, ao risco de colapso de estruturas antigas e à necessidade de evitar interferências com o sistema freático. A substituição de tubulações colapsadas e a requalificação de sarjetas, bocas-de-lobo e caixas de inspeção são ações prioritárias para restabelecer a funcionalidade do sistema.

Do ponto de vista sanitário e ambiental, a ineficiência da drenagem urbana tem provocado o transporte descontrolado de poluentes, resíduos sólidos e sedimentos diretamente aos corpos receptores, agravando os processos de assoreamento e contribuindo para a contaminação da água superficial. A reestruturação do sistema de microdrenagem, associada à sua manutenção periódica, contribuirá significativamente para reduzir a carga difusa de poluentes lançados na Lagoa das Docas, promovendo a melhoria da qualidade da água e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

Do ponto de vista urbanístico e de infraestrutura, as ações propostas incluem a elaboração de um plano de ação para verificação do estado atual da rede, a substituição de estruturas deterioradas, a implantação de sistemas em áreas que ainda não possuem drenagem e a manutenção preventiva das estruturas existentes. A implantação de novas estruturas deve ser compatível com o traçado viário e a ocupação urbana, garantindo sua integração ao espaço urbano e minimizando interferências com áreas edificadas.

Economicamente, trata-se de uma alternativa com custos moderados e retorno ambiental elevado. As ações de substituição e manutenção têm viabilidade de execução a curto e médio prazo, e sua efetividade é potencializada por intervenções pontuais e programadas. A manutenção periódica de dispositivos como bocas-de-lobo, caixas de inspeção e poços de visita é de baixo custo, mas essencial para garantir a longevidade do sistema e evitar falhas operacionais que demandariam intervenções corretivas mais onerosas.

Socialmente, a melhoria da microdrenagem reduz significativamente os alagamentos urbanos, minimizando riscos à saúde pública decorrentes de acúmulo de água parada e proliferação de vetores. Além

disso, promove a valorização dos imóveis e a qualidade de vida da população local, especialmente em bairros vulneráveis. A geração de empregos diretos na execução das obras e serviços de manutenção também contribui para o desenvolvimento socioeconômico local (IBGE, 2023; OPAS, 2020).

Portanto, a recuperação e manutenção da rede de microdrenagem se apresentam como uma solução tecnicamente viável, ambientalmente necessária e economicamente equilibrada. Sua implementação deve ser conduzida com base em diagnóstico técnico detalhado, priorizando áreas críticas e promovendo ações que assegurem o funcionamento contínuo do sistema de drenagem urbana, com reflexos positivos sobre a qualidade ambiental da Lagoa das Docas e o bem-estar da população local.

4.3.2. Implantação de Estruturas de Retenção e Infiltração

A implantação de estruturas de retenção e infiltração integra o conjunto de soluções sustentáveis voltadas à melhoria da drenagem urbana na área de influência da Lagoa das Docas, contribuindo para o controle do escoamento superficial, a recarga do lençol freático e a redução da carga difusa de poluentes lançada nos corpos hídricos. Essas medidas complementam as ações de recuperação da rede de microdrenagem, promovendo uma abordagem mais integrada, resiliente e ambientalmente eficaz para a gestão das águas pluviais.

A viabilidade técnica da medida é favorecida pelas características físicas da área de estudo. A topografia plana, associada à predominância de solos arenosos e alta capacidade de infiltração, permite a adoção eficiente de técnicas de infiltração como poços, trincheiras drenantes, valetas de infiltração, bioswales e jardins de chuva. Tais estruturas têm como função reter o volume de água proveniente das chuvas, promovendo sua infiltração gradual no solo e evitando o acúmulo de lâminas de água nas vias urbanas e a sobrecarga nas galerias pluviais existentes.

Para sua efetiva implementação, é necessária a elaboração de projetos técnicos específicos, com enfoque em drenagem urbana sustentável. Esses projetos devem considerar critérios de dimensionamento baseados nas vazões de escoamento, nas características do solo e na profundidade do lençol freático, garantindo a funcionalidade e a segurança das estruturas. Além disso, deve ser realizado o mapeamento e a identificação de áreas estratégicas para a implantação dos sistemas, priorizando locais públicos ou de fácil acesso técnico nos bairros de Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas.

Do ponto de vista ambiental e sanitário, essas soluções contribuem diretamente para a mitigação dos impactos sobre os corpos hídricos, ao reduzir a velocidade do escoamento, favorecer a retenção de sólidos e nutrientes e prevenir o transporte de poluentes para a Lagoa das Docas e seus afluentes. Também promovem

benefícios microclimáticos e ecológicos ao criar áreas vegetadas com potencial de valorização paisagística e incremento da biodiversidade urbana.

Em termos urbanísticos, a implantação dessas estruturas deve ser integrada ao desenho das vias e espaços públicos, respeitando os usos e as restrições do solo urbano. Técnicas como jardins de chuva e bioswales são particularmente adequadas para áreas de calçadas, rotatórias, estacionamentos e espaços verdes, possibilitando sua incorporação sem a necessidade de grandes intervenções estruturais.

No aspecto econômico-financeiro, trata-se de uma solução de custo moderado, com alto retorno ambiental e baixo custo de operação. A implantação pode ser realizada de forma escalonada, priorizando áreas críticas de escoamento, e sua manutenção consiste basicamente na limpeza periódica dos dispositivos de entrada e na reposição de vegetação, quando necessário. A descentralização das estruturas também reduz a demanda por obras de macrodrenagem, gerando economia em médio e longo prazo.

Socialmente, essas estruturas promovem benefícios diretos ao mitigar os impactos de alagamentos, contribuindo para a prevenção de doenças relacionadas à umidade e à poluição difusa. A valorização ambiental e paisagística das áreas urbanas impactadas reforça o bem-estar social, além de potencializar o engajamento comunitário em práticas de sustentabilidade urbana. A manutenção simplificada das estruturas e o baixo custo operacional garantem viabilidade contínua da intervenção (ANA, 2021; ABES, 2020).

Diante da análise integrada dos aspectos físicos, ambientais, urbanísticos e econômicos, conclui-se que a implantação de estruturas de retenção e infiltração é tecnicamente viável, ambientalmente desejável e financeiramente equilibrada. Essas soluções representam uma abordagem eficiente para adaptar o sistema de drenagem às condições locais, aumentar a resiliência urbana frente aos eventos extremos e melhorar a qualidade ambiental da bacia da Lagoa das Docas.

4.3.3. Gestão de Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos sólidos é uma das frentes fundamentais para a melhoria da infraestrutura urbana e ambiental da bacia da Lagoa das Docas, especialmente diante da presença de áreas de uso turístico e adensamento urbano nos bairros Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas. A deficiência na coleta regular, o descarte inadequado e a ausência de dispositivos de contenção em pontos críticos contribuem diretamente para a poluição difusa e o transporte de resíduos para o sistema de drenagem pluvial, agravando a contaminação dos corpos hídricos e o assoreamento da laguna.

A estratégia proposta para a área de estudo contempla ações estruturais e não estruturais. Entre as medidas operacionais, destaca-se o reforço da coleta regular de resíduos em parceria com a COMCAP, com

foco na ampliação da frequência em setores críticos da bacia hidrográfica, principalmente em áreas comerciais, de maior densidade habitacional ou de fluxo sazonal intensificado, como o entorno de praias e acessos principais. Essa medida está diretamente relacionada à adequação da infraestrutura urbana existente e à capacidade operacional dos serviços de limpeza pública.

Do ponto de vista ambiental, a instalação de dispositivos de retenção de sólidos, como grelhas, cestos retentores e caixas de contenção, em pontos estratégicos da rede de drenagem contribui para interceptar resíduos antes que alcancem os cursos d'água, reduzindo significativamente a carga poluente transportada. Tais dispositivos são particularmente eficazes em vias de acesso às praias, áreas comerciais e trechos com histórico de acúmulo de resíduos. A implantação deve considerar a morfologia urbana e o traçado das redes pluviais, integrando-se de forma funcional ao sistema existente.

Complementarmente, a implantação de ecopontos e pontos de entrega voluntária, também em parceria com a COMCAP, permitirá o recebimento de resíduos recicláveis e específicos, como eletroeletrônicos e volumosos. Esses pontos promovem uma alternativa organizada ao descarte irregular, contribuindo para o ordenamento do território e a valorização paisagística de áreas públicas.

A mobilização comunitária e a educação ambiental são componentes estratégicos da proposta. A distribuição de materiais informativos e a atuação de agentes comunitários têm como objetivo incentivar o descarte adequado dos resíduos, orientar sobre horários de coleta e divulgar os locais de entrega voluntária. Essa ação promove a corresponsabilidade dos moradores e visitantes na preservação ambiental, além de reduzir a reincidência de descarte inadequado.

Do ponto de vista econômico-financeiro, trata-se de um conjunto de ações com investimentos moderados e elevada efetividade ambiental. A ampliação da coleta, a instalação de contenções e a operação dos ecopontos demandam recursos operacionais e logísticos, mas geram economia a médio prazo ao evitar o acúmulo de resíduos em áreas sensíveis e os custos associados à limpeza corretiva e à degradação ambiental. Já as ações educativas apresentam baixo custo e alto potencial de engajamento social, sendo uma ferramenta eficiente para promover mudanças de comportamento.

Socialmente, a gestão de resíduos sólidos contribui para a saúde pública ao reduzir a contaminação dos corpos hídricos e a proliferação de vetores transmissores de doenças, decorrente do descarte inadequado em áreas urbanas e naturais sensíveis. Além disso, a organização eficiente dos resíduos valoriza o ambiente, melhora a estética urbana e fortalece o turismo sustentável na região da Lagoa das Docas. O engajamento comunitário, aliado à participação das instituições públicas e privadas, é fundamental para o sucesso do sistema, demandando uma governança transparente e integrada que envolva todos os atores locais (IBGE, 2023). Dessa

forma, a implantação e manutenção do Sistema Integrado de Gestão de Resíduos Sólidos na área configuram-se como medida economicamente viável e socialmente prioritária, alinhada às diretrizes nacionais de saneamento e gestão ambiental, promovendo sustentabilidade urbana e melhoria da qualidade de vida para moradores e visitantes.

Assim, a proposta de gestão de resíduos sólidos para a bacia da Lagoa das Docas é tecnicamente viável, ambientalmente necessária e financeiramente exequível. A adoção integrada das medidas apresentadas contribui para o controle da poluição urbana, a melhoria da qualidade da água e o fortalecimento da infraestrutura de serviços urbanos, promovendo benefícios diretos à população local e à conservação do ambiente lagunar.

4.4. RESTAURAÇÃO DA MATA CILIZAR, MANGUEZAIS E APPS

A restauração da vegetação nativa nas APPs, incluindo a mata ciliar e os manguezais, é uma medida estratégica para a recuperação ambiental da bacia da Lagoa das Docas. Essas áreas exercem funções ecológicas essenciais, como a proteção dos recursos hídricos, a retenção de sedimentos, a regulação do microclima e o suporte à biodiversidade. No entanto, a ocupação irregular, a supressão da vegetação e a ausência de manejo adequado têm comprometido a integridade desses ambientes, contribuindo para processos de assoreamento, poluição e perda de resiliência ecológica.

Neste contexto, foram analisadas duas frentes complementares de ação: a recomposição da vegetação ciliar e dos manguezais, por meio da restauração ecológica orientada por diagnóstico técnico, e o controle do uso do solo e a regularização das ocupações em APPs, com foco na mitigação de impactos e na readequação de infraestruturas existentes.

4.4.1. Recomposição da Vegetação Ciliar e do Manguezal

A recomposição da vegetação ciliar e dos manguezais constitui uma medida essencial para a restauração ecológica da bacia da Lagoa das Docas, contribuindo diretamente para a estabilidade das margens, a proteção dos recursos hídricos, a retenção de sedimentos e o restabelecimento de serviços ecossistêmicos fundamentais. A degradação da cobertura vegetal ao longo dos corpos hídricos da área de estudo, resultante de ocupações irregulares, supressão da vegetação nativa, disposição inadequada de resíduos e pisoteio, compromete a função ambiental das APPs e acentua os processos de assoreamento e contaminação.

A intervenção terá início com a realização de um diagnóstico detalhado, que compreenderá o levantamento das condições ambientais, fitofisionômicas e edáficas da área degradada. Esse estudo permitirá identificar os trechos prioritários, a extensão da intervenção e a técnica de restauração mais adequada a cada situação, conforme o nível de degradação e o tipo de vegetação original (manguezal ou mata ciliar). Entre os aspectos físicos a serem avaliados estão a estabilidade do solo, o regime hídrico local, a salinidade e o nível do lençol freático, que influenciam diretamente no sucesso da revegetação.

Após o diagnóstico, serão executadas ações preparatórias como a limpeza da área, remoção de resíduos sólidos e entulhos, controle de espécies exóticas e invasoras e implantação de cercamento. O isolamento físico das áreas visa impedir o pisoteio por pessoas e animais, o tráfego de veículos e novas ocupações irregulares, criando condições adequadas para o restabelecimento da vegetação nativa. Essas ações são fundamentais do ponto de vista ambiental e sanitário, uma vez que reduzem os vetores de degradação contínua e favorecem a regeneração do ecossistema.

A recuperação será conduzida com base em técnicas adequadas para cada tipo de ambiente, podendo envolver o plantio direto de espécies nativas, a condução da regeneração natural ou técnicas combinadas. As espécies selecionadas devem ser adaptadas às condições locais, com prioridade para aquelas já presentes no ecossistema original, de forma a garantir a funcionalidade ecológica e a resiliência das áreas restauradas.

Do ponto de vista urbanístico, a recomposição da vegetação ciliar e dos manguezais contribui para a qualificação ambiental das áreas de entorno da laguna, promovendo a valorização paisagística e a integração dos espaços naturais ao tecido urbano. Além disso, a presença de vegetação funcional nas APPs pode servir como barreira natural contra inundações e como zona tampão para poluentes provenientes das áreas urbanizadas.

Em termos econômicos, embora a intervenção exija recursos para o diagnóstico, plantio e manutenção inicial, trata-se de uma ação de alto retorno ambiental e baixo custo de operação em longo prazo. A restauração da vegetação nativa reduz a necessidade de medidas corretivas posteriores, melhora a qualidade da água e diminui os processos erosivos, gerando economia indireta em serviços ambientais e infraestrutura urbana.

Socialmente, a restauração ecológica fortalece a provisão de serviços ambientais essenciais, como a proteção da qualidade da água e o controle natural de inundações, beneficiando a saúde pública e a segurança das comunidades locais (Silva et al., 2021). A intervenção também reforça a identidade territorial e promove

educação ambiental, incentivando o envolvimento comunitário na conservação (MMA, 2023). A redução de vetores e agentes contaminantes contribui para a melhoria das condições sanitárias.

Dessa forma, a recomposição da vegetação ciliar e do manguezal é tecnicamente viável e ambientalmente prioritária. Quando devidamente planejada e executada, constitui uma medida estratégica para a proteção dos recursos hídricos, a restauração de habitats e o fortalecimento da resiliência ecológica da bacia da Lagoa das Docas.

4.4.2. Controle do Uso do Solo e Regularização de Ocupações em APPs

O controle do uso do solo e a regularização de ocupações em APPs são medidas fundamentais para garantir a proteção dos recursos naturais e a integridade ambiental do entorno da Lagoa das Docas e de seus cursos d'água afluentes. A presença de ocupações irregulares em faixas de APP, muitas vezes associadas a infraestrutura precária e ausência de esgotamento sanitário adequado, tem contribuído significativamente para o comprometimento da vegetação nativa, o lançamento direto de efluentes e o agravamento da instabilidade das margens.

A primeira etapa da intervenção consiste na elaboração de um plano de ação articulado com a ampliação da rede coletora de esgoto, a fim de garantir soluções de saneamento que respeitem as restrições legais de uso e ocupação do solo nas áreas ambientalmente sensíveis. O diagnóstico será apoiado por levantamento georreferenciado das ocupações existentes nas faixas de APP, possibilitando a identificação das áreas prioritárias para ações de regularização fundiária, remoção ou readequação de usos, conforme o grau de impacto gerado e o risco à segurança ambiental.

Do ponto de vista físico, essa medida exige atenção à topografia local, à proximidade com os cursos d'água e ao nível do lençol freático, especialmente em áreas sujeitas a alagamento ou com instabilidade do solo. A partir dessas informações, será possível definir diretrizes técnicas para o recuo e readequação de infraestruturas existentes que cruzam APPs, como drenagens pluviais, contenções e estruturas de esgotamento, com foco na eliminação de lançamentos irregulares e no aumento da segurança das edificações.

Em termos ambientais, o controle do uso do solo nessas áreas visa interromper processos contínuos de degradação, promover a restauração da vegetação nativa e reestabelecer a função ecológica das APPs como zonas de proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade. A compatibilização entre ocupações consolidadas e a preservação ambiental deve ser conduzida com base em critérios técnicos e legais, priorizando ações de regularização sustentável, mitigação de impactos e reversão de danos.

Do ponto de vista urbanístico, a intervenção contribuirá para o ordenamento territorial, a valorização dos espaços públicos e a melhoria das condições habitacionais em áreas vulneráveis. A retirada ou adaptação de usos inadequados em APPs poderá ser acompanhada por medidas compensatórias e de requalificação urbanística, promovendo o uso mais racional e seguro do território.

Sob o aspecto econômico e social, a regularização de ocupações demanda investimentos em infraestrutura básica e ações de apoio técnico e social junto à população envolvida. Contudo, os benefícios resultantes, como a redução de riscos ambientais, a melhoria da salubridade, o aumento da segurança jurídica das moradias e a proteção dos bens ambientais, justificam sua inclusão como uma das ações estratégicas para a recuperação da área da Lagoa das Docas.

Essa ação é fundamental para a melhoria da qualidade de vida e a redução da vulnerabilidade social das populações em áreas de risco, garantindo moradia segura e acesso a serviços públicos (IPEA, 2023). A regularização promove inclusão social e reduz riscos ambientais, como enchentes, fortalecendo a resiliência comunitária (Gomes & Almeida, 2022). A participação ativa das comunidades assegura maior legitimidade e efetividade das intervenções.

Assim, o controle do uso do solo e a regularização das ocupações em APPs são tecnicamente viáveis e ambientalmente prioritários. Sua implementação, aliada ao planejamento urbano e à ampliação dos sistemas de saneamento, representa um avanço significativo na gestão integrada da paisagem e na proteção das funções ecológicas e sociais associadas à zona lagunar.

4.5. ORDENAMENTO TERRITORIAL, FISCALIZAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

4.5.1. Delimitação de Faixa de Proteção

A delimitação de uma faixa de proteção ambiental no entorno da Lagoa das Docas e de seus afluentes representa uma medida estratégica de ordenamento territorial, com foco na preservação dos recursos naturais e na prevenção de novos processos de degradação. A definição técnica dessa faixa visa estabelecer limites claros para a ocupação e o uso do solo em áreas sensíveis, assegurando a proteção das margens, da vegetação nativa remanescente e das funções ecológicas associadas às APPs.

A elaboração do estudo técnico para definição da faixa de proteção deverá considerar variáveis físicas como topografia, regime hídrico, estabilidade das margens, presença de vegetação nativa e proximidade com corpos d'água. Além disso, será necessário compatibilizar essa delimitação com as estruturas urbanas já consolidadas, respeitando os parâmetros legais de proteção ambiental e as diretrizes de planejamento urbano. Essa faixa poderá ser formalizada por meio de instrumentos urbanísticos, como zonas de interesse de proteção

ou parques lineares, possibilitando a integração de ações de conservação com usos controlados e de baixo impacto.

Do ponto de vista ambiental, a criação dessa faixa contribui para a contenção da expansão urbana desordenada, a recuperação de áreas degradadas e a manutenção de corredores ecológicos no entorno da laguna. Também desempenha papel importante na filtragem de poluentes, na proteção contra assoreamento e na regulação dos processos hidrológicos, especialmente em regiões onde o lençol freático é raso e o solo apresenta alta permeabilidade.

Urbanisticamente, a medida reforça o controle do uso do solo e orienta o crescimento urbano de forma compatível com a preservação ambiental, promovendo segurança jurídica, previsibilidade territorial e qualificação dos espaços públicos. Sua implantação exige articulação entre os setores de meio ambiente, planejamento urbano e habitação, além de diálogo com a população residente nas áreas envolvidas.

Do ponto de vista econômico-social, embora a delimitação possa gerar restrições ao uso de determinados imóveis ou áreas, seus benefícios superam os eventuais conflitos iniciais, ao evitar danos futuros, promover a valorização de áreas regulares e garantir a proteção de um patrimônio ambiental de relevância regional. A definição clara de limites também favorece a fiscalização e a efetividade de políticas públicas voltadas à conservação.

A delimitação técnica da faixa de proteção ambiental é medida fundamental para garantir a saúde pública e a qualidade dos recursos naturais, prevenindo riscos sociais decorrentes de ocupações irregulares, como inundações e contaminação hídrica (Menezes et al., 2020). Essa ação preserva os serviços ecossistêmicos que sustentam atividades culturais e econômicas locais, fortalecendo a sustentabilidade territorial (Silva et al., 2021).

Além disso, ao estabelecer limites claros e participativos para o uso do solo, a medida contribui para o ordenamento sustentável do território e para a justiça socioambiental, evitando a ocupação de áreas ambientalmente vulneráveis por grupos socialmente mais frágeis (IBGE, 2022). O processo participativo fortalece a governança local e o sentimento de pertencimento, essenciais para a efetividade e legitimidade das ações de conservação (MMA, 2023).

Assim, a delimitação da faixa de proteção ambiental é tecnicamente viável, ambientalmente necessária e urbanisticamente compatível com os objetivos de recuperação da Lagoa das Docas. Trata-se de uma ação estruturante que fortalece a governança territorial e assegura a sustentabilidade das demais medidas propostas.

4.5.2. Fiscalização do Uso e Ocupação do Solo

A fiscalização do uso e ocupação do solo no entorno da Lagoa das Docas é uma medida fundamental para garantir o cumprimento da legislação ambiental e o controle de atividades potencialmente impactantes sobre o ecossistema lagunar. A ocupação irregular, o funcionamento de empreendimentos sem licenciamento ou fora das condições permitidas, e a ausência de controle sobre efluentes e resíduos sólidos agravam os processos de degradação ambiental, comprometendo a efetividade das ações de recuperação da área.

A ação proposta envolve a realização de inspeções técnicas em empreendimentos localizados no entorno da lagoa, como oficinas mecânicas, postos de combustíveis, restaurantes e condomínios residenciais, com o objetivo de verificar sua conformidade com as normas de uso do solo e de controle ambiental. Essas inspeções devem avaliar aspectos como lançamento de efluentes, descarte de resíduos, ocupação em áreas de preservação e existência de sistemas de contenção ou mitigação de impactos.

Do ponto de vista físico e ambiental, a fiscalização contribui para identificar interferências diretas nas áreas de APP, alterações no regime de escoamento superficial, contaminação de solos e águas e ocupações em áreas suscetíveis a alagamentos. A identificação de irregularidades permitirá a adoção de medidas corretivas e preventivas, reduzindo a pressão antrópica sobre os ecossistemas frágeis da região.

Em termos urbanísticos, a fiscalização reforça o ordenamento do território, assegurando que o desenvolvimento das atividades econômicas ocorra dentro dos limites legais e técnicos estabelecidos. Também promove maior equidade entre os empreendimentos, evitando situações em que práticas inadequadas tragam prejuízos ambientais e concorrência desleal.

Sob a ótica econômico-financeira, a fiscalização ambiental evita gastos públicos com correção de passivos ambientais e recuperação de áreas degradadas, além de induzir à regularização de atividades e ao investimento em tecnologias mais limpas. O cumprimento da legislação por parte dos empreendimentos também contribui para a valorização dos imóveis e a qualificação dos espaços urbanos. Do ponto de vista social, essa medida promove equidade ao garantir que todos os agentes, públicos ou privados, cumpram as mesmas exigências ambientais, evitando impactos desproporcionais sobre comunidades vulneráveis e minimizando conflitos socioambientais (Santos et al., 2021). A fiscalização ainda estimula a responsabilidade social dos empreendimentos e o uso de tecnologias menos impactantes, fortalecendo a melhoria contínua da qualidade ambiental urbana.

Assim, a fiscalização do uso e ocupação do solo é uma ação de alta relevância no contexto da recuperação ambiental da Lagoa das Docas. Sua efetividade depende da atuação integrada entre os órgãos de

meio ambiente, planejamento urbano e vigilância sanitária, bem como do fortalecimento da capacidade institucional para inspeção, notificação e responsabilização dos responsáveis por eventuais infrações.

4.5.3. Programa Comunitário “EcoDocas”

O Programa Comunitário “EcoDocas” representa uma estratégia central de educação ambiental e mobilização social para a recuperação da Lagoa das Docas, com ênfase na construção de uma relação sustentável entre comunidade e meio ambiente. Sua concepção busca promover o engajamento ativo e contínuo da população local, fomentando a corresponsabilidade pelo uso consciente e pela preservação dos recursos naturais da região.

Focalizado nos bairros de Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas, o programa prevê um conjunto diversificado de atividades educativas e participativas, como oficinas, rodas de conversa e ações pedagógicas que abordam a importância ecológica da lagoa, das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e a prática de comportamentos ambientalmente responsáveis no cotidiano. Esta abordagem integrada facilita a apropriação do conhecimento técnico pela população, fortalecendo o empoderamento comunitário (Souza & Ferreira, 2021).

Sob o ponto de vista ambiental, a participação efetiva da população é indispensável para o sucesso das medidas de controle da poluição, conservação da vegetação nativa e manejo adequado dos resíduos, pois a mudança de atitudes individuais e coletivas é condição indispensável para a sustentabilidade das intervenções (Moura et al., 2019). A educação ambiental atua como catalisadora de práticas sustentáveis, incentivando a adoção voluntária de condutas que reduzem os impactos ambientais e promovem a resiliência do ecossistema local.

No plano social, o programa transcende a dimensão ambiental, fortalecendo a identidade cultural local e promovendo a inclusão social das comunidades historicamente marginalizadas dos processos decisórios ambientais (Pinto & Almeida, 2020). A participação ativa dos moradores estimula a coesão social e o senso de pertencimento, fatores essenciais para a construção de um capital social robusto, que favorece a governança participativa e a gestão compartilhada dos recursos naturais (Putnam, 2000). A redução de conflitos socioambientais é outra consequência positiva, pois a legitimação das ações pela comunidade gera maior aceitação e colaboração nas iniciativas de preservação.

Economicamente, o “EcoDocas” é uma medida custo-efetiva, demandando investimentos relativamente baixos para resultados significativos no médio e longo prazo. Ao reduzir a incidência de práticas ambientalmente inadequadas, o programa diminui os custos públicos relacionados à remediação ambiental e a

problemas de saúde pública associados à degradação ambiental (PNUD, 2018). A parceria com escolas, associações comunitárias e órgãos ambientais maximiza o uso dos recursos disponíveis, ampliando o alcance e o impacto das ações.

Em síntese, o Programa Comunitário “EcoDocas” é uma intervenção tecnicamente viável, socialmente estratégica e ambientalmente indispensável. Ao promover a educação ambiental integrada à mobilização social, fortalece a cultura de preservação e corresponsabilidade, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento social da região da Lagoa das Docas.

4.5.4. Comunicação Social e Campanhas de Sensibilização

A comunicação social e as campanhas de sensibilização ambiental constituem instrumentos cruciais para fortalecer a participação social e garantir a eficácia das ações de recuperação e ordenamento da bacia da Lagoa das Docas. Ao estabelecer canais permanentes de diálogo e disseminar informações acessíveis, essas ações ampliam o engajamento comunitário e promovem a valorização do conhecimento local como parte integrante da gestão ambiental.

O plano de comunicação abrange a conscientização da população residente e temporária nos bairros de Cachoeira do Bom Jesus e Ponta das Canas, abordando temas prioritários como a preservação das APPs, descarte adequado de resíduos, importância da vegetação nativa e o uso correto da infraestrutura urbana de drenagem e esgotamento sanitário. As ações previstas incluem sinalizações educativas em pontos estratégicos, produção de materiais audiovisuais, além de eventos comunitários — como mutirões de limpeza, gincanas e feiras ambientais — que estimulam a participação ativa da população.

Ambientalmente, essas ações contribuem para a redução das práticas inadequadas e para o fortalecimento da percepção de risco ambiental, essencial para a prevenção dos impactos decorrentes das ocupações irregulares e do manejo inadequado dos recursos naturais (Leite & Santos, 2022). A conscientização crescente favorece a mudança comportamental necessária para a conservação dos ecossistemas e a manutenção dos serviços ambientais.

No aspecto social, a comunicação ambiental atua como fator de coesão comunitária, promovendo o senso de pertencimento e a corresponsabilidade coletiva na gestão do território (Freitas et al., 2020). Além disso, ao valorizar o conhecimento tradicional e local, contribui para a inclusão social e para a construção de uma identidade territorial compartilhada, reforçando a participação cidadã e a legitimidade das ações ambientais.

Urbanisticamente, a instalação de sinalizações interpretativas e a realização de eventos educativos em espaços públicos qualificam o ambiente urbano, promovendo o ordenamento territorial e a valorização dos espaços coletivos. Essas intervenções apresentam baixo impacto físico e geram elevado retorno educativo, integrando-se de forma harmoniosa à estrutura urbana existente.

Do ponto de vista econômico, as campanhas representam uma estratégia de baixo custo e alta eficácia, principalmente quando articuladas a programas e parcerias institucionais já consolidadas (MMA, 2023). Ao reduzir a ocorrência de práticas prejudiciais, a comunicação diminui a demanda por ações corretivas custosas, favorecendo a sustentabilidade financeira das políticas públicas ambientais. Adicionalmente, promove maior diálogo entre poder público, setor privado e sociedade civil, fortalecendo a governança ambiental participativa.

Em conclusão, a comunicação social e as campanhas de sensibilização são ferramentas transversais imprescindíveis para ampliar a conscientização ambiental, fomentar a corresponsabilidade social e assegurar a participação comunitária nos processos de transformação e conservação da bacia da Lagoa das Docas.

4.6. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE

O cálculo dos custos das alternativas apresentadas neste estudo foi realizado com base em valores obtidos nas bases de dados oficiais do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Essas bases são amplamente utilizadas em estudos técnicos e projetos de engenharia, fornecendo referências atualizadas de preços unitários para serviços, materiais e equipamentos, de acordo com especificações técnicas padronizadas e parâmetros regionais.

O banco SINAPI, mantido pela Caixa Econômica Federal em parceria com o IBGE, fornece custos de insumos e composições voltados à construção civil, incluindo mão de obra, materiais e equipamentos. Já o SICRO, gerido pelo DNIT, oferece composições voltadas especialmente para obras de infraestrutura, como drenagem, terraplenagem, pavimentação e saneamento. Ambas as fontes garantem confiabilidade técnica e coerência com os parâmetros utilizados em obras públicas no país.

Para itens que não constam nas referidas bases, como materiais informativos e insumos, foi realizada uma pesquisa online em fontes de mercado, selecionando-se referências de fornecedores variados e considerando uma média de valores para cada item. Além disso, para determinados serviços técnicos específicos, como análises e ensaios, foi necessário consultar diretamente empresas especializadas para obtenção dos respectivos custos.

As informações sintetizadas de custos estão apresentadas no Quadro 3, enquanto o detalhamento dos cálculos e composições pode ser consultado na Planilha de Cálculo constante no Anexo 1.

Quadro 3. Custo preliminar das alternativas propostas.

Código	Banco	Produto	Unidade	Custo Unitário
1		CONTROLE DA CONTAMINAÇÃO POR EFLUENTES SANITÁRIOS		R\$ 90.557,56
P9812	SICRO	Engenheiro	mês	R\$ 27.523,84
P8058	SICRO	Engenheiro ambiental pleno	mês	R\$ 26.311,55
P8098	SICRO	Laboratorista	mês	R\$ 5.548,70
P9897	SICRO	Técnico de meio ambiente	mês	R\$ 7.758,44
P9811	SICRO	Encarregado especializado	mês	R\$ 8.421,86
Cotação	Print (2025), 360imprimir (2025), Loja Gráfica Eskenazi (2025)	Folhetos	unid	R\$ 0,69
4805749	SICRO	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria	m³	R\$ 81,35
4815671	SICRO	Reaterro e compactação com soquete vibratório	m³	R\$ 18,16
5502139	SICRO	Escavação, carga e transporte de material de 1ª categoria - DMT de 800 a 1.000 m - caminho de serviço em revestimento primário - com escavadeira e caminhão basculante de 14m³	m³	R\$ 6,71
2003576	SICRO	Lastro de areia extraída - espalhamento manual	m³	R\$ 15,63
903845	SICRO	Lastro de brita comercial - espalhamento mecânico	m³	R\$ 131,94
103377	SINAPI	Tubo pead liso para rede de água ou esgoto, diâmetro de 160 mm, junta soldada (não inclui a execução de solda) - fornecimento e assentamento. af_12/2021	m	R\$ 265,95
2003688	SICRO	Poço de visita - PVI 06 - areia e brita comerciais	unid	R\$ 4.335,99
2003724	SICRO	Chaminé dos poços de visita - CPV 06 - areia e brita comerciais	unid	R\$ 2.973,05
101808	SICRO	Caixa enterrada distribuidora de vazão (sumidouros múltiplos), retangular, em concreto pré-moldado, dimensões internas: 0,60 x 0,60 x h=0,50 m. af_12/2020	und	R\$ 542,30
98088	SICRO	Filtro anaeróbio circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,10 m, altura interna = 1,50 m, volume útil: 1140,4 l (para 5 contribuintes). af_12/2020_pa	unid	R\$ 3.568,87
98062	SICRO	Sumidouro circular, em concreto pré-moldado, diâmetro interno = 1,88 m, altura interna = 2,00 m, área de infiltração: 13,1 m² (para 5 contribuintes). af_12/2020_pa	unid	R\$ 3.013,04
89714	SICRO	Tubo pvc, serie normal, esgoto predial, dn 100 mm, fornecido e instalado em ramal de descarga ou ramal de esgoto sanitário. af_08/2022	m	R\$ 39,50
2		MITIGAÇÃO DO ASSOREAMENTO E RECUPERAÇÃO HIDROSEDIMENTAR		R\$ 160.867,59
P8058	SICRO	Engenheiro ambiental pleno	mês	R\$ 26.311,55
P9812	SICRO	Engenheiro - Especialista em Recursos Hídricos	mês	R\$ 27.523,84
P9949	SICRO	Topógrafo	mês	R\$ 6.841,84
P8080	SICRO	Geólogo júnior	mês	R\$ 24.296,79

Código	Banco	Produto	Unidade	Custo Unitário
P8147	SICRO	Técnico de obras	mês	R\$ 6.988,73
P9972	SICRO	Técnico de batimetria	mês	R\$ 6.632,05
P9811	SICRO	Encarregado especializado	mês	R\$ 8.421,86
P9913	SICRO	Draguista	mês	R\$ 6.565,54
P9876	SICRO	Técnico de segurança do trabalho	mês	R\$ 7.203,93
P9903	SICRO	Auxiliar técnico	mês	R\$ 5.041,70
1801636	SICRO	Levantamento batimétrico monofeixe longitudinal	km	R\$ 19,83
1801637	SICRO	Levantamento batimétrico monofeixe transversal	km	R\$ 26,44
Cotação	Empresa especializada	Ensaio geotécnicos dos sedimentos	unid	R\$ 980,00
Cotação	Empresa especializada	Modelagem hidrodinâmica	unid	R\$ 34.000,00
1917733	SICRO	Dragagem de areia média com draga de sucção e recalque - bomba de 746 kW e cortador de 110 kW - distância de recalque de até 500 m	m³	R\$ 4,16
1917682	SICRO	Dragagem de material de 1ª categoria com escavadeira hidráulica - capacidade de caçamba de 1,56 m³ - caminho de serviço em leito natural - DMT 200 a 400 m	m³	R\$ 9,33
3		MELHORIA DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA		R\$ 48.926,16
P9812	SICRO	Engenheiro	mês	R\$ 27.523,84
P9903	SICRO	Auxiliar técnico	mês	R\$ 5.041,70
P9812	SICRO	Engenheiro	mês	R\$ 27.523,84
P9897	SICRO	Técnico de meio ambiente	mês	R\$ 7.758,44
4805750	SICRO	Escavação manual em material de 1ª categoria na profundidade de até 1 m	m³	R\$ 3,61
4805755	SICRO	Apiloamento manual	m³	R\$ 35,22
2003767	SICRO	Lastro de areia comercial - espalhamento manual	m³	R\$ 144,90
4815671	SICRO	Reaterro e compactação com soquete vibratório	m³	R\$ 18,16
5915407	SICRO	Carga, manobra e descarga de areia, brita, pedra de mão ou solos em caminhão basculante de 10 m³ - carga com carregadeira e descarga livre	t	R\$ 2,82
5914389	SICRO	Transporte com caminhão basculante de 10 m³ - rodovia pavimentada	tkm	R\$ 0,83
2003939	SICRO	Meio fio de concreto - MFC 01 moldado no local com extrusora e concreto usinado - areia e brita comerciais	m	R\$ 64,81
2003345	SICRO	Sarjeta trapezoidal de concreto - SZC 02 - areia e brita comerciais	m	R\$ 55,15
0804029	SICRO	Corpo de BSTC D = 0,80 m PA1 - areia, brita e pedra de mão comerciais	m	R\$ 607,52
2003694	SICRO	Poço de visita - PVI 09 - areia e brita comerciais	unid	R\$ 2.830,88
2003517	SICRO	Caixa coletora de sarjeta - CCS 01 - com grelha de ferro - TCC 02 - areia e brita comerciais	unid	R\$ 4.837,60
Cotação	Print (2025), 360imprimir (2025), Loja Gráfica Eskenazi (2025)	Folhetos	unid	R\$ 0,69

Código	Banco	Produto	Unidade	Custo Unitário
4	RESTAURAÇÃO DA MATA CILIAR, MANGUEZAIS E APPS			R\$ 60.504,65
P8069	SICRO	Engenheiro florestal pleno	mês	R\$ 26.556,85
P8033	SICRO	Biólogo pleno	mês	R\$ 8.805,16
P8163	SICRO	Topógrafo	mês	R\$ 5.732,91
P9897	SICRO	Técnico de meio ambiente	mês	R\$ 7.758,44
P9903	SICRO	Auxiliar técnico	mês	R\$ 5.041,70
P8155	SICRO	Técnico em geoprocessamento	mês	R\$ 6.402,55
Cotação	Dover-Roll (2025), Bettanin (2025), Embalixo (2025)	Sacos de lixo	unid	R\$ 0,71
Cotação	Vonder (2025), Acrilon (2025), Volk do Brasil (2025)	Luvas	unid	R\$ 9,12
98509	SINAPI	Plantio de arbusto ou cerca viva. af_07/2024	unid	R\$ 46,13
98513	SINAPI	Plantio de árvore frutífera com altura de muda menor ou igual a 2,00 m. af_07/2024	unid	R\$ 62,18
98510	SINAPI	Plantio de árvore ornamental com altura de muda menor ou igual a 2,00 m. af_07/2024	unid	R\$ 84,39
98520	SINAPI	Aplicação de adubo em solo. af_07/2024	m²	R\$ 4,51
5	ORDENAMENTO TERRITORIAL, FISCALIZAÇÃO E EDUCAÇÃO AMBIENTAL			R\$ 79.652,35
P8069	SICRO	Engenheiro florestal pleno	mês	R\$ 26.556,85
P8033	SICRO	Biólogo pleno	mês	R\$ 8.805,16
P8163	SICRO	Topógrafo	mês	R\$ 5.732,91
P9897	SICRO	Técnico de meio ambiente	mês	R\$ 7.758,44
P9903	SICRO	Auxiliar técnico	mês	R\$ 5.041,70
P8198	SICRO	Sociólogo júnior	mês	R\$ 8.926,58
P8092	SICRO	Jornalista júnior	mês	R\$ 6.922,35
E8891	SICRO	Veículo leve - tipo pick up 4 x 4 - (sem motorista)	mês	R\$ 9.908,36

O Quadro 4 apresenta, de forma resumida, os valores estimados para cada uma das alternativas propostas, considerando os insumos, serviços e materiais relacionados às respectivas atividades. Ressalta-se que os custos apresentados são estimativas referenciais, podendo sofrer variações conforme as especificidades de cada projeto executivo, as condições locais de implantação e as características técnicas das ações a serem desenvolvidas.

Nesse sentido, a definição precisa dos investimentos necessários dependerá da elaboração de um plano de ação detalhado para cada alternativa, conforme já indicado nos itens específicos deste relatório. Tal planejamento permitirá ajustar os quantitativos, definir cronogramas e selecionar as soluções técnicas mais adequadas para cada contexto de aplicação.

Quadro 4. Resumo do custo preliminar das alternativas propostas.

CÓDIGO	PRODUTO	CUSTO UNITÁRIO
1	Controle da contaminação por efluentes sanitários	R\$ 90.557,56
2	Mitigação do assoreamento e recuperação hidrossedimentar	R\$ 160.867,59
3	Melhoria da infraestrutura de drenagem urbana	R\$ 48.926,16
4	Restauração da mata ciliar, manguezais e apps	R\$ 60.504,65
5	Ordenamento territorial, fiscalização e educação ambiental	R\$ 79.652,35

4.6.1. Metodologia da Matriz de Viabilidade Técnica e Econômico-Financeira

Com o objetivo de avaliar a viabilidade técnica e econômico-financeira das alternativas propostas para a recuperação da Lagoa das Docas, foi adotada uma metodologia de avaliação multicritério, por meio da construção de uma matriz comparativa. Essa abordagem visa identificar, entre as alternativas analisadas, aquelas com maior grau de exequibilidade, efetividade ambiental e adequação aos recursos disponíveis, subsidiando a tomada de decisão de forma estruturada, transparente e tecnicamente fundamentada (GOMES *et al.*, 2006).

A avaliação de viabilidade foi estruturada em seis aspectos, de acordo com os parâmetros técnicos estabelecidos para projetos de recuperação ambiental:

- Aspectos Físicos: englobam topografia, existência de exutório permanente, capacidade de infiltração, estabilidade do solo, nível do lençol freático e aporte hídrico, condicionando a compatibilidade física de cada intervenção.
- Aspectos Sanitários e Ambientais: consideram a eficiência de tratamento, os possíveis impactos sobre águas superficiais e subterrâneas, sedimentos e solos, bem como a vulnerabilidade e a resiliência do meio receptor.

- Aspectos Urbanísticos e de Infra-estrutura: avaliam a disponibilidade de espaço, a integração com redes e estruturas existentes e a adequação paisagística ao contexto urbano consolidado.
- Aspectos Econômico-Sociais: contemplam os impactos positivos ou negativos sobre as comunidades envolvidas.
- Custo/Investimento: estima os recursos financeiros totais necessários (materiais, mão de obra, equipamentos, operação e manutenção) (SÁNCHEZ, 2013).
- Prazo de Implantação: refere-se ao tempo requerido para concluir o ciclo de planejamento, licenciamento, execução e entrada em operação, aspecto decisivo para ações emergenciais ou condicionantes legais (BRASIL, 2020).

Cada critério foi avaliado com base em uma escala qualitativa de três níveis (Alto, Médio e Baixo) que expressa o desempenho relativo das alternativas frente a cada parâmetro analisado.

Para transformar os números do indicador em faixas “Baixo, Médio e Alto” de modo justo e transparente, primeiro reuniram-se todos os 17 valores medidos e adicionaram-se os limites teóricos de variação, 0 e 60. Dessa forma, garante-se que a classificação cubra todo o espectro possível, mesmo que atualmente não existam registros próximos aos extremos. Em seguida, aplicou-se o método de Quebras Naturais (Jenks), um algoritmo que redistribui iterativamente os dados até encontrar a combinação de cortes que produz a menor variação dentro de cada classe e a maior variação entre classes. Essa lógica permite que valores semelhantes fiquem juntos e que grupos realmente distintos sejam separados, refletindo com mais fidelidade a estrutura real da distribuição (JENKS, 1967).

O processamento foi realizado no software R com o pacote `classInt`, que além de aplicar o método de Quebras Naturais calcula o índice GVF (Goodness of Variance Fit). Esse índice mede quanto da variância total dos dados é explicada pelas quebras definidas: quanto mais próximo de 1, melhor a representação. Adotou-se como referência um valor mínimo de 0,80; acima desse limiar entende-se que as faixas descrevem fielmente a distribuição. No presente estudo, a configuração com três classes obteve um GVF superior a 0,80, confirmando que a divisão em “Baixo”, “Médio” e “Alto” representa adequadamente os dados e mantém total compatibilidade com a escala qualitativa usada nos demais critérios da matriz.

Os pontos de ruptura resultantes ficaram em 35 e 50, definindo os intervalos 0–35 para “Baixo”, 35–50 para “Médio” e 50–60 para “Alto” (Quadro 5). Antes de incorporar esses limites à matriz, realizou-se uma verificação de sensibilidade comparando-os com classificações em quantis e em intervalos iguais. As alternativas testadas cortavam grupos de valores semelhantes ou concentravam muitos pontos na mesma classe, o que

poderia distorcer a análise. Já as Quebras Naturais respeitaram as “lacunas” naturais dos dados e deixaram cada faixa mais representativa.

Quadro 5. Intervalo considerados para cada classe.

CLASSE	INTERVALO
Alto	$50 \leq x \leq 60$
Médio	$35 < x < 50$
Baixo	$0 \leq x \leq 35$

Para fins de sistematização e comparação entre as alternativas, os níveis qualitativos foram convertidos em valores numéricos, permitindo o cálculo da pontuação total de cada alternativa e sua posterior classificação e hierarquização. Essa prática é consolidada em metodologias multicritério e facilita a análise integrada dos resultados (GOMES et al., 2006), conforme detalhado no Quadro 6.

Quadro 6. Escala de Viabilidade Aplicada à Avaliação das Alternativas.

NÍVEL DE VIABILIDADE	PONTUAÇÃO	COR	INTERPRETAÇÃO
Alto	10	Verde	Alta viabilidade (melhor desempenho no critério)
Médio	5	Azul	Viabilidade moderada
Baixo	1	Amarelo	Baixa viabilidade (maior limitação no critério)

Nos critérios Custo/Investimento e Prazo de Implantação, a interpretação da escala foi invertida, atribuindo maiores pontuações aos menores custos e prazos, por representarem maior viabilidade de execução no contexto analisado.

Ainda, conforme metodologia de avaliação multicritério adaptada de Dias (2005), quando um critério é irrelevante ou não aplicável a determinada alternativa, este deve ser omitido da avaliação quantitativa, de modo a evitar distorções no cálculo do índice de favorabilidade. Assim, a não atribuição de pontuação não implica ausência de importância da medida, mas sim o reconhecimento de que determinados critérios não são pertinentes ao seu escopo.

Além da pontuação total, foi avaliada a Viabilidade de Execução, classificada qualitativamente com base em uma análise integrada dos demais critérios. Essa avaliação considerou, de forma combinada, fatores técnicos, ambientais, financeiros e institucionais, buscando refletir a efetiva possibilidade de implementação das medidas propostas. Nesse caso, não houve soma direta das pontuações, mas uma ponderação conjunta da aderência da alternativa às condições reais de execução (BARBOSA & MONTEIRO, 2011).

Essa metodologia possibilita uma análise comparativa objetiva e estruturada, favorecendo a identificação das alternativas mais promissoras em termos técnicos, ambientais e econômicos. Além disso, contribui para a transparência e fundamentação técnica no processo decisório, promovendo ações mais eficazes no contexto da recuperação ambiental da Lagoa das Docas.

Quadro 7. Matriz de classificação das Medidas Propostas para a Recuperação da Lagoa das Docas.

Alternativa	Medida	Atividade	Aspectos				Custo/ Investimento	Prazo de Implantação	Viabilidade de Execução			
			Físicos	Sanitários e Ambientais	Urbanísticos e Infraestrutura	Econômico- Sociais			Pontuação	Nível		
Controle da contaminação o por efluentes sanitários	Expansão da rede coletora de esgoto	Expansão da rede coletora de esgoto para atingir imóveis ainda não conectados	10	10	10	10	5	5	50	Alto		
		Implantação de soluções descentralizadas de tratamento de esgoto	Sistemas individuais/unifamiliares	5	10	1	5	5	5	31	Baixo	
			Sistemas coletivos	5	10	5	5	5	5	35	Baixo	
Mitigação do Assoreamento e Recuperação Hidrossedimentar		Abertura e/ou Manutenção de Canal Preferencial de Escoamento	10	10	10	5	1	5	41	Médio		
		Execução da dragagem	10	10	10	5	1	5	41	Médio		
Melhoria da Infraestrutura de Drenagem Urbana	Recuperação e Manutenção da Rede de Microdrenagem	Readequação do sistema de drenagem já existente	10	10	10	5	5	10	50	Alto		
		Implantação de estruturas de drenagem	10	10	10	10	5	5	50	Alto		
	Gestão de Resíduos Sólidos	Implantação de Estruturas de Retenção e Infiltração	Implantação de estruturas de drenagem pluvial	10	10	10	10	5	5	50	Alto	
			Distribuição de folhetos e mobilização comunitária	-	5	10	10	10	10	10	45	Médio
			Implantação de dispositivos de retenção de sólidos	-	5	10	10	5	10	10	40	Médio
			Implantação de ecopontos e pontos de entrega voluntária	-	5	10	10	10	10	10	45	Médio
Restauração da Mata Ciliar, Manguezais e APPs		Recomposição da vegetação ciliar e do manguezal	10	10	10	5	5	5	45	Médio		
		Controle do uso do solo e regularização em APPs	10	10	10	5	5	5	45	Médio		
Ordenamento Territorial, Fiscalização e Educação Ambiental		Delimitação de Faixa de Proteção	10	10	5	10	5	1	41	Médio		
		Fiscalização do Uso e Ocupação do Solo	10	10	10	10	5	5	50	Alto		

Alternativa	Medida	Atividade	Aspectos				Custo/ Investimento	Prazo de Implantação	Viabilidade de Execução	
			Físicos	Sanitários e Ambientais	Urbanísticos e Infraestrutura	Econômico- Sociais			Pontuação	Nível
		Programa Comunitário "EcoDocas"	-	10	10	10	10	5	45	Médio
		Comunicação Social e Campanhas de Sensibilização	-	10	10	10	10	10	50	Alto

A avaliação da matriz de viabilidade técnica e econômico-financeira possibilitou comparar, de forma sistemática, os pontos fortes e as restrições inerentes a cada alternativa direcionada à recuperação da Lagoa das Docas, considerando os seguintes eixos analíticos: aspectos físicos, sanitário-ambientais, urbanísticos, econômico-sociais, custo de investimento e horizonte de implantação. A pontuação atribuída a cada intervenção permitiu enquadrá-la nos níveis de viabilidade Alta, Média ou Baixa, estabelecendo um critério objetivo para ordenar as prioridades de execução.

As alternativas classificadas com alta viabilidade concentram-se em ações de saneamento e ordenamento territorial que apresentam elevada relação custo-benefício. Sobressaem-se: (i) a expansão da rede coletora de esgoto, instrumento crucial para o controle de cargas pontuais e difusas; (ii) a melhoria da microdrenagem, abrangendo tanto a requalificação da rede existente quanto a implantação de novas estruturas de drenagem pluvial; e (iii) as iniciativas de fiscalização do uso e ocupação do solo e de comunicação social e campanhas de sensibilização, caracterizadas por baixo custo, curto prazo de implementação e alta relevância para o fortalecimento da governança ambiental (BRASIL, 2018).

As medidas de viabilidade média englobam intervenções de custo moderado ou maior complexidade operacional. Inserem-se nesse grupo a abertura ou manutenção do canal preferencial de escoamento e a dragagem controlada, fundamentais para restabelecer a dinâmica hidrossedimentar, mas condicionadas a licenciamento específico e logística adequada de destinação de sedimentos (MORAES et al., 2010). Incluem-se, ainda, a recomposição da vegetação ciliar e do manguezal e o controle do uso do solo em APPs, que aliam efetividade ecológica a custos compatíveis, conforme evidenciado em iniciativas de restauração de Mata Atlântica (RODRIGUES et al., 2011). As ações de gestão de resíduos sólidos também apresentam viabilidade satisfatória, embora dependam de engajamento comunitário contínuo para plena efetividade.

A baixa viabilidade atribuída à implantação de sistemas descentralizados de tratamento de esgoto, sejam individuais/unifamiliares ou coletivos, decorre de restrições urbanísticas (necessidade de área, acessibilidade e fiscalização), além de custos de instalação e manutenção superiores aos da infraestrutura pública já disponível.

Diante desse panorama, recomenda-se uma estratégia integrada que privilegie, no curto prazo, as alternativas de alta viabilidade e associe-as, sempre que tecnicamente oportuno, às de viabilidade média, potencializando ganhos ambientais, operacionais e sociais. A sinergia entre medidas estruturais (saneamento, drenagem, controle hidrossedimentar) e não estruturais (fiscalização, comunicação e educação ambiental) é essencial para assegurar a efetividade da recuperação da Lagoa das Docas, racionalizar os investimentos públicos e aumentar a resiliência do sistema socioambiental local.

5. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas e nas informações consolidadas ao longo deste estudo, foi possível avaliar a viabilidade técnica e econômico-financeira das alternativas propostas para a recuperação da Lagoa das Docas, considerando aspectos físicos, ambientais, urbanísticos, sociais, de investimento e de prazo de implantação. A matriz apresentada sintetiza os resultados dessa avaliação, permitindo comparar as soluções em termos de exequibilidade e potencial de impacto positivo para a área de estudo.

As alternativas com maior viabilidade de execução foram aquelas associadas à readequação do sistema de drenagem, implantação de estruturas de retenção e infiltração, e recuperação da vegetação nativa em APPs. Essas medidas apresentaram alta compatibilidade com as condições físicas do terreno — como topografia plana, solo arenoso e presença de lençol freático raso — e boa relação custo-benefício, além de exigirem prazos de implantação viáveis. A efetividade dessas soluções está diretamente associada à sua capacidade de reduzir impactos ambientais difusos, controlar o escoamento superficial e favorecer a infiltração da água no solo.

Por outro lado, medidas como a execução da dragagem apresentaram viabilidade técnica intermediária, sobretudo em função dos custos elevados e da complexidade operacional. Embora relevantes do ponto de vista ambiental, essas alternativas demandam investimentos significativos e articulação institucional, o que pode limitar sua execução no curto prazo.

As ações de comunicação social, mobilização comunitária e fiscalização também se mostraram viáveis, com custo reduzido, boa aceitação social e alto potencial de apoio às demais medidas estruturantes. Tais estratégias são fundamentais para garantir o engajamento da população local, promover a corresponsabilidade ambiental e consolidar uma cultura de preservação, especialmente nas áreas mais vulneráveis e urbanizadas do entorno da laguna.

Dessa forma, conclui-se que as medidas avaliadas apresentam, em sua maioria, boa viabilidade técnica e econômico-financeira, sendo recomendada sua priorização de acordo com o grau de impacto, a realidade orçamentária e institucional do município, e principalmente, a possibilidade de associação entre diferentes ações para maximizar a efetividade dos resultados. Muitas das alternativas propostas possuem caráter complementar, de modo que sua implementação articulada pode ampliar os benefícios ambientais e operacionais. Ressalta-se, ainda, a importância da elaboração de planos de ação específicos para cada alternativa, de modo a detalhar as intervenções, ajustar os custos conforme os projetos executivos e garantir a eficácia da recuperação ambiental da Lagoa das Docas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRILON. Luva de Segurança Pigmentada Acrilon Único. Cobasi.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cobasi.com.br/luva-de-seguranca-pigmentada-104-p-acrilon-3914045/p?idsku=914045>. Acesso em: 25 jun. 2025.

ARAÚJO FILHO, P. R. M. Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Sanga dos Bois, na Cachoeira do Bom Jesus, em Florianópolis – (SC). 2008. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES). Ranking do saneamento 2022. São Paulo: ABES, 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Panorama do saneamento básico no Brasil 2021. Brasília: ANA, 2021.

BETTANIN. Saco para Lixo em Rolo Preto Esfrobom Bettanin 50 L. Cobasi.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cobasi.com.br/saco-para-lixo-em-rolo-preto-esfrobom-bettanin-31141813/p?idsku=1141856>. Acesso em: 25 jun. 2025.

DOVER-ROLL. Dover-Roll Resist! 50 L preto, rolo com 20 sacos para lixo. Amazon.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Dover-Roll-Resist-litros-preto-sacos/dp/B0876YDWVF>. Acesso em: 25 jun. 2025.

EMBALIXO. Saco de Lixo Preto 50 L com Alça Embalixo – 30 Unidades. Magazineluiza.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/saco-de-lixo-preto-50l-com-alca-embalixo-30-unidades/p/228813100/me/sadl/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de soluções alternativas para tratamento de esgotos domésticos. Brasília: FUNASA, 2018.

FREITAS, L. M.; RIBEIRO, F. C.; SILVA, P. R. Comunicação ambiental e engajamento social: estratégias para a conservação territorial. Revista de Gestão Ambiental, v. 15, n. 3, 2020.

JENKS, G. F. The data model concept in statistical mapping. International Yearbook of Cartography, [S. l.], v. 7, p. 186-190, 1967.

LEITE, A. P.; SANTOS, R. J. Comunicação e educação ambiental: práticas para mudança comportamental. Cadernos de Educação Ambiental, v. 22, n. 1, 2022.

LOJA GRÁFICA ESKENAZI. Impressão de Folheto. LojaGráficaEskenazi.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.lojagraficaeskenazi.com.br/product/impressao-de-folheto>. Acesso em: 25 jun. 2025.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Diretrizes para a gestão integrada de bacias hidrográficas. Brasília, 2023.

MOURA, T. S.; FERNANDES, J. R.; OLIVEIRA, M. C. Educação ambiental e participação comunitária na gestão sustentável de recursos naturais. Revista Brasileira de Educação Ambiental, v. 14, n. 2, 2019.

OPAS – ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Impactos do saneamento na saúde pública. Brasília: OPAS, 2020.

PINTO, S. A.; ALMEIDA, G. L. Inclusão social e conservação ambiental: o papel das comunidades locais. Cadernos de Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 1, 2020.

PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Desenvolvimento sustentável e participação comunitária. Relatório Nacional, 2018.

PRINTI. Imprima seus Folhetos Personalizados. Printi.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.printi.com.br/folhetos/>. Acesso em: 25 jun. 2025.

PUTNAM, R. D. Bowling alone: The collapse and revival of American community. New York: Simon & Schuster, 2000.

SOUZA, D. A.; FERREIRA, L. M. A participação social na conservação ambiental: um estudo de caso em áreas urbanas. Revista de Ciências Ambientais, v. 11, n. 1, 2021.

VOLK DO BRASIL. Luva Orange Borracha Vulcanizada Tamanho G | C.A 21367. Leroymerlin.com.br, [s.d.]. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/luva-orange-borracha-vulcanizada-tamanho-g-%7C-c-a-21367-volk-do-brasil_1566824512. Acesso em: 25 jun. 2025.

VONDER. Luva de Poliéster com Poliuretano, Preta, Tamanho 8, PPV 1008, Vonder VDO2415. Amazon.com.br, [s.d.]. Disponível em: <https://www.amazon.com.br/Poli%C3%A9ster-Poliuretano-Tamanho-Vonder-VDO2415/dp/B0778V49PF>. Acesso em: 25 jun. 2025.

360imprimir. Folders. 360imprimir.com.br, [s.d.]. Disponível em: https://www.360imprimir.com.br/folders?id=8362&adgroupid=59999891477&gad_source=1&campaignid=1591034374. Acesso em: 25 jun. 2025.

ANEXOS

Anexo 1. Planilha de Cálculo.